

38

1983-2021

Dies Natalis

UNIVERSITAS ISLAM BATIK
SURAKARTA



PROSIDING

Webinar Nasional

& Call for Paper

Fakultas Teknik

**Inovasi dan Implementasi Teknologi Industri serta
Infrastruktur Tepat Guna pada Era New Normal**

Surakarta, 31 Agustus 2021

ISBN : 978-979-1230-71-1



www.uibs.ac.id

PROSIDING
SEMINAR NASIONAL DAN CALL FOR PAPER
“INOVASI DAN IMPLEMENTASI TEKNOLOGI TEPAT GUNA
PADA ERA NEW NORMAL”
DALAM RANGKA DIES NATALIS XXXVIII
UNIVERSITAS ISLAM BATIK SURAKARTA
“Inovasi dan beradaptasi kebiasaan baru dengan dengan Teknologi Tepat Guna
dalam Membangun Kesejahteraan”

Universitas Islam Batik Surakarta, 31 Agustus 2021



Publiser :
UNIBAPRESS
UNIVERSITAS ISLAM BATIK SURAKARTA
2021

Prosiding

Seminar Nasional Dan Call For Paper

“Inovasi Dan Implementasi Teknologi Tepat Guna Pada Era New Normal” Dalam Rangka Dies Natalis XXXVIII Universitas Islam Batik Surakarta

“Inovasi dan beradaptasi kebiasaan baru dengan dengan Teknologi Tepat Guna
dalam Membangun Kesejahteraan”

Organizing Committee (OC)

Ketua	: Bagas Wahyu Adhi., ST., MT
Sekretaris	: Sri Mayasari., ST., MSi
Bendahara	: Hayu Rahayu., ST., MT
Kesekretariatan	: Diyah Dwi Nugraheni., ST., MT
Sie (sponsorship)	: Beni Setiyanto., ST., MT
Sie Acara Seminar	: Ahmad Hidayawan., ST., MT
Sie Acara	: Nancy Oktyajati., ST., MT
Jurnal	: Yudha Christianto Firmansyah., S.Kom., M.Kom
Sie Humas & Dokumentasi	: Rifqi Fauzi Rahmadzani., S.Kom., M.Kom
Sie IT (Web)	: Yudha Christianto Firmansyah., S.Kom., M.Kom
Kerjasama & promosi	: Basiroh., S.Kom., M.Kom

SC (Steering Comittee)	: Dr. H. Amir Junaidi, SH, MH
	: Dr. Ary Khaerudin, SH, MH
	: Dr. Kartika Hendra TS., SE., M.Si., Akt. CA., CSRS.,
	: CSRA
	Dr. Ida Aryati Purnomo Wulan, S.E, M.H, M.Si.

Reviewer	: Dr. Ayudyah Eka Apsari ST., SS., MT
	: Muji Rifai., ST., MT
	: Rifqi Fauzi Rahmadzani., S.Kom., M.Kom
Editor Board	: Prof. Dr. Ir. Hari Purnomo MT
	Dr. Dyah Ayu, ST.,MT
	Hardik Widananto, ST.,MT
Editor	: Oktyajati., ST., MT
Setting Lay Out	: Firmansyah., S.Kom., M.Kom

ISBN : 978-979-1230-71-1

PUBLISER :

UNIBAPRESS

Universitas Islam Batik Press Surakarta

Jl. KH Agus Salim No. 10 Surakarta,

Jawa Tengah 57147

Telp. (0271) 714751 Fax. 0271740160

Email: unibapress@gmail.com

ISBN 978-979-1230-71-1



KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warohmatullahi Wabarokaatuh

Puji syukur kami panjatkan kehadirat Allah SWT atas hidayah dan rahmat-Nya sehingga kita semua dapat berjumpa untuk berbagi dan bertukar ilmu pada Webinar Nasional dan *Call For Paper* Fakultas Teknik dalam rangka Dies Natalis ke-38 Universitas Islam Batik Surakarta 2021 melalui virtual/daring. Sholawat serta salam senantiasa pula kita haturkan kepada junjungan dan suri teladan kita Nabi Muhammad Sholallahu 'Alaihi Wassalam yang telah menyampaikan risalah-Nya.

Covid-19 atau yang lebih dikenal sebagai Virus Corona telah menjadi perhatian publik sejak kemunculannya terdeteksi di Tiongkok untuk kali pertama di awal tahun 2020. Meninggalnya ribuan jiwa akibat virus ini membuatnya menjadi pusat perhatian banyak negara, termasuk Indonesia. Pandemi COVID-19 terbukti telah memberikan tekanan pada kondisi ekonomi dan sosial di Indonesia sejak akhir tahun 2019. Dampak ekonomi ini berdampak luas di seluruh wilayah Indonesia.

Kondisi tersebut pada akhirnya membawa pemerintah Indonesia pada pemahaman untuk menerapkan kebijakan new normal atau tatanan kehidupan normal baru sebagai respons realistis terhadap eksistensi COVID-19 serta diperkuat dengan estimasi penemuan vaksin sebagai satu-satunya senjata untuk menanggulangi COVID-19 yang belum bisa ditemukan dalam waktu singkat karena masih dalam tahap pengembangan dan membutuhkan waktu untuk uji coba. Dapat disimpulkan bahwa kebijakan tatanan kehidupan normal baru muncul sebagai kalkulasi rasional terhadap prakiraan kondisi ekonomi nasional, kompromi terhadap rentang waktu yang cukup lama hingga vaksin ditemukan, serta pemahaman realistis bahwa kemungkinan besar COVID-19 tidak akan pernah hilang dari muka bumi, sehingga masyarakat harus menjajaki kemungkinan untuk hidup berdampingan secara damai. New normal juga diartikan sebagai skenario untuk mempercepat penanganan COVID-19 dalam aspek kesehatan dan sosial ekonomi. Dalam konteks Indonesia, pemerintah mengumumkan rencana untuk pengimplementasian kebijakan new normal dengan mempertimbangkan analisis pada studi epidemiologis dan kesiapan masing-masing wilayah.

Prinsip utama dari rencana new normal yang akan diterapkan ini adalah adaptasi kebiasaan baru dengan pola hidup yang akan menuntun pada terciptanya kehidupan dan perilaku baru masyarakat hingga vaksin COVID-19 ditemukan. Lebih lanjut, implementasi kebijakan new normal akan dikawal oleh penerapan protokol kesehatan secara ketat.

Pandemi Covid-19 yang terjadi saat ini yang telah membawa dampak pada terbatasnya pergerakan manusia akibat social distancing dan physical distancing, menjadikan teknologi informasi memiliki peranan yang sangat penting, sekaligus sebagai solusi untuk mengatasi pembatasan tersebut, diantaranya dalam urusan pemerintahan, pendidikan, bisnis, ekonomi, kesehatan, bahkan urusan agama dan ibadah. Untuk itu dapat disimpulkan bahwa "Inovasi dan Implementasi Teknologi Tepat Guna pada Era New Normal" dapat memberikan efisiensi waktu dan biaya serta tenaga, dan tanpa disadari bahwa kehidupan manusia saat ini telah memiliki ketergantungan terhadap teknologi informasi.

Surakarta, 28 Juli 2021

Panitia Webinar Nasional dan Call
Paper



Bagas Wahyu Adhi., ST., MT

DAFTAR ISI

Judul	Halaman
Cover	i
Kata Pengantar	ii
Sambutan Rektor	iii
Sambutan Ketua Dies Natalis Ke-38 UIB Surakarta	iv
Daftar Isi	v
Perencanaan Pembelian Material Bahan Baku Toner Dengan <i>Metode Economic Order Quantity (EOQ)</i> Pada CV Oriton Sukoharjo Oleh: <i>Adetya Ananda Putra, Diyah Dwi Nugraheni, Nancy Oktyajati</i>	1-20
Rancangan Transportasi Tabung Elektromagnetik Sebagai Pengangkut Barang <i>Online</i> Oleh : <i>Betha Sanjaya, Weli Umiyati, Syamsiyatu Rohmah, Mathilda Sri Lestari</i>	21-34
Rancangan Sistem Irigasi di Sektor Pertanian dengan Pemanfaatan Energi Alternatif Angin Oleh: <i>Sulfita Aurora Zahra, Lukman Budi Raharjo, Yudha Adhi Prasetya, Ainur Komariah</i>	35-43
Rancangan Pemanfaatan Limbah Plastik sebagai Bahan Pengganti Kayu pada Produk Furniture Oleh : <i>Habib Muhammad Faiz, Bunga Ferlian Putri, Audiza Kadila Lasarus, Ainur Komariah</i>	44-55
Rancangan Sistem <i>Flywheel</i> Mobil Listrik Energi Gravitasi sebagai Pengganti Penyimpanan Baterai Oleh : <i>Aria Bima Adhi Wicaksana, Novita Wahyuningsih, Ignatius Nezar Dwi Kusuma, Ainur Komariah</i>	56-64
Rancangan Penggunaan Citra Satelit dalam Mendukung Smart Farming di Era Revolusi Industri 4.0 Oleh : <i>Sri Hartanti, Agus Dwi Setiyono, Ainur Komariah, Budi Wibowo</i>	65-76
Kajian Perbedaan Hasil Aplikasi Hidromulsa dan Geojute Terhadap Besaran Erosi Oleh : <i>Adimas Putra Ananda</i>	77-100
Pengaruh Hubungan Motivasi, Keselamatan dan Lingkungan Kerja pada Kinerja Karyawan PT. PLN Wilayah Ternate Oleh : <i>Yunita Primasanti, Erna Indriastiningsih, Muhamad Djufran Saleh</i>	101-114
Sentiment Analysis untuk Opini Akademik Menggunakan Naive Bayes Classifier dan Information Gain Oleh : <i>Amir Hamzah, Tri Ramadhani</i>	115-133
Perencanaan Pembelian Bahan Baku Kalender Menggunakan Metode Material Requirement Planning (Studi Kasus CV. Angkasa Solo)	134-150

Oleh : *Ricky Ardiansyah Almadani, Nancy Oktyajati, Sri Mayasari*

Deteksi Manajemen Risiko Pada Simak Menggunakan Metode OCTAVE Allegro (Studi Kasus STMIK BI Balikpapan) 151-168

Oleh : *Deasylia Aryanti, Nurazizah Amelia M, Joy Nashar Utamajaya*

Perbaikan Kualitas Pada Proses Produksi Dengan Metode *Six Sigma* dan *Kaizen* di CV. Indra Daya Sakti Putra 169-184

Oleh : *Dedy Adji Pangestu, Nancy Oktyajati, Ayudyah Eka Apsari*

Analisis Produktivitas Unit *Welding dan Painting* Menggunakan Metode OMAX (Objective Matrix) pada PT XYZ 185-207

Oleh : *Umi Tri Utami, Annie Purwani, Susanto Sudiro*

Pengembangan Rumah Sensor Pengukur Suhu Udara (Studi Kasus Rumahkaca Berventilasi Alami Menggunakan Sistem Pendinginan Pengabutan) 208-223

Oleh : *Moch Sopy Sunami Maranto, Handarto, Muhammad Saukat.*

Identifikasi Potensi Penyebab Kecelakaan Kerja pada Perusahaan Pengolahan Kayu di PT. Jati Unggul Putra Sukoharjo 224-237

Oleh : *Rio Adhi Prakoso, Maria Puspita Sari*

Mengukur Tingkat Resiko Cidera Guru Bimbingan Konseling Menggunakan Metode *Nordic Body Map* (NBM) di SMK Batik 1 Surakarta 238-251

Oleh : *Rachmawan Dwi Rhomadhon, Nancy Oktyajati, Sri Mayasari*

Analisis Pengendalian Kualitas Karung Plastik Menggunakan Metode Seven Tools di PT WXY. 252-268

Oleh : *Titin Mardi Astuti, Rian Prasetyo*

Perancangan Sistem Peringatan Dini Bencana Banjir dengan Notifikasi Massal Berbasis Aplikasi Telegram 269-281

Oleh : *Seno Aji*

PERENCANAAN PEMBELIAN MATERIAL BAHAN BAKU TONER DENGAN METODE *ECONOMIC ORDER QUANTITY (EOQ)* PADA CV. ORITON SUKOHARJO

Adetya Ananda Putra¹, Diyah Dwi Nugraheni², Nancy Oktyajati³
Fakultas Teknik, Program.Studi Teknik Industri
Universitas Islam Batik Surakarta

Jl Agus Salim No.10, Sondakan, Kec. Laweyan, Kota. Surakarta

Email: adityaap166@gmail.com, diyahdn@gmail.com, oktyajati.nancy@gmail.com

Abstract

Inventory management in an industry is needed in managing inventory. D. T. Johns & H. A. Harding (2001) Affirmed that inventory management is minimizing investment in inventory but remaining consistent with providing the level of usage performed. The problems that occur in this CV Oriton company are high ordering costs, storage costs, accumulation of raw materials & limited storage space capacity. Manullang (2005) explains that economic order quantity is one method of planning & controlling inventory, namely determining the most economical order. The use of these methods can optimize storage costs and ordering costs. It was found that the use of the economic order quantity method was 512.20 units with a frequency of 2.6 times in 1 period, the total inventory cost was Rp. 3.995,16, the duration of use was 30.41 & the reorder point was 36.3 units. The conclusion from the results of using the method is that there is a cost savings in the use of the economic order quantity method compared to the policies carried out by the company.

Keywords : *Inventory, Total Cost Inventory, Economic Order Quantity, Lot Sizing, Material Requirement Planning*

Abstrak

Manajemen persediaan dalam sebuah industri sangat dibutuhkan dalam mengelola persediaan. D. T. Johns & H. A. Harding (2001) Menegaskan manajemen persediaan merupakan meminimalkan biaya dalam persediaan tetapi tetap konsisten dengan penyediaan tingkatan pemakaian yang dilakukan. Permasalahan yang terjadi pada perusahaan CV Oriton ini adalah biaya pemesanan yang tinggi, biaya penyimpanan, penumpukan material bahan baku & kapasitas ruang penyimpanan yang terbatas. Manullang (2005) menerangkan bahwa economic order quantity adalah salah satu metode dengan perencanaan & pengendalian persediaan yaitu menentukan pemesanan yang paling ekonomis. Penggunaan metode tersebut dapat mengoptimalkan biaya penyimpanan & biaya pemesanan. Di dapatkan pada penggunaan penggunaan metode economic order quantity adalah sebanyak 512,20 unit dengan frekuensi sebanyak 2,6 kali dalam 1 periode, total inventory cost yaitu sebesar Rp 3.995,16 durasi penggunaan 30,41 & reorder point adalah sebesar 36,3 unit. Kesimpulan dari hasil penggunaan metode adanya penghematan biaya pada penggunaan metode economic order quantity di bandingkan dengan kebijakan yang dilakukan perusahaan.

Kata Kunci : Inventory, Total Cost Inventory, Economic Order Quantity, Lot Sizing, Material Requirement Planning

1. Pendahuluan

D. T. Johns & H. A. Harding, (2001) Menegaskan manajemen persediaan merupakan strategi dalam mengurangi tingginya biaya dalam pengelolaan manajemen persediaan tetapi tetap konsisten dengan penyediaan tingkatan pemakaian yang dilakukan. Manullang (2005) menerangkan *economic order quantity* adalah merupakan suatu metode untuk mendapatkan beberapa barang dengan biaya minimum & terdapatnya pengawasan terhadap biaya pemesanan (*ordering cost*) serta biaya penyimpanan (*carrying cost*). Sedangkan menurut Martono (2002) *Economic Order Quantity (EOQ)* adalah mengoptimalkan pemesanan dengan biaya yang minimum. Metode ini memperkirakan (*forecasting*) seberapa banyak produk (*Quantity*) yang akan dipesan pada perusahaan.

Tujuan dari penggunaan metode ini adalah menekan biaya penyimpanan & biaya pemesanan sekaligus efektivitas kerja efisiensi waktu. Pada metode penelitian menggunakan data kuantitatif dengan cara observasi & wawancara sehingga di dapatkan angka yang akan diolah dalam pembahasan penelitian. Penelitian ini dilaksanakan pada tanggal 1 Juli sampai dengan 30 Agustus 2021 tempat pelaksanaan di CV Oriton Jl.Teuku Umar No.2 Madugondo, Sukoharjo. Pada penelitian terdahulu metode EOQ ini juga digunakan oleh Surnedi (2010) pada penelitian untuk tugas akhir di PT New Suburtex Karanganyar dengan judul analisis manajemen persediaan dengan metode EOQ pada optimalisasi bahan baku kain, Maulana (2015) dengan judul analisis efisiensi persediaan bahan baku susu sapi murni dengan menggunakan metode economic order quantity pada soto sedep & Putri (2016) dengan judul analisis pengendalian persediaan bahan baku dengan menggunakan metode *economic order quantity* (EOQ) pada perusahaan jenang Muria Jaya Kudus.

CV Oriton adalah salah perusahaan layanan jasa penjualan dan service yang bergerak di bidang elektronik printer laser & jet. Dalam pengelolaan untuk menentukan perencanaan pembelian bahan baku toner CV Oriton masih berdasarkan manual yang akibatnya biaya pemesanan dan penyimpanan menjadi lebih besar, selain itu juga berakibat pada penumpukan barang pada gudang penyimpanan yang jika tidak digunakan dalam waktu sesuai batas expired nya maka akan menjadi barang rosok penelitian ini mengambil tema perencanaan pembelian material bahan baku toner dengan metode EOQ yaitu mencari titik dimana perusahaan akan melakukan perencanaan pembelian bahan baku toner sesuai kebutuhan perusahaan atau pengertian lain mencari berapa jumlah pemesanan yang paling ekonomis pada perusahaan CV. Oriton.

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana menentukan jumlah unit pemesanan bahan baku toner yang paling ekonomis pada CV Oriton dan menyusun rencana pembelian bahan baku toner pada CV Oriton. Adapun tujuannya adalah menentukan jumlah unit pemesanan yang paling ekonomis untuk kebutuhan bahan baku toner dan menyusun rencana pembelian bahan baku toner manfaat yang diperoleh dari penelitian adalah mengetahui titik-titik

kelemahan pada manajemen inventory yang ada di perusahaan yang dapat digunakan sebagai bahan evaluasi dalam menentukan kebijakan selanjutnya, memecahkan masalah dan memberi solusi pada perusahaan sehingga dapat meningkatkan efektivitas kerja & efisiensi waktu yang ada pada perusahaan & menjadi pedoman perusahaan untuk mengimplementasikan pengelolaan manajemen persediaan, sehingga dapat meminimalkan biaya penyimpanan dan biaya pemesanan.

2. Kerangka Teoritis

2.1 Manajemen Persediaan

Manajemen persediaan inventory control adalah suatu system yang saling terintegrasi yang menghasilkan kebijakan atau keputusan guna memastikan perusahaan mampu mengakomodasi permintaan (demand) dari konsumen dengan jumlah dan waktu tertentu. (Harsanto, 2013). Menurut (Martin & Pretty, (1996) manajemen persediaan melibatkan pengendalian aset yang digunakan dalam proses produksi atau diproduksi untuk dijual dalam operasi normal perusahaan. Sedangkan pengertian menurut Kasmir (2013) adalah sejumlah barang yang disediakan oleh perusahaan pada suatu tempat tertentu. Dengan kata lain yaitu adanya suatu barang yang disediakan guna memenuhi kebutuhan permintaan demand yang ada. Adapun yang dimaksud dengan suatu tempat tertentu adalah tempat penyimpanan suatu barang atau gudang penyimpanan warehouse melalui mekanisme pemesanan dengan harga yang sudah disepakati sehingga fungsi manajemen persediaan atau inventory control dapat berjalan dengan optimal. (Riza & Purba, 2018) menjelaskan Ada banyak alasan yang memotivasi perusahaan untuk memiliki persediaan (Bloomberg, Lemay & Hanna, 2002), mengidentifikasi ada lima alasan untuk mengadakan persediaan (yaitu:

1. Skala ekonomi, perusahaan dapat mewujudkan skala ekonomi dalam manufaktur, pembelian dan transportasi dengan melakukan inventarisasi. Jika suatu bisnis membeli dalam jumlah banyak, maka akan ada potongan harga barang. Pada gilirannya, transportasi dapat memindahkan volume yang lebih besar dan memperoleh skala ekonomi melalui pemanfaatan peralatan yang lebih baik. Manufaktur dapat memiliki produksi yang lebih lama jika persediaan lebih banyak, sehingga memungkinkan pengurangan biaya unit permanen
2. Menyeimbangkan penawaran dan permintaan, beberapa perusahaan harus mengumpulkan persediaan untuk memenuhi permintaan musiman. Misalnya, produsen mainan melihat beberapa permintaan sepanjang tahun, tetapi 60 persen atau lebih penjualan Akan datang di musim Natal. Dengan manufaktur untuk persediaan, produksi dapat dipertahankan sepanjang tahun. Hal ini mengurangi kapasitas pabrik yang menganggur dan mempertahankan tenaga kerja yang relatif stabil, sehingga mengurangi biaya. Jika permintaan relatif konstan tetapi bahan input bersifat musiman, seperti dalam produksi buah-buahan kalengan, maka persediaan jadi membantu memenuhi permintaan ketika bahan tidak lagi tersedia
3. Spesialisasi, persediaan memungkinkan perusahaan dengan anak perusahaan untuk melakukan spesialisasi. Alih-alih memproduksi berbagai produk, setiap pabrik dapat memproduksi produk

dan kemudian mengirimkan produk jadi langsung ke pelanggan atau ke gudang untuk disimpan. Dengan spesialisasi, setiap manufaktur dapat memperoleh skala ekonomi melalui produksi lama.

4. Perlindungan dari ketidakpastian, alasan utama untuk menahan persediaan, misalnya untuk mengimbangi ketidakpastian permintaan. Jika permintaan meningkat dan persediaan bahan Baku meningkat, lini produksi Akan turun sampai ada lebih banyak bahan yang dikirim. Demikian pula, kurangnya pekerjaan dalam proses berarti produk tidak dapat diselesaikan. Akhirnya, jika pesanan pelanggan melebihi persediaan barang jadi, maka stok yang dihasilkan dapat menyebabkan konsumen pergi.
5. Antarmuka penyangga, inventaris dapat mendukung antarmuka utama, menciptakan utilitas waktu dan ruang. Antarmuka utama meliputi :
 - a. Pemasok dan pembelian
 - b. Pembelian dan produksi
 - c. Produksi dan pemasaran
 - d. Pemasaran dan distribusi
 - e. Distribusi dan perantara
 - f. Perantara dan pelanggan.

Miller (2010), menyatakan Memiliki inventaris di antarmuka ini membantu memastikan bahwa permintaan terpenuhi dan penyisihan stok diminimalkan. manajemen persediaan melibatkan semua kegiatan yang dilakukan untuk memastikan bahwa pelanggan memiliki produk atau layanan yang dibutuhkan, karena permintaan pelanggan dapat meningkatkan produk dengan pengiriman yang lebih pendek dan lebih tepat dengan biaya yang lebih rendah (Srinivasan, 2012), kemudian meresponnya. Untuk memenuhi tuntutan tersebut, perusahaan manufaktur harus bersaing dalam beberapa dimensi, seperti efisiensi biaya, kualitas, waktu pengiriman dan fleksibilitas proses (Olhager, 2013). Porter (1980) menjelaskan bahwa ada tiga jenis strategi bersaing yang dapat dipilih oleh perusahaan manufaktur. Mereka adalah diferensiasi, kepemimpinan biaya dan fokus. Strategi-strategi ini merupakan dasar dari kombinasi biaya, waktu, layanan dan kualitas. Perusahaan manufaktur dapat menggunakan salah satu strategi tersebut untuk memperoleh keunggulan kompetitif (Lysons & Farrington, 2012).

2.2 Tujuan Manajemen Persediaan

Adapun secara umum tujuan manajemen inventory control adalah memaksimalkan persediaan barang dan meminimalkan biaya penyimpanan holding cost & biaya pemesanan ordering cost, memastikan adanya persediaan melalui safety stock, mengantisipasi perubahan permintaan dan penawaran, menghilangkan dan mengurangi risiko keterlambatan pengiriman bahan, menghilangkan atau mengurangi resiko kenaikan harga, mengantisipasi permintaan yang dapat diramalkan, Memperoleh keuntungan dari quantity discount & Komitmen terhadap pelanggan. Sehingga juga sejalan dengan yang dikatakan

oleh D.T. Johns & H.A. Harding (2001) yaitu tujuan manajemen persediaan yaitu meminimalkan investasi.

2.3 *Bahan Baku*

Menurut Rangkuti dalam (Fadhila & Diansyah, 2018) menerangkan bahan baku merupakan komponen-komponen yang terdapat dalam proses produksi untuk membentuk suatu produk jadi, serta barang-barang atau bahan-bahan dalam rangka memenuhi permintaan yang diinginkan oleh konsumen. adapun faktor-faktor yang mempengaruhi persediaan bahan baku (Surnedi, 2010) menyatakan antara lain :

1. Harga bahan baku
2. Pemakaian bahan baku
3. Perkiraan pemakaian bahan baku
4. Biaya-biaya persediaan
5. Kebijakan pembelanjaan
6. Model pembelian bahan
7. Waktu tunggu

2.4 *EOQ (Economic Order Quantity)*

EOQ (Economic Order Quantity) adalah pendekatan untuk mendapatkan barang dagangan dengan biaya paling rendah dengan mempertimbangkan biaya penimbunan dan biaya permintaan. (Manullang, 2005:). Sedangkan menurut Martono (2002) *Economic Order Quantity (EOQ)* adalah meningkatkan pesanan dengan biaya paling sedikit. Dari definisi di atas strategi *Economic Order Quantity* merupakan teknik administrasi stok untuk menentukan jumlah pembelian/pemesanan yang harus dilakukan. Selain itu, jumlah pesanan praktis harus diminta sehingga kapasitas dan biaya permintaan dapat dibatasi

2.5 *Material Requirement Planning (MRP)*

(Phapros, 2016) mengatakan pengadaan persediaan material bahan baku dalam suatu perusahaan perlu dilakukan estimasi & manajemen yang baik supaya proses produksi berjalan dengan baik & stabil tanpa terdapat keterlambatan pengiriman barang & adanya kenaikan *holding cost and ordering cost* material bahan baku. *Material Requirement Planning (MRP)*, adalah salah satu teknik pemasangan dalam mengatasi masalah stok bahan mentah dengan alasan bahwa MRP memiliki keunggulan memiliki opsi untuk digunakan untuk mengatur dan mengendalikan hal-hal (bagian) yang mengandalkan hal-hal pada tingkat yang lebih tinggi (Nasution, 2003). Menurut Daft (2006), MRP adalah suatu sistem pengaturan dan pengendalian stok yang diminta untuk memperoleh ukuran sempurna dari semua bahan mentah yang diharapkan dapat membantu peningkatan produk sesuai keinginan, selain MPS, siklus MRP juga memerlukan informasi stok untuk produk dan suku cadang yang sudah jadi serta daftar suku cadang (tagihan). bahan) untuk item yang akan dibuat. Ada langkah-langkah dalam sistem

perencanaan untuk menentukan ukuran pesanan (*lot size*). Model ukuran lot size yang sesuai dapat ditentukan berdasarkan sifat statis atau dinamis data dalam kueri. Jika data permintaan bersifat dinamis digunakan model ukuran dinamis, dan jika data permintaan statis digunakan model ukuran lot statis (Ullah dan Sultana, 2010).

2.6 POM For Windows

Menurut Yuwono & Istiani (2007) Program Pom for Windows adalah program PC yang digunakan untuk menangani masalah kuantitatif yang sedang berlangsung dan tugas dewan. Hal ini sejalan dengan definisi menurut (Weiss, 2010) Pom for Windows adalah paket perangkat lunak yang paling ramah pengguna yang tersedia di manajemen produksi yang menjadi tugas para eksekutif, teknik kuantitatif, ilmu dewan, atau penelitian kegiatan.

3. Metode Penelitian

3.1 Studi Lapangan

3.2 Langkah pertama setelah izin diterapkan adalah meninjau kondisi lingkungan, tujuannya adalah untuk mencari masalah yang sedang dihadapi oleh perusahaan.

1. Desain penelitian

Desain pada penelitian ini adalah melakukan langkah-langkah yang harus dipersiapkan dalam metodologi penelitian adalah menyusun laporan, mengumpulkan data, mengolah data, menganalisa data dan mengambil kesimpulan.

2. Objek & lokasi penelitian

Objek dan lokasi penelitian adalah CV Oriton Jl. Teuku Umar No.2 Madugondo, Sukoharjo. CV Oriton adalah salah perusahaan layanan jasa penjualan dan service yang bergerak di bidang elektronik printer laser & jet.

3.3 Studi Literatur

Demikian juga disebut studi literatur adalah bantuan sejauh berbagai informasi yang bersifat hipotetis. Studi penulisan atau studi literatur ini harus dilakukan beberapa kali, khususnya:

1. Studi literatur

Buku pegangan yang memuat premis hipotetis yang menjunjung tinggi pemikiran kritis.

2. Web

Web mempermudah para ahli untuk mencari penelitian sebelumnya yang memiliki masalah yang sama dengan masalah yang sedang diteliti, seperti buku harian, makalah, dan data sebagai artikel yang berbeda.

3.4 Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah adalah mengenali masalah yang ada pada perusahaan di mulai dari permasalahan yang umum kemudian mengerucut pada permasalahan yang spesifik. Dalam penelitian ini permasalahan umum pada perusahaan CV Oriton adalah tata pengelolaan perusahaan di mulai dari pengelolaan manajemen persediaan yang kurang efektif, biaya

pemesanan yang tinggi, kurangnya tempat pada gudang penyimpanan, proses distribusi yang kurang terpenuhi dll.

3.5 Perumusan Masalah

Perumusan masalah adalah mengerucut kan dari hasil identifikasi masalah yang ada kemudian dianalisis untuk memastikan bahwa rumusan tersebut layak untuk diteruskan kedalam penelitian yang lebih lanjut. Pada tata pengelolaan manajemen persediaan perusahaan melakukan pembelian material bahan baku toner dalam rangka memenuhi kebutuhan maintenance dalam satu periode adalah 12 kali sehingga ini berakibat pada biaya pemesanan & penyimpanan menjadi lebih besar. Selain itu juga berpengaruh pada batas penggunaan toner maka kesimpulan dari perumusan masalah pada penelitian ini adalah berapa unit yang paling ekonomis yang harus dipesan pada perusahaan CV Oriton dalam sekali order.

3.6 Tujuan Penelitian

Berdasarkan perumusan masalah yang telah diuraikan sebelumnya, maka tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. menentukan jumlah unit pemesanan yang paling ekonomis untuk kebutuhan bahan baku toner pada CV Oriton Sukoharjo.
2. Menyusun rencana pembelian bahan baku toner pada CV Oriton

3.7 Manfaat Penelitian

Perumusan masalah yang telah diuraikan sebelumnya, maka manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut:

a. Bagi perusahaan

1. Dapat mengetahui titik-titik kelemahan pada manajemen *inventory* yang ada di perusahaan yang dapat digunakan sebagai bahan evaluasi dalam menentukan kebijakan selanjutnya
2. Memecahkan masalah dan memberi solusi pada perusahaan sehingga dapat meningkatkan efektivitas kerja & efisiensi waktu yang ada pada perusahaan.
3. Penelitian ini bisa menjadi pedoman perusahaan untuk mengimplementasikan pengelolaan manajemen persediaan, sehingga dapat meminimalkan biaya penyimpan dan biaya pemesanan.

3.8 Batasan Masalah.

Batasan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pengambilan data penelitian ini diambil dari bulan januari 2018 sampai dengan Desember 2018.
2. Sumber data primer diperoleh dari laporan data keuangan yang digunakan sebagai laporan pajak tahunan.
3. Pada perencanaan pembelian bahan baku toner pada penelitian ini hanya untuk printer laser jet.

3.9 Pengumpulan Data

a. Jenis & Sumber Data

Jenis data penelitian ini menggunakan metode penelitian data kuantitatif. Sedangkan data yang di gunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Data Primer

Data primer bersumber dari hasil observasi dan wawancara dengan karyawan yang ada pada CV Oriton yang langsung terlibat dalam pelaksanaan pengendalian persediaan, yaitu:

- a. Laporan administrasi pajak bulan Januari 2018 sampai dengan Desember 218.
- b. Kebutuhan bahan baku
- c. Biaya pemesanan
- d. Biaya penyimpanan

2. Data Sekunder

1. Sejarah berdirinya CV. Oriton Madugondo Sukoharjo.
2. Alur Kerja CV. Oriton Madugondo Sukoharjo.
3. Struktur Organisasi CV. Oriton Madugondo Sukoharjo.

3.10 Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data pada penelitian ini antara lain adalah :

a. Observasi

Yaitu melakukan pengamatan pada tempat penelitian CV. Oriton Madugondo Sukoharjo dan mengidentifikasi permasalahan yang ada pada perusahaan tersebut. Pada penelitian ini adalah pengelolaan manajemen yaitu pada frekuensi pemesanan, biaya penyimpanan, biaya pemesanan, distribusi dll.

b. Wawancara atau interview

Wawancara adalah komunikasi atau tanya jawab yang bertujuan untuk memperoleh informasi pada perusahaan CV. Oriton pada penelitian wawancara dilakukan kepada staf administrasi CV. Oriton.

c. Studi Pustaka

Demikian juga disebut *literature review* atau studi pustaka adalah bantuan sejauh berbagai informasi yang bersifat hipotetis. Studi penulisan ini harus dimungkinkan beberapa kali, untuk lebih spesifik:

1. Studi literatur

Buku pegangan yang memuat premis hipotetis yang menjunjung tinggi pemikiran kritis.

2. Internet

Web atau internet mempermudah para ahli untuk mencari penelitian sebelumnya yang memiliki masalah yang sama dengan masalah yang sedang dibicarakan, seperti buku harian, makalah, dan data sebagai artikel yang berbeda. Misalnya, mengambil strategi

ujian, mempersiapkan informasi dan hasil percakapan. Sebagai ilustrasi dari masalah serupa, alasan untuk menggunakan teknik jumlah permintaan moneter adalah untuk memutuskan langkah-langkah membuat pengaturan untuk pembelian bahan mentah, pemulihan informasi tambahan dengan menggunakan permintaan informasi pembeli masa lalu, dalam strategi penelitian penggunaan kritis. berpikir adalah strategi jumlah permintaan keuangan.

3.11 Pengolahan Data

Pada bab ini adalah penjelasan pada pengolahan data dan perhitungan pada CV. Oriton baik secara manual maupun menggunakan software Pom for Windows. Pada biaya penyimpanan dan pemesanan sifatnya adalah konstan.

1. Perhitungan Manual

- a. Nilai rata-rata
- b. Standar deviasi
- c. Batas kontrol atas (BKA)
- d. Batas kontrol bawah (BKB)

2. Perhitungan Menggunakan MS Excel

Setelah dilakukan perhitungan manual selanjutnya adalah perhitungan dengan menggunakan MS Excel untuk mendapatkan hasil perhitungan yang lebih akurat. Perhitungan dengan MS Excel adalah menghitung rata-rata, standar deviasi, batas kontrol atas & batas kontrol bawah.

3. Membuat Grafik antara *Demand* Historis, BKA, dan BKB

Grafik pada gambar 8 adalah garfik perbandingan antara jumlah permintaan batas kontrol atas & batas kontrol bawah. Grafik pada gambar 8 menunjukkan bawa data permintaan masih dalam kategori data normal tidak melebihi batas kontrol atas & batas kontrol bawah itu artinya data permintaan bisa di gunakan dalam pengolahan data.

4. Perhitungan *Total Inventory Cost* (TIC)

Pada perhitungan Total Cost inventory adalah menghitung perhitungan dengan menggunakan perhitungan biaya simpan & biaya pesan

- a. Biaya pemesanan dalam sekali pesan
- b. Biaya penyimpanan persatuan kebutuhan material
- c. Kebijakan perusahaan

Kebijakan perusahaan melakukan pemesanan dalam satu tahun adalah 12 kali artinya dalam satu bulan perusahaan melakukan pemesanan pembelian bahan baku (Q) di perhitungkan berdasarkan kebijakan yang ada pada perusahaan CV Oriton sebagai berikut:

5. Jumlah Pemesanan Ekonomis *Economic Order Quantity* (EOQ)

6. Biaya yang harus dikeluarkan oleh perusahaan untuk mendapatkan barang tersebut.
7. Frekuensi terbaik untuk menempatkan pesanan tersebut dalam 1 tahun
8. Durasi EOQ akan habis dikonsumsi oleh perusahaan.
9. Titik pemesanan kembali atau *Reorder Point*.
10. Perhitungan dengan *software POM for Windows*

POM for Windows adalah salah satu *Software* analisis data yang di gunakan untuk memecahkan masalah pada metode Kuantitatif (*quantitative method*) salah satu kinerja *Software* ini adalah melakukan perhitungan dari data *quantitative* manajemen sains, & riset-riset operasional. Aplikasi *Software* ini dapat membantu dalam pengambilan keputusan pada sebuah penyelesaian masalah.

11. Perhitungan dengan *Material Requirement Planing (MRP)*

Langkah-langkah dalam perhitungan MRP adalah sebagai berikut:

Menentukan *Gross requirement* atau kebutuhan kotor dalam penelitian diperoleh dari permintaan konsumen.

- a. *Schedule Receipts* yaitu jadwal kedatangan barang yang dipesan pada periode-t
- b. Menentukan *On Hand Inventory* atau persediaan yang ada pada sebelumnya
- c. Menentukan *Net Requirement* yaitu kebutuhan bersih yang dibutuhkan pada periode t. Secara sistematis perhitungan kebutuhan bersih didapat dari penjumlahan *Gross Requirement – On Hand Inventory*
- d. Rencana penerimaan pesanan (*Planned Order Receipt*) yaitu perencanaan kuantitas pesanan yang direncanakan diterima pada periode tersebut dengan pengetahuan lain yaitu jarak antara waktu pemesanan sampai waktu penerimaan (*Schedule Receipt*)
- e. Rencana pelaksanaan pesanan (*Planned Order Release*) waktu penerimaan pesanan kuantitas rencana pesanan yang ditempatkan atau dikeluarkan dalam periode tertentu agar item yang dipesan itu akan tersedia pada saat dibutuhkan.

3.12 Analisis Data

Pada tahap ini dilakukan pemeriksaan terhadap informasi yang didapat dan dibantu dengan tulisan yang telah dikonsentrasikan sebelumnya. Peneliti menggunakan analisis deskriptif dan optimalisasi keputusan untuk mengetahui sebab-akibat pengelolaan manajemen persediaan. Percakapan seluk beluk sesuai hipotesis dengan arahan guru dan bantalan dari organisasi maupun perusahaan.

- a. Jumlah Pemesanan Ekonomis

Tujuan jumlah pemesanan ekonomis adalah untuk menentukan jumlah penggunaan material bahan baku toner yang akan dipesan oleh CV Oriton dalam satu periode satu tahun.

- b. *Total Cost Inventory*

Total Cost Inventory yaitu jumlah pengeluaran biaya yang dikeluarkan oleh perusahaan untuk memperoleh sebuah barang dengan tujuan untuk mengetahui berapa biaya yang harus dikeluarkan oleh perusahaan.

- c. Frekuensi
- d. Durasi EOQ
- e. *Reorder Point*
- f. *Material Requirement Planing* (MRP)

Perencanaan kebutuhan bahan baku adalah merupakan teknik pengendalian persediaan *management inventory* perusahaan. Pada analisa metode penelitian ini adalah melakukan minimasi terhadap biaya-biaya yang dikeluarkan oleh perusahaan, melakukan penjadwalan perencanaan terhadap pembelian bahan baku toner, mengantisipasi adanya keterlambatan dll yang dirumuskan sebagai berikut :

3.13 Kesimpulan & Saran

Setelah melewati tahap analisa data, tahap terakhir adalah melakukan kesimpulan terhadap penelitian yang dilakukan. Kesimpulan terhadap pengelolaan manajemen inventory. Selain itu juga memberikan saran kepada perusahaan agar memperbaiki pada sistem pengelolaan manajemen persediaan.

4. Pembahasan

4.1 Pengolahan Data

Pada bab ini adalah penjelasan pada pengolahan data dan perhitungan pada CV. Oriton baik secara manual maupun dengan alat bantu aplikasi *Pom For Windows*. Pada biaya penyimpanan & pemesanan sifatnya adalah konstan pada biaya pemesanan sebesar Rp 3.563.000 per bulan sedangkan biaya penyimpanan adalah sebesar Rp 4.435.000 per bulan.

Tabel 1. Rekapitulasi demand historis adalah data permintaan kebutuhan bahan baku toner pada perusahaan CV. Oriton Madugondo Sukoharjo didapat dari 1 Januari 2018 sampai 30 Desember 2020.

Tabel 1. Rekapitulasi *Demand* historis

Periode	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Jumlah/unit	2018	97	150	100	87	122	123	129	102	107	147	104	57
	2019	149	115	104	134	85	92	129	142	142	96	80	99
	2020	120	115	65				50	60	67	70	80	80

4.1.1. Perhitungan Manual

1. Nilai Rata-Rata

$$\text{Nilai rata – rata permintaan} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Permintaan periode } i}{n}$$

$$\begin{aligned} \text{Nilai rata - rata permintaan} &= \frac{97 + 150 + 100 + 87..}{12} \\ &= 110,42 \text{ unit/tahun} \end{aligned}$$

2. Standar Deviasi

$$\begin{aligned} SD &= \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\text{demand} - \text{rata-rata demand})^2}{n-1}} \\ SD &= \sqrt{\frac{(97-110,42)^2 + (150-110,42)^2 + (100-110,42)^2}{12-1}} \\ SD &= 25,86 \end{aligned}$$

3. Batas Kontrol Atas (BKA)

$$\begin{aligned} \text{BKA} &= \text{rata-rata} + (2 \times \text{SD}) \\ &= 110,42 + (2 \times 25,86) \\ &= 162,14 \end{aligned}$$

4. Batas Kontrol Bawah (BKB)

$$\begin{aligned} \text{BKB} &= \text{rata-rata} - (2 \times \text{SD}) \\ &= 110,42 - (2 \times 25,86) \\ &= 58,69 \end{aligned}$$

4.1.2. Perhitungan Menggunakan MS Excel

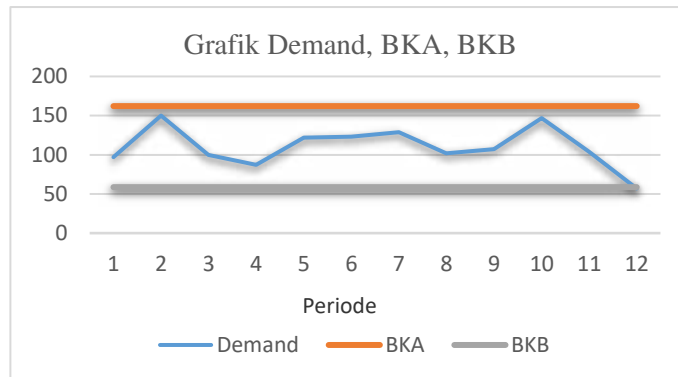
Setelah dilakukan perhitungan manual selanjutnya adalah perhitungan dengan menggunakan MS Excel untuk mendapatkan hasil perhitungan yang lebih akurat. Tabel 2 adalah hasil perhitungan dari rekapitulasi data historis sehingga dapat diperoleh rata-rata, standar deviasi, batas kontrol atas dan batas kontrol bawah.

Tabel 2. Perhitungan BKA & BKB

No	Keterangan	Nilai
1	Rata-rata	110,42
2	Stdev	25,86
3	BKA	162,14
4	BKB	58,69

4.1.3. Grafik antara Demand Historis, BKA, dan BKB

Grafik pada gambar 3 adalah grafik perbandingan antara jumlah permintaan batas kontrol atas & batas kontrol bawah. Grafik pada gambar 3 menunjukkan bahwa data permintaan masih dalam kategori data normal tidak melebihi batas kontrol atas & batas kontrol bawah itu artinya data permintaan bisa di gunakan dalam pengolahan data.



Gambar 1. Grafik antara *Demand* Historis, BKA, dan BKB

4.1.4. Perhitungan *Total Inventory Cost* (TIC) perusahaan & EOQ

Pada pengelolaan manajemen persedian CV Oriton kebutuhan material spare part adalah 1.325 per tahun. Pada biaya penyimpanan & biaya pemesanan adalah konstan. Biaya pemesanan adalah 3.563.000 per tahun dan biaya penyimpanan yaitu 4.435.000 per tahun.

Tabel 3. Biaya penyimpanan

Holding Cost	Total
Listrik & telepon	1.450.000
Sewa rumah	2.350.000
Komputer	634.833
Jumlah keseluruhan	4.434.833

Tabel 4. Biaya pemesanan

Ordering Cost	Total
Biaya angkut	1.312.750
Kirim Paket	2.250.000
Jumlah keseluruhan	3.562.750

1. Perhitungan biaya simpan & biaya pesan

1. Biaya pemesanan dalam sekali pesan

$$S = \frac{\text{Total biaya pesan}}{\text{frekuensi pemesanan}}$$

$$S = \frac{\text{Total biaya pesan}}{\text{frekuensi pemesanan}}$$

$$S = \frac{3.562.750}{12}$$

$$S = 296,9167/\text{bulan}$$

2. Biaya penyimpanan per satuan kebutuhan material

$$H = \text{Total biaya simpan} / \text{total kebutuhan bahan baku}$$

$$\frac{\text{total biaya simpan}}{\text{total kebutuhan bahan baku}}$$

$$H = 4.434.833 / 1.325.000 \frac{4.434.833}{1.325.000}$$

$$H = 3,34717 / \text{unit}$$

3. Kebijakan perusahaan

Kebijakan perusahaan melakukan pemesanan dalam satu tahun adalah 12 kali artinya dalam satu bulan perusahaan melakukan pemesanan pembelian bahan baku (Q) di perhitungkan berdasarkan kebijakan yang ada pada perusahaan CV Oriton sebagai berikut:

$$Q = \frac{\text{total kebutuhan bahan baku}}{\text{frekuensi pemesanan}}$$

$$Q = \frac{1.325.000}{12}$$

$$Q = 110,416$$

- 4.1.5. Jumlah pemesanan ekonomis economic order quantity (EOQ)

D = Permintaan yang diperkirakan per periode waktu

S = Biaya Pemesanan per pesanan.

H = Biaya Penyimpanan per unit per tahun

$$EOQ = \sqrt{\frac{(2 \times S) \times D}{H}}$$

$$EOQ = \sqrt{\frac{(2 \times 297) \times 1.325}{3}}$$

$$EOQ = 512,20$$

- 4.1.6. Biaya yang harus dikeluarkan oleh perusahaan untuk mendapatkan barang tersebut:

$$TC = (H \times Q/2) + (S \cdot D/Q)$$

$$TC = (3 \times 512,20 / 2) + (297 \times 1.325 / 512,20)$$

$$TC = \text{Rp. } 768,3 + \text{Rp. } 768,3$$

$$TC = \text{Rp. } 1.536,6 / \text{pesan}$$

- 4.1.7. Frekuensi terbaik untuk menempatkan pesanan tersebut dalam satu tahun.

$$\text{Frekuensi Pemesanan per Tahun} = \frac{D}{Q}$$

$$\text{Frekuensi Pemesanan per Tahun} = 1.325 / 512,20$$

$$\text{Frekuensi Pemesanan per Tahun} = 2,6 / \text{bulan}$$

- 4.1.8. Durasi EOQ akan habis dikonsumsi oleh perusahaan.

$$\text{Durasi habis EOQ} = \text{Jumlah hari kerja per tahun} / \text{Frekuensi per pemesanan}$$

$$\text{Durasi habis EOQ} = 365 / 12$$

Durasi habis EOQ = 30,41 hari

4.1.9. Titik pemesanan kembali atau *Reorder Point*.

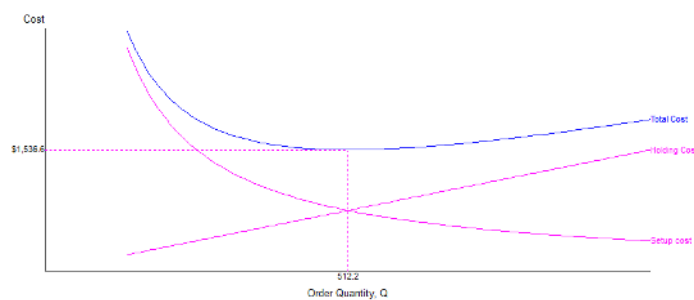
Reorder Point = $L \times D / \text{Hari kerja setahun}$

Reorder Point = $30 \times 1.325 / 365$

Reorder Point = 108,90 unit

4.1.10. Grafik *Inventory Cost Excluding Unit Cost* pada perusahaan CV Oriton

Grafik pada gambar 4 adalah grafik *trend* data pada *setup cost*, *holding cost* & *total cost* dimana pada grafik gambar 4 menunjukkan titik koordinat pada jumlah pemesanan paling ekonomis pada penggunaan metode *economic order quantity* adalah 512,2 unit.



Gambar 2. Grafik *Inventory Cost*

a. Perhitungan dengan *Material Requirement Planing* (MRP)

1. *Gross Requirement*

Gross requirement adalah kebutuhan bruto atau kebutuhan kotor yang didapat dari permintaan konsumen yang ada CV. Oriton Madugondo Sukoharjo. Pada tabel 5. Jumlah permintaan toner pada perusahaan CV. Oriton Madugondo Sukoharjo.

Tabel 5. Kebutuhan bruto

Produk	Item	Gross Requirement (unit)												
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Printer	Toner	2018	97	150	100	87	122	123	129	102	107	147	104	57
		2019	149	115	104	134	85	92	129	142	142	96	80	99
		2020	120	115	65	0	0	0	50	60	67	70	80	80

2. *Lot Sizing* dengan metode *Economic Order Quantity*

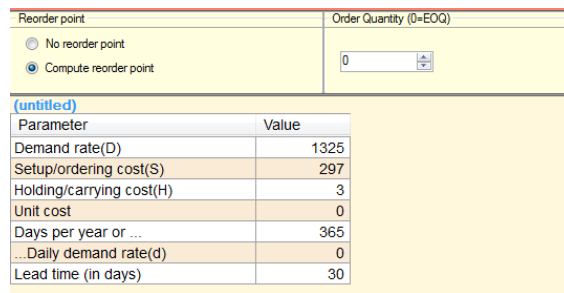
Lot Sizing adalah menentukan tiap komponen yang didasarkan pada *net requirement* atau kebutuhan bersih. Pada penelitian ini adalah penggunaan *Lot Sizing* dengan metode *Economic Order Quantity*

Tabel 6. MRP dengan Lot Sizing EOQ

Item : toner		EOQ : 512		LeadTime: 1		On Hand : 110		Metode : EOQ						
No	EOQ	Periode 2018												
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Gross Requirement		97	150	100	87	122	123	129	102	107	147	104	57
2	Scheduled Receipt													
3	On Hand Inventory	110	13	13	375	275	188	66	455	326	224	117	482	378
4	Net Requirement			137				57				30		
5	Planned Order Receipt			512				512				512		
6	Planned Order Release		512				512				512			

4.1.11. Perhitungan dengan software POM for Windows

POM for Windows adalah salah satu Software analisis data yang di gunakan untuk memecahkan masalah pada metode kuantitatif (*Quantitative Method*) salah satu kinerja Software ini adalah melakukan perhitungan dari data *quantitative* manajemen sains, & riset-riset operasional. Aplikasi Software ini dapat membantu dalam pengambilan keputusan pada sebuah penyelesaian masalah.



Gambar 3. input data dengan POM for Windows

Gambar 5 adalah proses input data pada software POM for Windows, langkah awal dalam input data pada software POM for Windows adalah memasukkan *demand rate* (D) atau rata-rata kebutuhan per tahun kemudian *Setup Cost* atau *Ordering Cost* yaitu biaya pemesanan dalam sekali pesan pada perusahaan CV Oriton. Selanjutnya yaitu memasukkan biaya penyimpanan dalam satuan unit, jumlah unit dll. Setelah semua urutan perintah di lakukan terakhir adalah menekan tombol “ok” atau “enter” selesai. Adapun hasil perhitungan dengan penggunaan software POM for Windows untuk Q (*Optimal Order Quantity*) & I_{max} (*Maximum Inventory Level*) adalah sebanyak 512,2 unit, frekuensi per periode adalah 2,6 bulan, dan *reorder point* sebanyak 108, 9 unit. Penggunaan software Pom for Windows adalah untuk mencocokkan antara perhitungan manual dan perhitungan dengan menggunakan software.

4.2 Analisis Data

Dari hasil pengolahan data diatas penggunaan metode EOQ pada penentuan perencanaan pembelian bahan baku toner menunjukkan hasil yang baik. Dibuktikan dengan hasil jumlah

pemesanan paling ekonomis pada CV Oriton pada angka 512,20 unit. Itu artinya jika perusahaan menerapkan metode tersebut maka perusahaan tidak perlu melakukan pembelian barang 12 kali dalam 1 periode. Pada biaya yang harus dikeluarkan menjadi lebih sedikit karena frekuensi pada pembelian menjadi berkurang.

Pada *total cost inventory* atau biaya yang harus dikeluarkan oleh perusahaan untuk mendapatkan barang tersebut adalah sebesar Rp. 3.995,16 menunjukkan bahwa ada penghematan biaya untuk mendapatkan barang tersebut. Kemudian pada frekuensi terbaik untuk menempatkan pesanan tersebut dalam satu tahun adalah 2,6 kali dalam satu periode. Itu artinya ada penurunan frekuensi pada perusahaan yang efeknya adalah pengoptimalan frekuensi pemesanan dalam satu periode. Durasi EOQ akan habis dikonsumsi oleh perusahaan adalah 30,41 hari. Hal tersebut akan menjadi patokan atau ukuran penggunaan barang pada perusahaan. Titik pemesanan kembali atau *Reorder Point* sebanyak 108,90 hari atau 3,6 bulan itu artinya ada rambu-rambu untuk dijadikan kebijakan dalam melakukan pembelian dalam satu periode.

4.3 Interpretasi Hasil

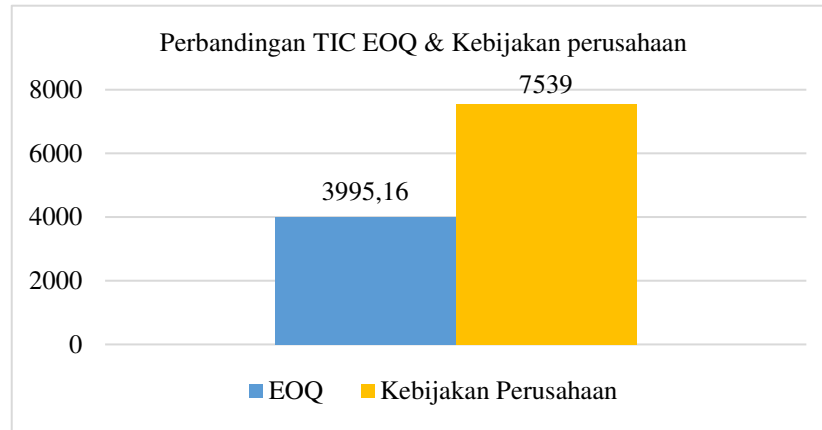
Dari hasil analisis pengolahan data maka diketahui perbandingan kebijakan perusahaan dan metode economic order quantity (EOQ) berapa jumlah ekonomis dalam perusahaan printer laser & jet CV Oriton untuk memenuhi kebutuhan permintaannya. Pada analisis ini juga diketahui berapa frekuensi dalam satu tahun, titik pemesanan kembali, Reorder Point, Durasi Economic Order Quantity (EOQ) dalam satuan hari dan kurva permintaan sebagai berikut:

4.2.1. Perhitungan manual *Economic Order Quantity* (EOQ)

Tabel 7. Analisis pengolahan data

Keterangan	EOQ	Kebijakan perusahaan
Jumlah pemesanan ekonomis	512,20	1325,00
Biaya penyimpanan	3.000	3.000
Biaya pemesanan	297.000	297.000
Biaya yang dikeluarkan untuk mendapatkan barang tersebut	3.995,16	7.539,00
Frekuensi terbaik	2,6	12
Durasi yang akan habis	30,41	
Reorder point	108,9	

Dari tabel 7 dapat dilihat penggunaan metode EOQ pada CV Oriton lebih efektif dari pada kebijakan perusahaan. Pada jumlah pemesanan ekonomis adalah sebesar 512,20 unit. biaya yang diperlukan dengan metode EOQ adalah 3.995,16 dengan frekuensi 2,6 kali sedangkan pada kebijakan perusahaan adalah 7.539,00 dengan frekuensi 12 kali. Artinya biaya yang di



keluarkan pada perusahaan lebih murah 20% jika menerapkan metode *economic order quantity* (EOQ)

Gambar 4. Grafik perbandingan *Total Cost Inventory* (TIC) antara kebijakan perusahaan dengan penggunaan metode EOQ per tahun.

Grafik gambar 6 adalah hasil perbandingan antara kebijakan perusahaan yang menerapkan 12 frekuensi dalam satu periode satu tahun dengan penggunaan penerapan metode EOQ pada frekuensi 3 kali dalam satu periode.

5.2.1. Perhitungan dengan *POM for Windows*

Dari perhitungan *software POM for Windows* pada gambar hasil yang didapatkan sama pada perhitungan manual artinya data dengan perhitungan manual sesuai dengan perhitungan dengan menggunakan *software POM for Windows*. Adapun keuntungan penggunaan pada *software Pom for Windows* ini adalah untuk mencocokkan data yang pada perhitungan manual dengan perhitungan dengan menggunakan *Software*. Sehingga mempermudah dalam melakukan penelitian.

(untitled) Solution			
Parameter	Value	Parameter	Value
Demand rate(D)	1325	Optimal order quantity (Q*)	512.2
Setup/ordering cost(S)	297	Maximum Inventory Level (Imax)	512.2
Holding/carrying cost(H)	3	Average inventory	256.1
Unit cost	0	Orders per period(year)	2.59
Days per year (D/d)	365	Annual Setup cost	768.3
Daily demand rate	3.63	Annual Holding cost	768.3
Lead time (in days)	30	Total Inventory (Holding + Setup) Cost	1536.6
		Unit costs (PD)	0
		Total Cost (including units)	1536.6
		Reorder point	108.9 units

Gambar 5. Perhitungan dengan *POM for Windows*

Gambar 7 adalah hasil perhitungan dengan menggunakan Pom for Windows untuk Q (*optimal order quantity*) & Imax (*maximum inventory level*) adalah sebanyak 512,2 unit, Order per periode adalah 2,6 kali dalam satu periode satu tahun, dan *reorder point* sebanyak 108,9 unit. Penggunaan *software Pom for Windows* adalah untuk mencocokkan antara perhitungan manual dan perhitungan dengan menggunakan *Software*.

5. Penutup

5.1 Kesimpulan

Dari hasil pengolahan data & analisis pembahasan yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan bahwa jumlah pemesanan ekonomis pada CV Oriton adalah sebagai berikut:

1. penggunaan metode *economic order quantity (EOQ)* untuk jumlah perencanaan pembelian bahan baku toner adalah sebanyak 512,20 unit dengan frekuensi sebanyak 2,6 kali dalam satu periode. Adanya penghematan biaya yang di keluarkan pada perusahaan CV Oriton dengan metode *economic order quantity (EOQ)* yang ditunjukkan adanya hasil dari perhitungan biaya yang di keluarkan oleh perusahaan yaitu sebesar Rp 3.995,16. Adapun durasi yang akan habis yang dikonsumsi perusahaan dengan perhitungan metode *economic order quantity (EOQ)* adalah 30,41 hari, dan titik pemesanan kembali atau *reorder point* yaitu sebanyak 108,9 unit.
2. Perencanaan pembelian bahan baku toner dengan penggunaan metode MRP pertama dilakukan pada bulan Januari & di jadwalkan kedatangannya pada bulan Februari. Perencanaan pembelian bahan baku toner kedua terjadi pada bulan Mei & di jadwalkan kedatangannya pada bulan Juni. Perencanaan pembelian bahan baku toner ketiga terjadi pada bulan September & di jadwalkan kedatangannya pada bulan Oktober.

5.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan diatas dapat diambil analisis sebagai dasar untuk memberikan saran kepada CV Oriton sebagai bahan pertimbangan untuk mengambil kebijakan pada perusahaan dalam pengelolaan manajemen persediaan atau *management inventory* sebagai berikut:

1. CV Oriton hendaknya menerapkan metode *economic order quantity* dalam menentukan jumlah pembelian material bahan baku toner yang di dalam penelitian kerja praktek ini memberikan hasil yang jauh lebih efektif & efisien pada pengelolaan manajemen persediaan dibandingkan dengan kebijakan perusahaan.
2. CV Oriton hendaknya menerapkan metode *material requirement planing* (MRP) dalam dibulan apa perusahaan akan melakukan perencanaan pembelian & jadwal kedatangan nya.
3. Pada frekuensi pemesanan hendaknya di lakukan dalam satu periode satu tahun sebanyak 2,6 kali agar menghemat biaya pengeluaran untuk pembelian dalam satu periode.
4. Perusahaan hendaknya menerapkan sistem *reorder point* atau titik pemesanan kembali untuk mengantisipasi keterlambatan dan *under stocking* atau kurangnya persediaan pada pengelolaan manajemen persediaan.

Daftar pustaka

- Bloomberg, J., Lemay, S. & Hanna B. (2002), *Logistics, Prentice Hall*, New Jersey, USA, pp. 136–137.
- D.T. Johns dan H.A. Harding (2001). *Management Production* Yogyakarta: UGM.
- Fadhila, & Diansyah. (2018). *Media Studi Ekonomi* Volume 21 No. 1 Januari - Juni 2018 (1), 1–9.
- Harsanto, Budi. 2013. *Dasar Ilmu Manajemen Operasi*. Sumedang: Unpad press.
- Kasmir. 2013. *Pengantar Manajemen Keuangan*. Jakarta: Kencana.
- L Daft, Richard. (2006). *Manajemen*. Jakarta: Salemba Empat.
- Lysons K. & Farrington B. (2012), *Purchasing and Supply Chain Management*, Harlow: Pearson Education Limited.
- Manullang. 2005. *Pengantar Manajemen Keuangan*. Yogyakarta: ANDI.
- Martin and Pretty. 1996. *Inventory Management* Jakarta: Erlangga.
- Martono, Hartito. 2002. *Manajemen Keuangan. Edisi Pertama*, Yogyakarta: Ekonisia.
- Maulana, A. (2015). *Baku Susu Sapi Murni Dengan Menggunakan Metode Economic Order Quantity Pada Soto Sedgeep*.
- Miller R. (2010), *Inventors Control: Theory and Practice*, New Jersey: Prentice Hall.
- Olhager J. (2013), *Evolution of Operations Planning and Control: From Production to Supply Chains. International Journal of Production Research*, Vol. 51, No. 23–24, pp. 6836–6843.
- Phapros, P. T. (2016). *Penerapan Material Requirement Planning (MRP) dengan Mempertimbangkan Lot Sizing dalam Pengendalian Bahan*. 15(1), 77–86.
- Putri, D. S. (2016). *Analisis pengendalian persediaan bahan baku dengan menggunakan metode economic order quantity (EOQ) Pada perusahaan jenang muria jaya kudus. Jurusan Manajemen Fakultas Ekonomi Universitas Negeri Semarang* 2016.
- Riza, M., & Purba, H. (2018). *The implementation of economic order quantity for reducing inventory cost. Research in Logistics and Production*, 8 (3), 207–216. <https://doi.org/10.21008/j.2083-4950.2018.8.3.1>
- Surnedi, Y. (2010). *Analisis manajemen persediaan dengan metode eoq pada optimalisasi persediaan bahan baku kain di pt. new suburtex*.
- Weiss, H.J. 2005. *POM for Windows Version 3 Manual*, USA: Pearson Prentice Hall.
- Yuwono, B., & Istiani, P. 2007. *Panduan menggunakan POM for Windows*. Jogjakarta: UPN.

RANCANGAN TRANSPORTASI TABUNG ELEKTROMAGNETIK SEBAGAI PENGANGKUT BARANG *ONLINE*

Betha Sanjaya

Universitas Veteran Bangun Nusantara
Sukoharjo

bethagammasanjaya@gmail.com

Syamsiyatu Rohmah

Universitas Veteran Bangun Nusantara
Sukoharjo

Syamsiyaturohmah796@gmail.com

Weli Umiyati

Universitas Veteran Bangun Nusantara
Sukoharjo

weliuumiyati99@yahoo.com

Mathilda Sri Lestari, ST., M.Sc.

Universitas Veteran Bangun Nusantara
Sukoharjo

mathilda3015@gmail.com

Abstract : *Transportation of goods in Indonesia is still dominated by land transportation, using trucks or other fleets. Each vehicle has a classification when operating on the road. However, it often exceeds the volume of transportation for goods transportation which causes high road loads with the amount of cargo carried by trucks exceeding the specified capacity. This condition ultimately causes road damage, congestion, and other impacts such as waste of fuel and pollution that increases gas emissions. So that there is an increase in the cost of transporting goods and has an impact on online businesses in determining the very high cost of shipping goods. The high level of online transactions encourages the emergence of various online payment systems in the world. Based on these problems, we designed an electromagnetic capsule that carries goods online with efficient electrical energy conversion and has a high speed of movement. This electromagnetic capsule technology with an electric conversion system as its power source and its ejection uses a magnetic field as a driving force so that the capsule can slide freely in a vacuum tube. With this technology, it does not require petroleum fuel and makes online freight transport vehicles faster and more efficient. The idea proposed using the basic material of Faraday induction is where a change in the magnetic field can induce an electromotive force or emf on a coil of wire, the emf energy will be given to each electric charge to move between the two poles of the electric power supply and have units of volts and emf is what makes electrons move and generate electricity. The idea is expected to be an alternative solution to reduce the increase in the cost of shipping goods, as an energy-efficient freight vehicle, speeding up the time of moving goods from one area to another quickly and easily. expand the distribution of goods throughout Indonesia.* **Keywords:** *Transportation, online goods, electromagnetic*

Abstrak : *Transportasi barang di Indonesia masih di dominasi oleh transportasi darat, dengan menggunakan truk maupun armada lainnya. Setiap kendaraan memiliki klasifikasi saat beroperasi di jalan. Tetapi sering melampaui besarnya volume pengangkutan untuk angkutan barang yang menyebabkan tingginya beban jalan dengan jumlah muatan yang diangkut truk melebihi kapasitas yang ditentukan. Kondisi ini pada akhirnya menimbulkan kerusakan jalan, kemacetan, serta dampak lainnya seperti pemborosan bahan bakar dan polusi yang meningkatkan emisi gas. Sehingga terjadi kenaikan tarif biaya pengangkutan barang dan berdampak juga kepada usaha online dalam menentukan biaya ongkos kirim*

pengiriman barang yang sangat tinggi. Tingginya tingkat transaksi online mendorong munculnya beragam sistem pembayaran online di dunia. Dari permasalahan tersebut kami membuat rancangan transportasi tabung elektromagnetik sebagai pengangkut barang online yang efisien dan memiliki kecepatan gerak yang tinggi. Teknologi tabung elektromagnetik ini dengan sistem konversi listrik sebagai sumber dayanya dan pelontarannya menggunakan medan magnet sebagai daya dorong agar tabung dapat meluncur bebas didalam lintasan hampa udara. dengan adanya teknologi ini tidak memerlukan bahan bakar minyak bumi dan membuat kendaraan transportasi pengangkut barang online menjadi lebih cepat dan efisien. Gagasan yang diajukan menggunakan dasar materi induksi faraday yaitu dimana perubahan medan magnet bisa menginduksi gaya gerak listrik atau GGL pada kumparan kawat, energi GGL akan diberikan pada setiap muatan listrik untuk bergerak antara dua kutub sumber daya listrik dan memiliki satuan volt dan GGL inilah yang membuat elektron bergerak dan menghasilkan listrik. Gagasan tersebut diharapkan menjadi solusi alternatif untuk mengurangi kenaikan biaya pengiriman barang, sebagai kendaraan pengangkut barang yang hemat energi, mempercepat waktu perpindahan barang dari suatu wilayah ke wilayah yang lain secara cepat dan dapat memperluas distribusi barang keseluruhan Indonesia.

Kata Kunci : Transportasi, barang online, elektromagnet

1. Pendahuluan

Transportasi sebagai sarana terpenting dalam menunjang kegiatan di berbagai kota, termasuk di Indonesia hampir semua kegiatan manusia tidak lepas dari sarana transportasi, sebagai sarana perpindahan orang maupun barang. Untuk memenuhi kebutuhan manusia yang semakin hari semakin meningkat maka dibutuhkan sarana transportasi yang efektif dan efisien. Transportasi barang di Indonesia masih di dominasi oleh transportasi darat, dengan menggunakan truk maupun armada lainnya. Dalam pengangkutan beban truk terdapat kriteria tertentu menurut kelas jalannya dan menurut dimensi kendaraan maksimum. Klasifikasi jalan dapat dilihat pada sebagai berikut.

Tabel 1.1 Klasifikasi Menurut Kelas Jalan.

Fungsi Kelas Muatan	Sumbu Terberat	MST (ton)
Arteri	I	>10
	II	10
		8
Kolektor	III A	8
	III B	8
Lokal	III C	8

Sumber : Standar Geometri Jalan Perkotaan (ruas jalan), RSNI T-14-2004

Klasifikasi jalan perkotaan menurut dimensi kendaraan maksimum dapat dilihat pada Tabel 1.2 berikut.

Tabel 1.2 Klasifikasi Menurut Dimensi Kendaraan Maksimum

Fungsi	Kelas	Dimensi Kendaraan Maksimum	
		Panjang (m)	Lebar (m)
Arteri	I	18	2,5
	II	18	2,5
	III A	18	2,5
Kolektor	III A	18	2,5
	III B	12	2,5
Lokal	III C	9	2,1

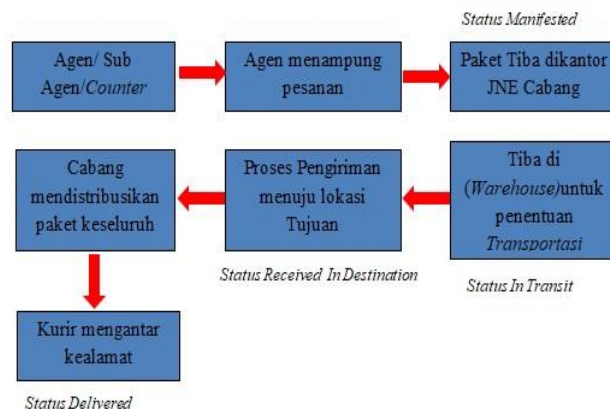
Sumber : Standar Geometri Jalan Perkotaan (ruas jalan), RSNI T-14-2004

Tabel di atas menjelaskan bahwa setiap kendaraan memiliki klasifikasi saat beroperasi di jalan. Tetapi besarnya volume pengangkutan untuk angkutan barang menyebabkan tingginya beban jalan dan jumlah muatan yang diangkut truk melebihi kapasitas yang ditentukan. Kondisi ini menimbulkan kerusakan jalan, kemacetan, serta dampak lainnya seperti pemborosan bahan bakar dan polusi yang meningkatkan emisi gas buang (Kuntadi, 2018). Kenaikan harga bahan bakar ini menimbulkan berbagai permasalahan terutama dalam bidang

transportasi angkutan barang harus meningkatkan tarif biaya pengangkutannya. Kenaikan tarif biaya pengangkutan barang berdampak juga kepada usaha *online* dalam menentukan biaya ongkos kirim pengiriman barang yang sangat tinggi. Potensi belanja *online* di Indonesia semakin berkembang pesat. Terbukti Indonesia telah menjadi pasar untuk perdagangan online atau *e-commerce* terluas di Asia Tenggara. Pertumbuhan pesat pangsa pasar *e-commerce* di Indonesia menarik perhatian masyarakat. Dengan jumlah pengguna internet yang mencapai angka 82 juta orang atau sekitar 30% dari total penduduk di Indonesia, pasar *e-commerce* menjadi tambang emas yang sangat menggoda bagi sebagian orang yang bisa melihat potensi ke depannya. Pertumbuhan ini didukung dengan data dari Menkominfo yang menyebutkan bahwa nilai transaksi *e-commerce* pada tahun 2013 mencapai angka Rp130 triliun. Ketertarikan masyarakat tersebut disebabkan 5 kemudahan belanja online antara lain, beragam produk tersedia dengan deskripsinya, berbagai macam pembayaran produk tersedia, jangkauan pengiriman barang semakin luas, dapat diakses melalui berbagai media, dan tersedia berbagai promo menarik (Pasha, 2017).

Tingginya tingkat transaksi *online* mendorong munculnya beragam sistem pembayaran *online* di dunia. Pembayaran kini menjadi semakin mudah dengan adanya beragam metode pembayaran online yaitu dengan metode pembayaran melalui transfer bank dan metode pembayaran melalui kartu kredit. Selain itu, cara ini juga paling familiar dan dikenal oleh banyak orang dari berbagai kalangan di tanah air. Pembayaran dapat melalui *mobile banking*, *internet banking*, dan ATM. Sedangkan metode pembayaran kartu kredit mudah untuk digunakan dan hampir semua toko baik dalam maupun luar negeri menyertakan kartu kredit sebagai alat pembayaran (Nugraha, 2019).

Meningkatnya bisnis online saat ini menumbuhkan prospek bisnis jasa pengiriman atau ekspedisi. Menurut data dari ASPERINDO (Asosiasi Perusahaan Jasa Pengiriman Ekspres, Pos dan Logistik Indonesia) tak kurang ada sekitar 167 perusahaan pengiriman (ekspedisi) yang terdaftar di Indonesia. Namun hanya sedikit yang mencapai market share di dalam bisnis ini beberapa diantaranya adalah PT. Pos Indonesia, JNE, TIKI, RPX Holding, Wahana dan Pandu Logistic. Misalkan proses pengiriman barang yang menggunakan JNE terdiri dari beberapa proses yang dapat dilihat pada gambar 1.1.



Sumber : <https://dionbarus.com/info-lengkap-proses-pengiriman-barang-jne/>.

Gambar 1.1 Proses Pengiriman Barang Menggunakan JNE.

Pengiriman paket dari sub agen akan melalui proses pengiriman barang dari agen menuju ke kantor cabang JNE dan memerlukan waktu yang lama untuk proses pengiriman ke penerima. Jika alamatnya terletak di luar ibu kota provinsi atau kabupaten maka dapat dipastikan barang akan tertahan dulu di kantor cabang atau agen atau perwakilan JNE sebelum di distribusikan yang menjadikan proses pengiriman menjadi lama (Barus, 2017).

Dari permasalahan diatas kami membuat rancangan tabung elektromagnetik pengangkut barang online dengan konversi energi listrik yang efisien dan memiliki kecepatan gerak yang tinggi. Teknologi tabung elektromagnetik ini dengan sistem konversi listrik sebagai sumber dayanya dan pelontarannya menggunakan medan magnet sebagai daya dorong agar tabung dapat meluncur bebas didalam tabung hampa udara. Cara kerja tabung elektromagnetik dari generator listrik yang berfungsi sebagai sumber arus listrik kemudian dikonversikan menggunakan inverter untuk menaikkan tegangan listrik dan kuat arus listrik. Peningkatan tegangan listrik tersebut bertujuan untuk menghasilkan gaya medan magnet yang sangat tinggi dan nantinya dihantarkan ke kumparan yang ada disekeliling tabung. Kumparan didalam tabung yang sudah dialiri listrik akan menghasilkan medan magnet yang sangat tinggi kemudian akan mendorong magnet pada sisi depan dan belakang tabung yang menyebabkan tabung terlempar dengan kecepatan yang sangat tinggi. Gerakan laju tabung ini mengerakan spindel pada generator listrik sebagai sistem konversinya, jadi tabung ini sangat efisien tanpa menggunakan bahan bakar.

Rute lintasan tabung elektromagnetik berada di atas tanah atau di dalam tanah. Rute Lintasan yang akan dibuat dari Jakarta, Semarang, Surabaya, Yogyakarta, Serang Banten kembali ke Jakarta.

Tabung ini dapat meluncur dengan kecepatan tinggi karena berada didalam tabung hampa yang bebas dari gaya gesek udara dengan jarak tempuh 1000 kilometer perjam. Tujuan dari penelitian ini,

diharapkan Tabung elektromagnetik pengangkut barang online dengan konversi energi listrik mengefisiensikan jarak tempuh menjadi lebih cepat, hemat energi, ramah lingkungan dan mengatasi

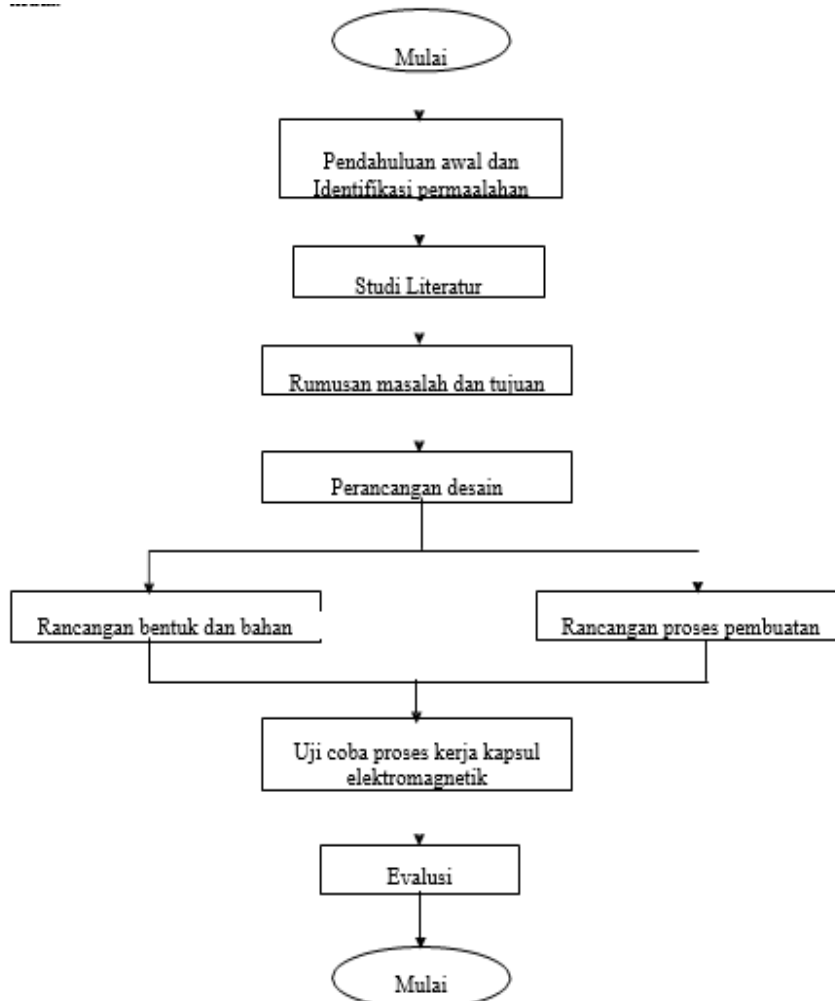
krisis

bahan

bakar

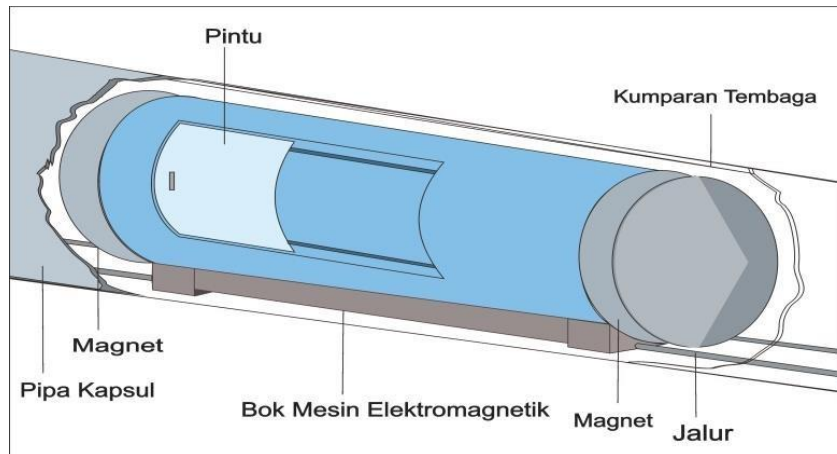
2. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode penelitian kepustakaan (Library Research), yaitu jenis penelitian yang dilakukan dengan menelaah dan menggunakan bahan- bahan pustaka. Tahapan selanjutnya yaitu menetapkan tujuan yang akan dicapai. Berikut flowchart rancangan transportasi tabung elektromagnetik pengangkut barang online dengan konversi energi listrik.

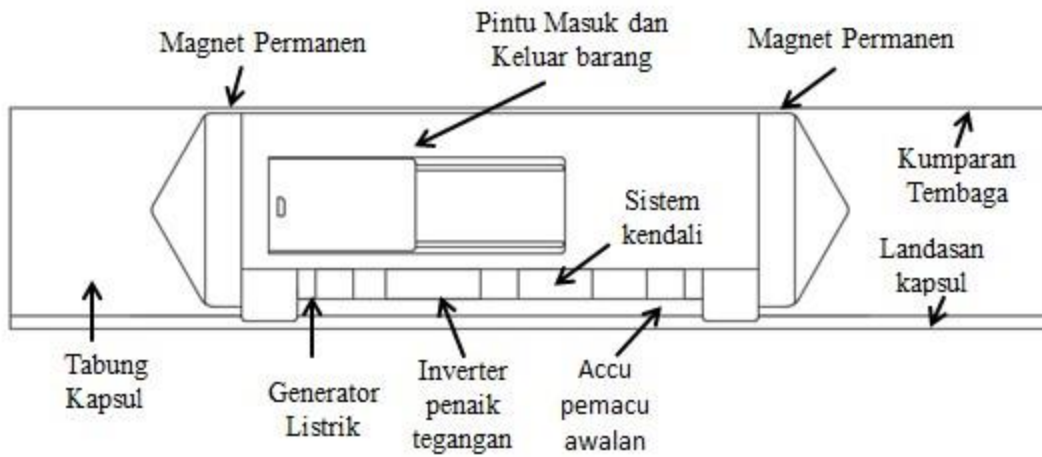


Gambar 2.1 Flowchart Rancangan Tabung Elektromagnetik

Berikut merupakan rancangan bentuk tabung elektromagnetik pada gambar 2.2 dan rancangan bahan pada gambar 2.3 yang akan digunakan dalam pembuatan tabung elektromagnetik.



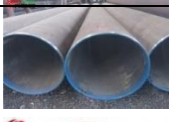


Gambar 2.2 Rancangan bentuk Transportasi Tabung Elektromagnetik



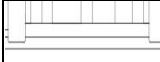




Gambar 2.3 Rancangan Transportasi Tabung Elektromagnetik

Bahan yang digunakan dalam pembuatan Transportasi Tabung Elektromagnetik Pengangkut Barang *Online* dengan Konversi Energi Listrik yaitu dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Bahan untuk pembuatan Transportasi Tabung Elektromagnetik.

	<p>Tabung Tabung menggunakan diameter 8 meter sebagai tempat lintasan tabung</p>
	<p>Kumparan tembaga digunakan sebagai induksi magnet yang akan mendorong tabung karena persamaan kutup medan magnet.</p>
	<p>Generator listrik digunakan untuk menghasilkan energi listrik dengan memanfaatkan pergerakan tabung</p>

	<p>Inverter Penaik tegangan berfungsi untuk menaikkan tegangan arus yang dihasilkan oleh generator</p>
	<p>Accu Pemacu awalan berfungsi sebagai pemacu awalan pegerakan tabung yang nantinya jika sudah memiliki ketetapan energi untuk dikonversikan.</p>
	<p>Landasan Kaspul berfungsi sebagai lintasan tabung agar tabung tetap berjalan dalam lintasanya.</p>
	<p>Sistem Kendali yang didalamnya terdapat komponen pengontrol yang berfungsi mengatur kecepatan laju tabung dan mengatur perhentian tabung.</p>
	<p>Pintu Masuk berfungsi untuk tempat memasukkan barang- barang yang nantinya disusun didalam rak barang yangng berada didalam tabung.</p>

3. Hasil

3.1 Kondisi Kekinian Pencetus Gagasan

Gagasan ini diperoleh dari permasalahan transportasi barang di Indonesia yang masih belum efektif dan efisien. Di Indonesia transportasi barang masih di dominasi oleh angkutan jalan, kondisi tersebut mengakibatkan sering terjadi kecelakaan lalu lintas dan kerusakan jalan. Selain itu, transportasi jalan yang mengangkut barang dengan jumlah banyak dapat menimbulkan kerugian ekonomi, tidak ramah lingkungan akibat kemacetan dan dapat meningkatkan emisi gas terbuang. Hal tersebut mengakibatkan proses pengiriman barang menjadi lama dan meningkatkan penggunaan minyak bumi secara terus-menerus akan menghabiskan persediaan minyak bumi (Tambunan, 2017).

3.2 Solusi yang Pernah Ditawarkan

Pengelolaan pemerintah dalam bidang transportasi belum melakukan tindakan yang terlalu signifikan, Pemerintah hanya membangun jalan tol dari tiap wilayah kewilayah lain tetapi masih banyaknya keterlambatan saat pengiriman barang yang dikarenakan kemacetan saat masuk kepintu tol menjadikan pengiriman berjalan lambat.

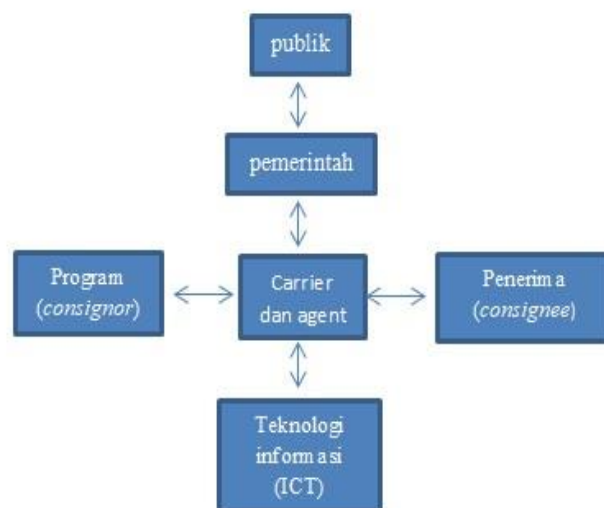
3.3 Gagasan yang Diajukan

Dengan adanya Transportasi Tabung Elektromagnetik Pengangkut Barang Online Dengan Konversi Energi Listrik dapat di terapkan di masa depan untuk memperbaiki transportasi pengangkut barang yang lebih efektif dan efisien dan ramah lingkungan. Dalam prinsipnya menggunakan dasar materi induksi faraday yaitu dimana perubahan medan magnet bisa menginduksi gaya gerak listrik atau GGL pada kumparan kawat, energi GGL akan diberikan

pada setiap muatan listrik untuk bergerak antara dua kutub sumber daya listrik dan memiliki satuan volt dan GGL inilah yang membuat elektron bergerak dan menghasilkan listrik.

3.4 Pihak-Pihak yang Terlibat

1. Pemerintah (*government*) berperan dalam transportasi melalui penyediaan infrastruktur yang dibutuhkan, seperti pembangunan transportasi, dan pelayanan pemerintah untuk menyelenggarakan transportasi dalam rangka mendorong pertumbuhan ekonomi dan kesejahteraan masyarakat.
2. Masyarakat (*public*) adalah Pihak terakhir dalam sistem transportasi adalah publik. Publik berkepentingan terhadap kebutuhan transportasi yang dapat dijangkau dengan mudah, biaya yang murah, aman, selamat, dan memperhatikan keberlanjutan lingkungan. Secara tidak langsung, publik menciptakan permintaan jasa transportasi dengan cara pembelian produk-produk.
3. Pengirim (*shipper*) dan Penerima (*receiver*) adalah pihak-pihak yang memerlukan pergerakan produk antara dua lokasi dalam rantai pasok.
4. Perusahaan penyedia jasa transportasi (*carrier dan agent*) berperan melakukan koordinasi waktu pengambilan dan pengantaran barang.
5. ICT diperlukan untuk menyediakan informasi yang akurat dan real-time antara pelanggan dan pemasok atau antara pengirim dan penerima.

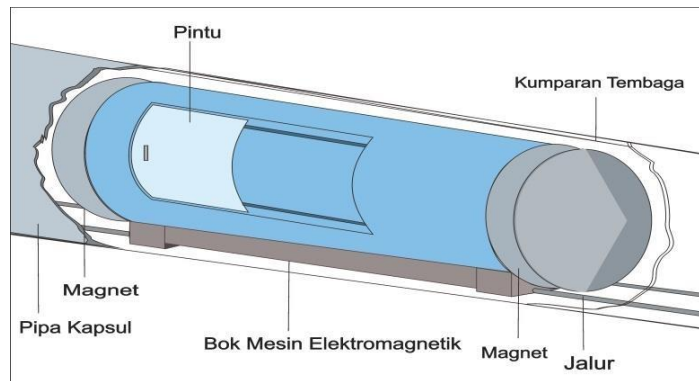


Gambar 3.1 Pihak-Pihak yang Terlibat dalam Transportasi

3.5 Langkah- Langkah Strategi

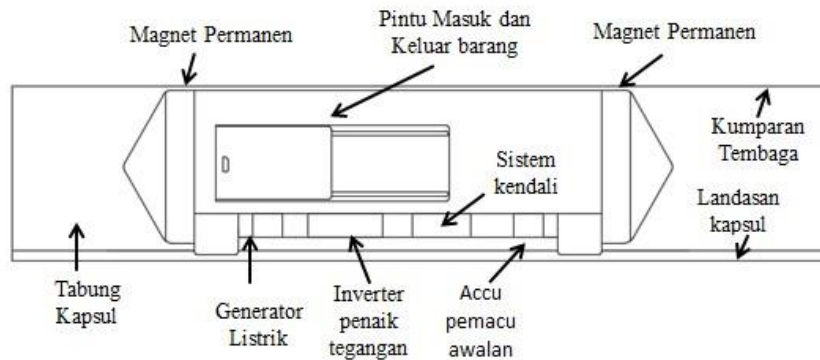
Langkah strategis perlu direncanakan dengan matang agar gagasan ini dapat terealisasi dengan baik, yaitu:

1. Merancang bentuk tabung elektromagnetik yang akan dibuat.



Gambar 3.2 Bentuk Transportasi Tabung Elektromagnetik.

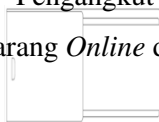
2. Merancang bahan yang akan digunakan dalam pembuatan tabung elektromagnetik.



Gambar 3.3 Rancangan Transportasi Tabung Elektromagnetik.

Bahan yang digunakan dalam pembuatan Transportasi Tabung Elektromagnetik Pengangkut

Barang *Online* dengan Konversi Energi Listrik yaitu dapat dilihat pada tabel 3.1.



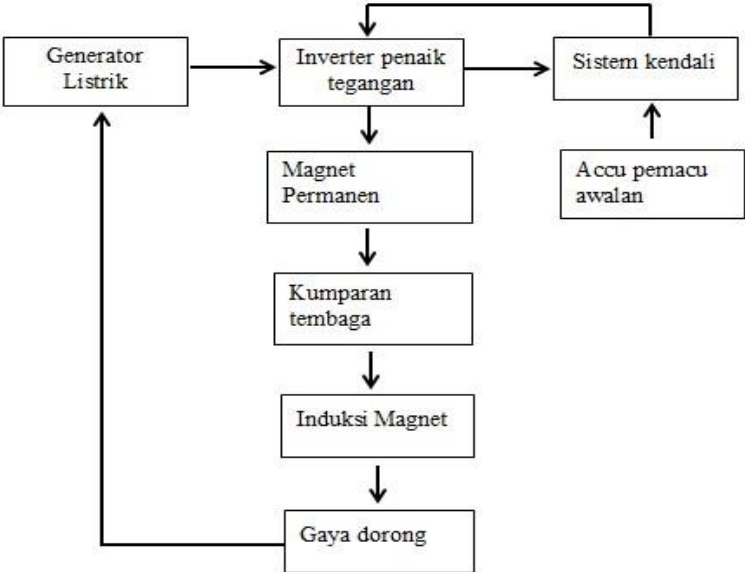
Tabel 3.1 Bahan untuk pembuatan Transportasi Tabung Elektromagnetik.

	Tabung lintasan menggunakan diameter 8 meter sebagai tempat lintasan tabung pengangkut barang.
	Kumparan tembaga digunakan sebagai induksi magnet yang akan mendorong tabung karena persamaan kutub medan magnet.
	Generator listrik digunakan untuk menghasilkan energi listrik dengan memanfaatkan pergerakan tabung
	Inverter penaik tegangan berfungsi untuk menaikkan tegangan arus yang dihasilkan oleh generator
	Accu pemacu awalan berfungsi sebagai pemacu awalan peegerakan tabung yang nantinya jika sudah memiliki ketetapan energi untuk dikonversikan.
	Landasan tabung berfungsi sebagai lintasan tabung agar tabung tetap berjalan dalam lintasanya.
	Sistem kendali yang didalamnya terdapat komponen pengontrol yang berfungsi mengatur kecepatan laju tabung dan mengatur perhentian tabung.
	Pintu masuk berfungsi untuk tempat memasukkan barang- barang yang nantinya disusun didalam rak barang yangng berada didalam tabung.

3. Langkah-Langkah Pembuatan tabung elektromagnetik. Adapun langkah-langkah yang harus dilakukan dalam pembuatan Transportasi Tabung Elektromagnetik Pengangkut Barang Online sebagai berikut :

- a. Siapkan alat-alat yang akan dibuat.
- b. Pembuatan tabung yang terbuat dari besi berdiameter 8 meter dengan panjang sesuai jarak antar wilayah yang akan dituju.
- c. Hubungkan tiap tabung yang satunya dengan tabung yang lain sampai jarak yang telah ditentukan.
- d. Pembuatan Tabung sesuai dengan desain gambar.
- e. Buat Lintasan tabung yang terdapat dibagian dalam tabung bagian bawah.
- f. Pemasangan komponen-komponen seperi generator listrik, inverter, rangkaian sistem kendali,dan *accu/* aki yang nantinya diletakkan dibagian bawah tabung.
- g. Pemasangan magnet permanen pada bagian sisi depan dan belakang tabung dan gesekan penghubung kumparan yang ada dibagian dalam tabung..
- h. Perakitan kelistrikan komponen- komponen dengan uritan bagan yang ada digambar.

4. Cara kerja Transportasi Tabung Elektromagnetik Pengangkut Barang Online dengan Konversi Energi Listrik.



Gambar 3.4 Sistem Kerja Transportasi Tabung Elektromagnetik

. Cara kerja tabung elektromagnetik yaitu generator listrik yang berfungsi sebagai sumber arus listrik kemudian di konversikan menggunakan inverter untuk menaikkan tegangan listrik dan kuat arus listrik. Peningkatan tegangan listrik tersebut bertujuan untuk menghasilkan gaya medan magnet dan nantinya dihantarkan ke kumparan yang ada disekeliling tabung. Kumparan didalam tabung yang sudah dialiri listrik akan menghasilkan medan magnet yang sangat tinggi kemudian akan mendorong magnet pada sisi depan dan belakang tabung yang menyebabkan tabung terlempar dengan kecepatan yang sangat tinggi. Gerakan laju tabung ini mengerakan spindel pada generator listrik sebagai sistem konversinya, jadi tabung ini sangat efisien tanpa menggunakan bahan bakar dan sumber daya listrik dari luar atau listrik PLN.

5. Mensosialisasikan inovasi baru transportasi tabung elektromagnetik pengangkut barang online yang akan di terapkan di Indonesia:

Tahap 1: Memberitahukan ide gagasan kepada pemerintahan agar dapat menjadi rekomendasi kendaraan pengangkut barang online yang lebih cepat dan efisien.

Tahap 2: Mengembangkan kerja sama dan agenda transisi, karena kompleksnya masalah yang akan dihadapi dalam pengerjaan gagasan ini, maka diperlukan kerja sama yang baik antara pihak-pihak yang berkemampuan menyelesaikannya. Kerja sama yang dimaksud dapat berupa konsultan, kerja sama pengerjaan proyek maupun penyimpanan informasi.

Tahap 3: Menggerakan pihak-pihak yang terlibat dalam melaksanakan gagasan ini.

Tahap 4: Evaluasi, Monitoring dan pembelajaran. Kesulitan dan pengalaman yang ada dalam menciptakan dan penggunaan ini agar menjadi pembelajaran dari model atau sistemnya untuk kedepannya.

4. Kesimpulan, Implikasi, dan Keterbatasan

4.1 Gagasan yang Diajukan

Dari pembahasan diatas dapat disimpulkan bahwa, transportasi tabung elektromagnetik pengangkut barang online menjadi solusi terbaik dalam permasalahan transportasi yang masih kurang efektif cepat dan efisien. Dilihat dari segi manfaat dan kegunaan, gagasan ini layak diimplementasikan. Selain itu, dengan adanya transportasi tabung elektromagnetik pengangkut barang online dapat menggerakan roda perekonomian secara efisien dan merata diseluruh indonesia.

4.2 Teknik Implementasi

Dalam proses implementasinya, pemerintah dapat segera memberikan ijin dan memfasilitasi pembuatan transportasi tabung elektromagnetik pengangkut barang online sebagai bentuk dukungan agar sektor bidang transportasi diindonesia semakin maju dan memperluas distribusi barang semakin cepat dan efisien.

4.3 Prediksi Hasil

Apabila gagasan dapat diimplementasikan maka diprediksi bahwa gagasan dapat:

1. Mengurangi kenaikan biaya pengiriman barang karena daya tempuh yang jauh dapat ditempuh dengan waktu yang cepat.
2. Sebagai kendaraan pengangkut barang yang hemat energi dan ramah lingkungan karena tidak menghasilkan polusi atau emisi gas buang melainkan dengan sumber daya konversi listrik.
3. Mempercepat waktu perpindahan barang dari suatu wilayah ke wilayah yang lain secara cepat.
4. Memperluas distribusi barang

Daftar Pustaka

- Asyrof, A. 2016. *Standar Geometri Jalan Perkotaan (ruas jalan)*, RSNI T-14-2004. URL: <http://eprints.polsri.ac.id/3680/3/BAB%20II.pdf> . Diakses tanggal 2 Agustus 2021.
- Barus, D. 2017. *Info Lengkap Proses Pengiriman Barang JNE*. URL: <https://dionbarus.com/info-lengkap-proses-pengiriman-barang-jne/> . Diakses tanggal 2 Agustus 2021.
- Kuntadi, C 2018. *Angkutan Barang Urgensi Alih Moda Angkutan Barang*. URL: <https://koran.bisnis.com/read/20180305/251/745832/angkutan-barang-urgensi-alih-moda-angkutan-barang#> . Diakses tanggal 2 Agustus 2021.
- Nugraha, D. 2019. *3 Jenis Sistem Pembayaran Online Yang Sering Digunakan E-Commerce*. URL: <https://www.paper.id/blog/finansial-umkm/sistem-pembayaran-online-2/> . Diakses tanggal 2 Agustus 2021.
- Pasha, R.M. 2017. *Lima Kemudahan Belanja Online*. URL: <https://blog.syarq.com/simak-5-kemudahan-belanja-online-untuk-dapatkan-penawaran-terbaik-5c16bc0ef79a> . Diakses tanggal 2 Agustus 2021.
- Tambunan, E. 2017. *Darurat Transportasi Logistik*. URL: <https://www.tubasmedia.com/darurat-transportasi-logistik/#.Xfr34fyyTIU>. Diakses tanggal 2 Agustus 2021. seluruh Indonesia

Rancangan Sistem Irigasi di Sektor Pertanian dengan Pemanfaatan Energi Alternatif Angin

Sulfitia Aurora Zahra

Universitas Veteran Bangun Nusantara
sulfitaaurorazahra@gmail.com

Lukman Budi Raharjo

Universitas Veteran Bangun Nusantara
lukmanbudi429@gmail.com

Yudha Adhi Prasetya

Universitas Veteran Bangun Nusantara
Tlgombez01@gmail.com

Ainur Komariah

Universitas Veteran Bangun Nusantara
ainurkomariah.ak@gmail.com

***Abstract :** The agricultural sector in Indonesia is growing rapidly. The development in Indonesia's agricultural sector is inseparable from the availability of abundant Natural Resources (SDA). However, the availability of abundant natural resources is still not optimal in its utilization. Seen in the irrigation system in Indonesia's agricultural sector which is still using diesel engines. The use of a diesel engine as an irrigation system tends to be less effective if used continuously because it will have a major impact on the environment. In addition, the sustainable use of diesel engines will also threaten the depletion of fossil energy availability because a large enough fuel oil is needed to drive the diesel engine. For this design to work properly, this system requires technology for the installation of turbines and generator sets around farmland and wind energy. This wind energy will drive a turbine to transfer electrical energy to a generator so that it is able to drive a water pump to produce water that will be used as an irrigation system on agricultural land. irrigation system with diesel engine. This is because the availability of wind energy is unlimited so that if it can be used sustainably. On the other hand, the use of wind energy can reduce carbon dioxide gas emissions into the air and save fuel costs and help the government in achieving the SDGs, namely in economic growth and reducing energy waste.*

Keywords : Energy, Wind, Irrigation System

Abstrak : Sektor pertanian di Indonesia semakin hari semakin pesat. Perkembangan di sektor pertanian Indonesia ini tidak terlepas dari ketersediaan Sumber Daya Alam (SDA) yang melimpah. Namun, ketersediaan SDA yang melimpah ini masih belum optimal dalam pemanfaatannya. Terlihat pada sistem irigasi di sektor pertanian Indonesia yang selama ini masih menggunakan mesin diesel. Penggunaan mesin diesel sebagai sistem irigasi ini cenderung kurang efektif apabila digunakan terus-menerus karena akan berakibat besar salah satunya terhadap lingkungan. Selain itu, penggunaan mesin diesel yang berkelanjutan juga akan mengancam menipisnya ketersediaan energi fosil karena diperlukan bahan bakar minyak yang cukup besar untuk menggerakkan mesin diesel. Untuk mengatasi hal tersebut, maka diperlukan rancangan dalam pengalokasian sistem irigasi dengan pemanfaatan energi alternatif angin. Agar rancangan ini bisa berjalan dengan baik, sistem ini membutuhkan teknologi untuk pemasangan turbin-turbin beserta generator set di sekitar lahan pertanian dan energi angin. Energi angin ini akan menggerakkan turbin untuk transfer energi listrik ke generator sehingga mampu menggerakkan pompa air untuk menghasilkan air yang akan digunakan sebagai sistem irigasi di lahan pertanian. Rancangan sistem irigasi di sektor pertanian dengan pemanfaatan energi alternatif angin ini jika berhasil diterapkan akan jauh lebih efektif daripada sistem irigasi dengan mesin diesel. Hal tersebut dikarenakan ketersediaan energi angin yang ketersediannya tak terbatas sehingga apabila dapat digunakan secara berkelanjutan. Di sisi lain, dengan pemanfaatan energi angin ini dapat menekan emisi gas karbondioksida ke udara dan menghemat pengeluaran biaya bahan bakar serta membantu pemerintah dalam mencapai SDGs yaitu dalam pertumbuhan ekonomi dan mengurangi pemborosan energi.

Kata kunci : Energi, Angin, Sistem Irigasi

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Indonesia disebut sebagai negara agraris dimana mayoritas mata pencaharian penduduknya adalah sebagai petani. Sektor pertanian Indonesia yang semakin hari semakin besar juga dapat memberikan dampak positif tidak hanya untuk urusan dalam negeri, tetapi juga luar negeri. Semakin pesatnya sektor pertanian ini juga dapat berimbas pada pertumbuhan ekonomi Indonesia yang terus berkembang pesat setiap tahunnya ke arah yang lebih baik. Hal ini terlihat sangat jelas pada tahun 2018, khususnya dari sektor pertanian. Hingga tahun 2018, pertumbuhan pertanian di Indonesia mencapai angka di atas 9% yang menunjukkan bahwa ini termasuk angka yang positif (Badan Koordinasi Penanaman Modal, 2018). Berdasarkan catatan Badan Pusat Statistik (BPS), pada triwulan II 2017, sektor pertanian terus memberi kontribusi positif untuk perekonomian Indonesia. Menurut BPS, terlihat bahwa besaran Produk Domestik Bruto (PDB) Indonesia mencapai Rp 3.366,8 triliun (ekonomi.kompas.com, 2017).

Pertumbuhan sektor pertanian di Indonesia ini juga tidak terlepas dari pengaruh ketersediaan Sumber Daya Alam yang sangat melimpah. Sumber Daya Alam ini memiliki peranan sangat penting dalam pembangunan nasional, baik sebagai penyedia bahan baku, pembangunan ekonomi maupun sebagai pendukung sistem kehidupan. Oleh karena itu, agar pembangunan serta keberlangsungan kehidupan manusia ini dapat terjaga dan lestari hingga masa depan yang akan datang diperlukan pengelolaan Sumber Daya Alam dengan bijaksana. Untuk menghadapi masa depan sebuah bangsa sangat ditentukan oleh tiga faktor strategis, yakni sektor pangan, energi, dan sumber daya air (m.mediaindonesia.com,2020).

Namun, ketersediaan SDA yang melimpah ini ternyata masih belum optimal dalam pemanfaatannya. Banyak petani kesulitan hadapi musim tanam karena harus bersusah payah memenuhi kebutuhan air pada tanaman mereka supaya hasil panennya tidak gagal. Hal ini disebabkan oleh keterbatasan di bidang teknologi sehingga belum bisa memanfaatkan secara maksimal potensi sumber daya alam yang dimiliki. Untuk menghadapi hambatan-hambatan dalam pemanfaatan sumber daya alam maka diperlukan paradigma yang baru baik dari pemerintah, pengusaha maupun rakyat sehingga mampu mengatasi permasalahan yang ada sekarang ini.

Sebenarnya, untuk menghadapi masalah ini telah ditemukan beberapa cara untuk menyelesaikan masalah ini yaitu menggunakan mesin pompa diesel , akan tetapi masih banyak para petani yang mengeluh, karena penggunaan peralatan pompa air diesel ini dapat menghabiskan banyak biaya bahan bakar minyak. Dikhawatirkan apabila penggunaan bahan bakar dilakukan secara terus-menerus akan berdampak menipisnya sumber daya minyak yang mana merupakan sumber daya alam yang tidak dapat diperbarui.

Oleh sebab itu, penggunaan bahan bakar minyak berlebih ini harus ada tindakan lebih lanjut untuk mengatasinya. Pemanfaatan energi alternatif angin yang merupakan energi tak terbatas ini dapat dimanfaatkan dalam penggunaan energi alternatif angin yang berfungsi untuk menghidupkan

pompa air pengganti mesin diesel. Rancangan ini dapat dilakukan secara berkelanjutan untuk mengurangi emisi gas karbondioksida ke udara dan menghemat pengeluaran biaya bahan bakar.

Dengan menggunakan energi alternatif angin ini diharapkan dapat menjadi solusi bagi para petani saat musim kemarau tiba agar tetap meningkatkan hasil panen. Di sisi lain juga bisa membantu pemerintah dalam mencapai salah satu tujuan pembangunan berkelanjutan yaitu dalam pertumbuhan ekonomi dan mengurangi pemborosan energi.

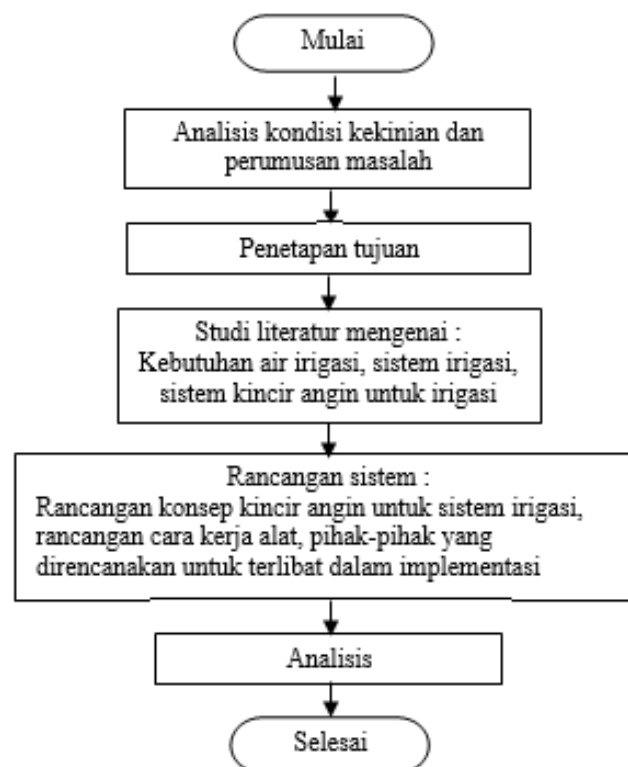
1.2. Tujuan

Tujuan pembuatan rancangan pembangkit listrik tenaga angin guna menghidupkan pompa air adalah sebagai berikut:

- a. Mampu memasok ketersediaan air ketersediaan air di saat musim kemarau
- b. Memberikan akses kemudahan bagi para petani dalam proses pengairan lahan pertanian
- c. Mungurangi penggunaan bahan bakar yang berlebih yang dapat mengakibatkan pemborosan energi fosil yang ketersediaan terbatas
- d. Menjaga stabilitas pertanian pada saat musim kemarau
- e. Menjaga stabilitas aliran air

1.3 Metode Penelitian

Diagram alir metode penelitian perancangan sistem irigasi di sektor pertanian dengan pemanfaatan energi alternatif angin tertera dalam Gambar 1



Gambar 1. Diagram alir penelitian

3. Hasil

3.1. Kondisi Kekinian Pencetus Gagasan

Kesulitan yang di hadapi petani adalah pada saat musim tanam para petani harus bersusah payah memenuhi kebutuhan air pada tanaman mereka supaya hasil panennya tidak gagal. Bagi petani yang lahan pertanian berdekatan dengan pemukiman dapat memanfaatkan pompa air menggunakan mesin diesel untuk mengalirkan air ke lahan-lahan pertanian. Namun bagi petani yang lahan pertanian jauh dari pemukiman harus bersusah payah mengangkat air dari sumur untuk menyiram tanaman mereka (Zulfadli, Teuku. Andi Mulan,2019). Di sisi lain, kebutuhan bahan pangan di Indonesia terus meningkat setiap tahunnya. Hal itu dikarenakan pertumbuhan penduduk yang juga terus meningkat. Namun, adanya peningkatan kebutuhan pangan ini tidak diimbangi dengan banyaknya produktivitas pangan sehingga kerap terjadi kekurangan pasokan bahan pangan yang mengakibatkan tingginya tingkat import beras. Tingkat produktivitas pangan ini bisa terjadi karena kondisi iklim di Indonesia yang setiap kurun waktu pasti adanya pergantian musim yang tidak mampu dihindari, seperti musim kemarau. Musim kemarau yang berkepanjangan mampu menyebabkan menurunnya hasil tani di sektor pertanian. Menurunnya hasil tani ini menyebabkan kebutuhan pangan masyarakat yang belum tercapai sehingga mengakibatkan pemerintah untuk import beras. Badan Pusat Statistik (BPS) mencatat adanya impor beras sebanyak 356.286 ton secara kumulatif sepanjang tahun 2020. Data impor 2020 tercatat berasal dari berbagai negara dengan total nilai \$195,4 juta dollar AS angkat tersebut merupakan akumulasi nilai impor beras ke Indonesia dari Januari-Desember 2020 (Kompas.com,2021).

Perbaikan tata kelola dan produktivitas komoditas pangan harus segera dilakukan untuk menghindari impor beras. Tren impor ini meningkat sejak tahun 2000, dan tahun lalu, impor beras merupakan tertinggi kedua sejak tahun 2000 dengan total impor 2,25 juta ton atau senilai US\$1,003 juta (Rusli,2019). Impor komoditas pangan utama seperti beras ke dalam negeri dinilai berisiko dan menjadi blunder dan tak mencapai sasarannya untuk pendukung ekonomi negara Indonesia (Sahara Djaenudin,2018).

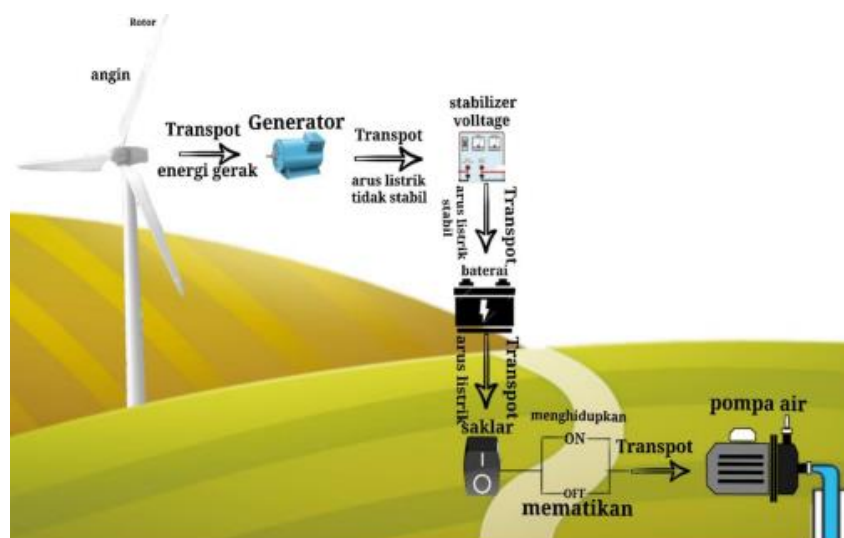
3.2. Solusi yang pernah diterapkan

Guna mengatasi menurunnya hasil tani dan pasokan pangan akibat sistem irigasi di sektor pertanian ini, sudah pernah diterapkan sistem irigasi dari sumur/sungai di dekat persawahan dengan menggunakan pompa air bertenaga mesin diesel yang berbahan bakar minyak. Pompa air bertenaga mesin diesel pada dasarnya dimanfaatkan untuk melakukan irigasi yang bertujuan untuk memperlancar proses aliran air di pertanian dan perawatan terhadap lahan pertanian. Namun, penggunaan pompa air bertenaga disel ini cenderung kurang efektif karena menghabiskan biaya yang cukup besar dalam pembelian mesin diesel dan juga bahan bakar. Penggunaan bahan bakar yang berlebih juga menjadi ancaman bagi ketahanan energi di Indonesia ini. Ketua Umum Masyarakat

Energi Terbarukan Indonesia (METI) Surya Darma menilai ketahanan energi Indonesia cukup rapuh saat ini (Verda Nano Setiawan,2021). Selain itu, biaya perawatan mesin diesel juga menghabiskan biaya yang begitu besar. Pompa air bertenaga disel ini juga cenderung tidak ramah lingkungan karena mengeluarkan emisi gas yang menyebabkan polusi udara. Di sisi lain, penggunaan pompa diesel juga mampu menimbulkan kebisingan dari proses irigasi ke lahan pertanian. Namun demikian, bagi para petani cara ini masih menjadi cara yang kurang efektif untuk keberlangsungan pertanian pada saat musim kemarau.

3.3. Rancangan konsep sistem irigasi dengan energi angin

Melihat kondisi masalah polusi udara dan pemborosan energi yang disebabkan oleh penggunaan pompa air bertenaga mesin diesel dalam sektor pertanian tersebut, penggunaan pompa air bertenaga alternatif angin dinilai lebih efektif karena tidak menghasilkan emisi gas yang dapat mengakibatkan polusi udara sehingga ramah lingkungan. Selain itu, pompa listrik bertenaga angin ini tidak memerlukan biaya bahan bakar karena lebih memanfaatkan sumber daya alam yang tersedia. Dan apabila digunakan secara berkelanjutan pun tidak menjadi ancaman yang besar bagi ketersediaan energi karena angin merupakan salah satu sumber daya alam yang memiliki kuantitas tak terbatas. Berikut adalah gambaran besar dari pengimplementasian pompa listrik bertenaga angina (Gambar 2)

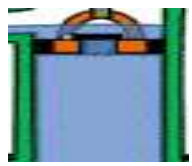


Gambar 2. Rancangan konsep pompa listrik bertenaga angin

Mengingat besarnya masalah yang dapat timbul akibat penggunaan pompa air bertenaga diesel ini, perlu adanya langkah tindakan. Kelestarian lingkungan hidup dengan segala permasalahannya, semakin menyadarkan perlunya sumber-sumber energi alternatif yang terbarukan dengan dampak persoalan lingkungan yang minimal (Prastowo, Bambang, 2007). Kegiatan di sektor pertanian, sebagai salah satu sumber terbesar penyebab masalah tersebut menjadi pihak yang sangat diharapkan untuk dapat mencegahnya. Sehingga kestabilan pangan tetap terjaga memenuhi kebutuhan masyarakat akan kebutuhan pangan di masa depan untuk mengurangi kegiatan

impor beras dan mampu mengembalikan pertumbuhan ekonomi nasional menjadi yang lebih baik. Gagasan yang diajukan adalah diadakannya pembangunan sistem irigasi di sektor pertanian dengan sumber daya alternatif angin. Dengan adanya pembangunan sistem irigasi yang memanfaatkan sumber daya angin ini secara langsung dapat meminimalisir polusi udara akibat penggunaan sistem irigasi bertenaga diesel sehingga lebih ramah lingkungan. Di sisi lain, penggunaan bahan bakar juga semakin berkurang sehingga dapat menjadi sumber cadangan dimasa depan. Cara kerja rancangan sistem irigasi pertanian dengan pemanfaatan energi alternatif angin dijelaskan pada Tabel 1.

NO	KEGIATAN	DESKRIPSI
1		Energi kinetik dari angin yang menabrak bilah turbin sehingga membuat bilah turbin berotasi dan rotasi itu akan di teruskan untuk memutar Generator.
2		Setelah Generator digerakkan oleh turbin maka kutup-kutup pada generator akan berputar dan akan menghasilkan out put energi listrik
3		Arus yang keluar dari generator adalah arus yang tidak stabil kemudian akan stabilkan di stabilizer voltage ,Langkah ini bertujuan agar tidak terjadi over charging pada saat penyimpanan daya
4		Arus dari hasil putaran kincir angain yang sudah stabil akan di disimpan di baterai, dengan tujuan aur yang di hasilkan dari putaran kincir angin tidak terbuang dengan sisa sia ,
5		Kemudian saklar akan membuka dan menutup arus sesuai dengan kebutuhan
6		Mesin pompa air akan bekerja mengambil air dari dalam sumur ketika teraliri arus dari baterai

7		<p>Mesin Pompa yang sudah teraliri listrik akan menghisap air dari sumur persawahan maupun sungai untuk supply pasokan air dikala saluran irigasi kering</p>
---	---	--

3.4. Pihak-Pihak Yang Direncanakan Terlibat Dalam Implementasi

Pihak-pihak yang akan dilibatkan dalam gagasan ini yaitu kompleks bidang pertanian di Indonesia, seperti Pemerintah, Dinas Pertanian dan para ahli. 8 a. Pemerintah, berperan dalam pembuatan regulasi atau undang – undang guna mencapai terrealisasinya Sistem Irigasi di Sektor Pertanian dengan Pemanfaatan Energi Alternatif Angin dalam Menjaga Produktivitas Pangan di Indonesia; b. Petani, berperan dalam mengimplementasikan sistem irigasi pemanfaatan energi alternatif angin dalam pengolahan lahan pertaniannya; c. Dinas Pertanian, berperan dalam memantau setiap aktivitas yang dilakukan oleh petani dalam proses pengimplementasiannya; d. Para Ahli Engine, berperan dalam memastikan setiap aspek kegiatan memenuhi standar dan kaidah ilmiah. e. Masyarakat, sebagai pengawas dalam pelaksanaan kegiatan sistem irigasi lahan pertanian dengan menggunakan energi alternatif angin dan pelapor apabila terjadi kegiatan yang merugikan lingkungan sekitar.

4. Kesimpulan, Implikasi, dan Keterbatasan

Pengembangan mekanisasi pertanian yang sudah menjadi keharusan, akan memerlukan energi yang semakin banyak. Sampai saat ini belum ada data pasti jumlah penggunaan dan kebutuhan total energi untuk mekanisasi pertanian di Indonesia. Walaupun demikian, kebutuhan energi untuk mekanisasi yang semakin meningkat harus mulai menjadi perhatian. Hal ini harus segera diantisipasi melalui pemanfaatan sumber-sumber energi selain dari fosil, khususnya yang tersedia di sektor pertanian sendiri, yang berupa mesin diesel. Pemanfaatan mesin diesel sebagai sistem irigasi di sektor pertanian dapat menimbulkan dampak berkepanjangan bagi ketersediaan energi fosil. Oleh karena itu, perlu adanya tindakan perbaikan mekanisasi pertanian khususnya pada sistem irigasi di sektor pertanian.

Melalui gagasan pembangunan sistem irigasi dengan pemanfaatan energi alternatif angin ini, prediksi yang diperoleh yaitu menekannya angka polusi udara di Indonesia. Hal ini disebabkan oleh berkurangnya emisi gas karbon dioksida dari penggunaan mesin diesel. Diharapkan pula dengan penerapan sistem irigasi dengan sumber daya angin ini, pembangunan sistem irigasi di Indonesia kedepannya menerapkan prinsip berbasis emisi 0%. Dampak lanjutan bila sistem ini dapat terlaksana dengan baik adalah mencegah terjadinya pemanasan global. Di sisi lain, dapat mengurangi penggunaan bahan bakar berlebih yang ketersediannya hanya terbatas. Sehingga dapat digunakan untuk cadangan minyak bumi untuk keberlanjutan kehidupan di masa mendatang.

Daftar Pustaka

- Firmansyah. 2016. "BI : Kondisi Perekonomian Indonesia 2017 Mengejutkan"
<https://money.kompas.com/read/2016/11/02/190000126/bi.kondisi.perekonomian.indonesia.2017.mengejutkan>, Diakses pada 1 Agustus 2021, pukul 21.37 WIB
- Media. Indonesia. 2020. "Sektor Pertanian Andalan Ekonomi Bangsa"
<https://m.mediaindonesia.com/politik-dan-hukum/354147/sektor-pertanian-andalan-ekonomi-bangsa>, Diakses pada 1 Agustus 2021, pukul 20.07 WIB
- Timorria, Iim Fathimah. 2019 "Populasi Penduduk Meningkatkan Tajam, Ketahanan Pangan Perlu Diperkuat".
<https://ekonomi.bisnis.com/read/20191105/99/1167133/populasi-penduduk-meningkat-tajam-ketahanan-pangan-perlu-diperkuat>, Diakses pada 2 Agustus 2021, pukul 15.34 WIB
- Bps. 2021. "Impor Beras Menurut Negara Asal Utama, 2000-2020"
<https://www.bps.go.id/statictable/2014/09/08/1043/impor-beras-menurut-negara-asal-utama->, Diakses pada 2 Agustus 2021, pukul 16.58 WIB
- Setiawan. Vardo Nano, 2021 "Rapuhnya Ketahanan Energi RI yang Didominasi Bahan Bakar Fosil"
<https://katadata.co.id/sortatobing/ekonomi-hijau/6013e4ade4c3a/rapuhnya-ketahanan-energi-ri-yang-didominasi-bahan-bakar-fosil>, Diakses Pada 3 Agustus 2021, pukul 19.23 WIB
- Zulfadli, Teuku. Andi Mulkan. 2019. "Analysis Of Wind Energy Potential In Aceh Besar Region As Electrical Power To Drive Water Pump In Agricultural Area".
<http://www.journal.geutheeinstitute.com/index.php/JG/article/view/39/67>. Diakses Pada 26 Agustus 2021, Pukul 2.45 WIB.
- Prastowo, Bambang. 2007. "Potensi Sektor Pertanian Sebagai Penghasil dan Pengguna Energi Terbarukan".
<https://media.neliti.com/media/publications/160189-ID-potensi-sektor-pertanian-sebagai-penghas.pdf>, Diakses Pada 26 Agustus 2021, Pukul 2.52 WIB.

Rancangan Pemanfaatan Limbah Plastik sebagai Bahan Pengganti Kayu pada Produk Furniture

Habib Muhammad Faiz

Universitas Veteran Bangun Nusantara
faizmuhammadhabib@gmail.com

Bunga Ferlian Putri

Universitas Veteran Bangun Nusantara
pbunga166@gmail.com

Audiza Kadila Lasarus

Universitas Veteran Bangun Nusantara
audizakadilalasarus@gmail.com

Ainur Komariah

Universitas Veteran Bangun Nusantara
ainurkomariah.ak@gmail.com

Abstract : *This research was motivated by an increase in the amount of plastic waste during the covid-19 pandemic. The increase in plastic waste in Indonesia during the pandemic reached 5%. Quantitatively, the amount of plastic waste reaches 6.8 million tons per year. Until now, there have been many ways and efforts to overcome the problem of plastic waste, including recycling waste. One example of a plastic waste recycling product that has been studied is a mixture of road asphalt. However, these efforts have not been fully successful because the manufacture of asphalt roads from plastic waste can trigger the emergence of new problems for the environment. The purpose of this study is to produce a design for the use of plastic waste as raw material for making boards to be used as furniture products and can replace wood. The results of the research that the authors get are several furniture designs with plastic materials. The use of plastic is expected to reduce the amount of plastic waste, which in turn is expected to improve environmental conditions.*

Keywords: plastic waste, environment, furniture materials

Abstrak : *Penelitian ini dilatarbelakangi adanya peningkatan jumlah sampah plastik selama pandemi covid-19. Kenaikan sampah plastik di Indonesia selama masa pandemi mencapai 5%. Secara kuantitatif, banyaknya sampah plastik mencapai 6,8 juta ton pertahun. Hingga saat ini telah banyak cara dan upaya yang dilakukan untuk mengatasi permasalahan sampah plastik, di antaranya dengan mendaur ulang sampah. Salah satu contoh produk daur ulang sampah plastik yang telah diteliti adalah bahan campuran aspal jalan. Namun upaya tersebut belum sepenuhnya berhasil karena pembuatan aspal jalan dari sampah plastik dapat memicu munculnya masalah baru terhadap lingkungan. Tujuan penelitian ini adalah untuk menghasilkan suatu rancangan pemanfaatan limbah sampah plastik sebagai bahan baku pembuatan papan untuk dijadikan produk furniture dan bisa menggantikan kayu. Hasil penelitian yang penulis dapatkan adalah beberapa rancangan furniture dengan bahan plastik. Pemanfaatan plastik ini diharapkan dapat mengurangi jumlah sampah plastik, yang selanjutnya diharapkan dapat membuat kondisi lingkungan semakin membaik.*

Kata kunci : sampah plastik, lingkungan, bahan furniture

1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Plastik adalah salah satu contoh bahan anorganik buatan yang mengandung bahan kimia yang sangat berbahaya bagi makhluk hidup. Sampah Anorganik yaitu sampah yang tidak mudah terurai atau membusuk dalam waktu yang singkat, contohnya meliputi plastik pembungkus makanan, botol plastik dan lain sebagainya. Dampak limbah plastik ini ternyata sangat membahayakan lingkungan. karena plastik yang sudah mulai digunakan sejak 50 tahun silam, sekarang menjadi barang yang tidak bisa dipisahkan dalam kehidupan manusia. Ada sekitar 500 juta hingga 1 milyar sampah plastik yang digunakan penduduk diseluruh dunia dalam satu tahun. Hal tersebut menunjukkan ada sekitar 1 juta kantong plastik digunakan per menit (alamendah.org, 2016) Penggunaan berlebihan terhadap plastik mengakibatkan jumlah sampah plastik yang besar. Karena bukan berasal dari senyawa biologis sehingga plastik memiliki sifat yang sulit terurai (terdegradasi). (DLH Buleleng Bali, 2021).

Sampah plastik memerlukan waktu 100 sampai 500 tahun hingga dapat terurai dengan sempurna. Oleh karena itu sampah plastik yang terus bertambah dan sulit terurai dapat mencemari lingkungan seperti tanah, air, bahkan udara (alamendah.org, 2016) Oleh sebab itu perlu adanya cara penanganan dan pengelolaan yang tepat agar sampah plastik tidak mencemari lingkungan. Salah satu cara dan upaya untuk mengurangi limbah plastik yaitu dengan cara di daur ulang kembali untuk dijadikan produk yang bernilai jual lebih. Ada berbagai macam sampah plastik yang dapat di daur ulang kembali yaitu seperti plastik pembungkus makanan, botol dan gelas plastik bekas minuman, kertas, kaca dan kaleng. Pemanfaatan dan pengolahan sampah plastik dapat dilakukan secara langsung dan tidak langsung. Pemanfaatan secara langsung, Contohnya pembuatan kerajinan dari barang bekas yang sudah tidak terpakai atau plastik daur ulang. Serta pemanfaatan secara tidak langsung, Contohnya yaitu dengan menjual kembali sampah atau barang bekas seperti kertas, plastik, kaleng, koran bekas, botol air minum kepada pengepul sampah. Sampah anorganik tersebut dapat di daur ulang dengan cara diproses menjadi barang atau kerajinan dari barang bekas atau sampah plastik yang nantinya bisa bernilai jual lebih misalnya kerajinan tangan yang berupa tas, bros, anyaman, bunga, papan dari sampah plastik dan aneka hiasan rumah dan sebagainya. Ini merupakan cara agar satu limbah kertas itu benar-benar dioptimalkan penggunaannya sebelum dibuang dan sudah menjadi barang yang tidak berguna lagi. Aktifitas ini sangat baik untuk mengurangi jumlah sampah plastik yang ada di sekitar kita dan juga dapat menambah pendapatan dengan menjual kerajinan-kerajinan tersebut.

Kementrian PUPR melalui badan penelitian dan pengembangan sedang merencanakan sebuah ide mengenai pembuatan aspal dengan campuran sampah plastik, selain itu presiden Jokowi dodo tahun ini sedang merencanakan untuk mengurangi jumlah sampah plastik sebesar 70% hingga tahun 2025 (Kementerian PUPR, 2017). Diluar negeri salah satunya di negara India telah merapkan pemanfaatan sampah plastik untuk dijadikan campuran aspal guna untuk mengurangi pencemaran

sampah plastik di negaranya. Namun penerapan tersebut gagal dikarenakan standar kualitas jalan mengharuskan kontraktor menggunakan sampah plastik jenis LDPE dan HDPE dimana jenis sampah tersebut lebih cocok untuk di daur ulang (dharmesh Shah, 2017). Masalah lain yang timbul dari rencana teknologi ini yaitu polusi mikro plastik serta proses pembakaran aspal jika ada campuran plastik dapat mengeluarkan zat dioksin yang sangat berbahaya bagi makhluk hidup (Catur yudha hariani, 2017).

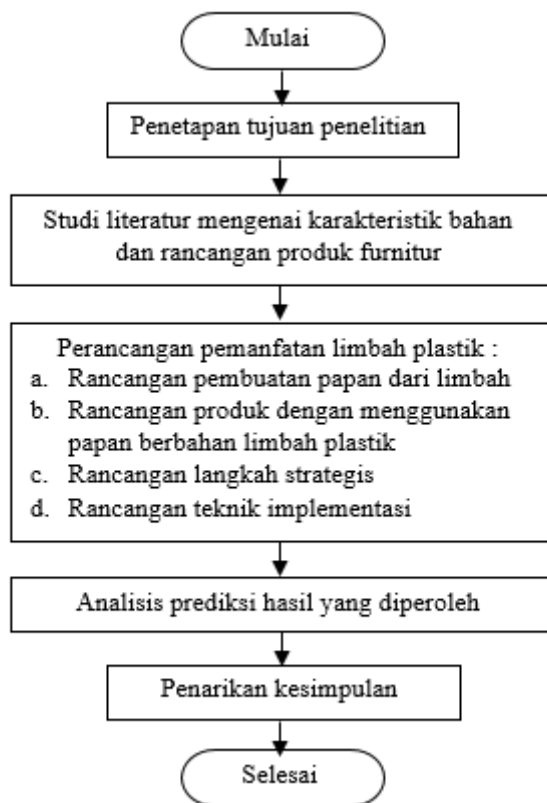
Dari program kementerian PUPR dan Negara India di ataslah kemudian terbesit pemikiran kami, jika plastik sangat berbahaya untuk dijadikan bahan campuran aspal, maka kami berusaha mencari pemanfaatan sampah jenis HDPE (High Density Polythylene) yaitu sampah plastik yang sifatnya keras, tahan terhadap suhu tinggi dan dapat dibentuk menjadi beragam benda tanpa kehilangan kekuatannya. Maka dari itu kami berencana untuk memanfaatkan limbah plastik jenis HDPE ini menjadi produk papan untuk nantinya bisa dijadikan produk furniture dan bisa menggantikan kayu.

1. 2. Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah menghasilkan rancangan pemanfaatan daur ulang sampah plastik jenis HDPE menjadi papan untuk dijadikan produk furniture.

2. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode kualitatif. Peneliti melakukan pengumpulan data dari studi literatur. Tahapan selanjutnya yaitu membuat rancangan pemanfaatan limbah sampah plastik sebagai bahan baku pada produk furniture sebagai pengganti kayu. Berikut flowchart perancangan pemanfaatan limbah plastik sebagai bahan baku pembuatan papan untuk dijadikan produk furniure dan bisa menggantikan kayu (Gambar 1).



Gambar 1. Diagram alir penelitian

3. Hasil

3.1 Kondisi kekinian pencetus gagasan

Saat ini salah satu contoh bahan anorganik yang banyak digunakan dalam aktifitas sehari-hari oleh manusia yaitu plastik, contohnya meliputi perabot rumah tangga, botol minuman, dan kemasan makanan, karena plastik sangat praktis digunakan serta mempunyai sifat yang kuat dan tahan lama. Plastik hingga sekarang masih banyak digunakan di seluruh dunia untuk membantu dalam aktifitas sehari-hari. Ada beberapa kota di dunia yang sampai menghasilkan sampah plastik hingga mencapai 1,3 miliar ton setiap tahunnya, Sedangkan menurut taksiran dari Bank Dunia, sampah plastik akan terus menumpuk hingga mencapai kisaran 2,2 miliar ton di tahun 2025. Sedangkan di Indonesia sendiri jumlah pencemaran sampah plastik seperti dikutip dari geotimes secara keseluruhan mencapai 10.725 ton per hari. Selama pandemi covid-19 sampah plastik di Indonesia semakin bertambah, dikarenakan banyak orang yang menggunakan pembungkus, kemasan dan bubble wrap yang bahannya dari plastik. Kenaikan sampah plastik di Indonesia meningkat hingga 5% setiap tahunnya hingga sekarang mencapai 6,8 juta ton per tahun. Dampak sampah anorganik merupakan masalah besar bagi lingkungan, plastik yang sudah mulai digunakan sekitar 50 tahun yang lalu, sekarang sudah menjadi barang yang melekat dan tidak bisa dipisahkan dari aktifitas manusia setiap harinya. Pemakaian plastik secara berlebihan dapat menimbulkan jumlah sampah plastik yang semakin

banyak. Karena bukan berasal dari senyawa biologis sehingga plastik memiliki sifat yang sulit terurai (terdegradasi).

Hingga saat ini telah banyak cara dan upaya yang dilakukan untuk mengatasi pencemaran sampah plastik. Salah satu upaya yang telah dilakukan yaitu mendaur ulang kembali sampah yang sudah tidak digunakan, telah banyak upaya daur ulang sampah yang sudah diterapkan di seluruh dunia. Salah satu contoh daur ulang dan pemanfaatan sampah plastik yaitu dijadikan bahan untuk campuran pembuatan aspal jalan (plastic tar road). Namun upaya tersebut belum sepenuhnya berhasil untuk mengurangi sampah plastik, karena pembuatan aspal jalan dari sampah plastik dapat memicu munculnya masalah baru terhadap lingkungan (Purningsih, Dewi, 2020). Penelitian senior lembaga swadaya masyarakat nexus3 yuyun ismawati drwiega mengatakan “menilai jalan plastik bukan merupakan solusi berkelanjutan, Ia mempertanyakan keamanan setelah plastik dibakar atau dilelehkan dengan aspal dapat mengeluarkan zat racun yang berbahaya karena teknologinya belum terbukti” (yuyun ismawati drwiega, 2019). Ikatan plastik didalam campuran aspal cukup kuat, namun dengan berjalannya waktu partikel-partikel plastik yang bercampur aspal bisa lepas dan masuk ke ekosistem tanah serta proses pemanasan plastik campuran aspal juga menimbulkan bahaya bagi kesehatan dan lingkungan nantinya.

3.2. *Solusi yang pernah ditawarkan*

Beberapa solusi untuk mengatasi permasalahan limbah plastik telah banyak diusulkan, antara lain adalah sampah plastik untuk dijadikan campuran aspal, paving, batako, dll. Plastik untuk campuran aspal sempat diusulkan di negara India sebagai solusi untuk mengurangi sampah plastik di Negara tersebut. Namun, rencana tersebut tidak berjalan dengan baik dikarenakan syarat-syarat atau ketentuan pembuatan aspal jalan mengharuskan kontraktor untuk menggunakan sampah plastik jenis LDPE dan HDPE, karena kedua jenis tersebut lebih cocok dan berharga untuk didaur ulang.

Penggunaan limbah plastik untuk campuran aspal pertama kali direncanakan dan di usulkan di India oleh Prof.V.Vasudevan dari Thiyagaraja Engineering College, Tamil Nadu. Menurutnya, pencampuran aspal dengan sampah plastik dapat menurunkan biaya dan mungkin bisa memanjangkan umur aspal jalan serta prosesnya menggunakan plastik yang telah dicacah atau juga bisa jenis plastik yang berlapis serta harus memiliki ukuran dibawah 60 mikron tebal dan hanya boleh terhadap jenis plastik berlapis dengan jumlah yang terbatas (pedoman Kongres Jalan India).

Namun, usulan tentang penggunaan sampah plastik ini dinilai kurang efektif untuk bahan campuran aspal. Dikarenakan, sampah plastik hanya bisa dijadikan bahan campuran aspal dan bukan sebagai bahan utama dipembuatan jalan. Selain itu saat bitumen yang diproses dengan suhu 160 derajat celcius untuk meleburkan atau melelehkan sampah plastik dapat menimbulkan paparan racun. Masalah besar yang akan timbul dari teknologi tersebut yaitu polusi mikro plastik. Karena campuran aspal dari sampah plastik ini yang hanya berubah secara bentuk dan hanya menempel menjadi lapisan tipis pada batuan jalan sehingga campuran sampah plastik tersebut belum benar-benar terurai.

Seiring berjalannya usia jalan dan mengalami pelapukan berpotensi memecah plastik menjadi partikel mikro plastik sehingga bisa menimbulkan pencemaran tanah dan ekosistem disekitarnya. selain itu sampah plastik yang dijadikan campuran aspal untuk proyek besar perlu kehati hatian dan penelitian yang lebih lanjut karena jika plastik dipanaskan dengan cara dibakar dengan suhu tinggi akan mengeluarkan zat dioksin yang sangat berbahaya bagi kesehatan manusia dan makhluk hidup lainnya.

3.3. *Rancangan pemanfaatan limbah plastik untuk produk furnitur*

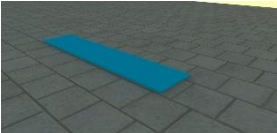
Penulis merancang untuk mendaur ulang sampah plastik untuk dijadikan papan pengganti kayu untuk produk furniture sederhana yang nantinya bisa menjadi nilai jual lebih tinggi dan tanpa menimbulkan suatu masalah yang serius serta tidak merugikan lingkungan dan makhluk hidup disekitar, karena nantinya proses pembuatan papan ini akan dilakukan dengan cara mengepressan. Adapun kelebihan kelebihan lain yang didapat dari pembuatan papan dari bahan sampah plastik jenis HDPE yaitu : (a) Karena plastik jenis HDPE untuk dibuat menjadi papan bahan furniture merupakan suatu solusi yang bisa berkelanjutan karena keamanannya; (b) dengan menggunakan papan yang terbuat dari limbah plastik HDPE dapat menjadi solusi untuk mengurangi penggunaan papan dari kayu; (c) Menambah nilai jual dan nilai guna sampah plastik yang telah dijadikan furniture; (d) adanya penghematan bahan baku dari kayu; (e) daya tahan lebih lama serta tahan terhadap rayap.

3.3.1. Proses pembuatan sampah plastik HDPE menjadi papan

Proses pembuatan sampah plastik HDPE menjadi papan dijelaskan dalam Tabel 1.

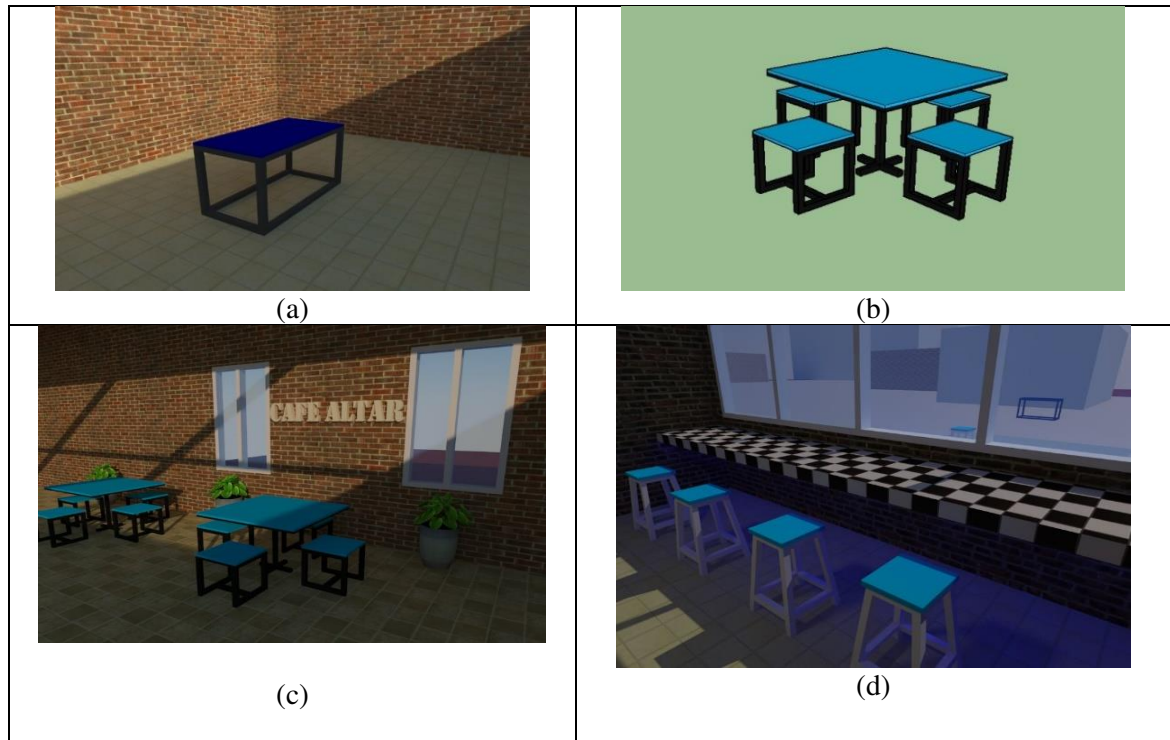
Tabel 1. Proses pembuatan plastik HDPE menjadi papan

No	Kegiatan	Deskripsi
1.		Mempersiapkan bahan baku dari sampah plastik HDPE
2.		Melakukan pencucian bahan baku agar bebas dari kotoran
3.		Mencacah sampah plastik HDPE menggunakan mesin pencacah seperti gambar disamping.
4.		Hasil cacahan sampah plastik HDPE seperti gambar tersebut.
5.		Melakukan penimbangan sesuai kebutuhan.
6.		Masukan cacahan sampah plastik HDPE kedalam cetakan
7.		Proses pembentukan papan secara dipanaskan dengan suhu tinggi menggunakan mesin press

8.		Papan dari limbah plastik siap untuk dibuat bahan furniture
----	---	---

3.3.2. Rancangan produk papan dari sampah plastik menjadi furniture

Beberapa rancangan produk furnitur dengan menggunakan bahan daur ulang plastik dapat dilihat dalam Gambar 3.



Gambar 3. (a) meja dari papan plastik HDPE, (b) meja dan kursi dari papan plastik HDPE, (c) meja dan kursi cafe, (d) kursi cafe dari papan plastik HDPE

3.3.3. Pihak-pihak yang terlibat dalam implementasi gagasan

1. Pemerintah daerah sebagai pihak yang dapat mendukung ide gagasan ini agar nantinya bisa berkembang dan dapat mengatasi masalah lingkungan akibat sampah plastik.
2. Masyarakat berperan dalam pengumpulan sumber sampah plastik yang sudah tidak terpakai sebelum dijual atau ditampung ke pengepul sampah.
3. Pengepul sampah sebagai tempat yang terlibat dalam penyedia bahan baku yang telah dikumpulkam dari berbagi tempat.
4. Mahasiswa sebagai kelompok pelaksana penelitian dalam rencana pembuatan papan dari bahan sampah plastik jenis HDPE guna untuk mengurangi sampah plastik yang ada di Indonesia.

3.3.4. Rancangan langkah strategis

Langkah strategis yang dilakukan untuk dapat mengimplementasikan ide tentang pembuatan papan dari sampah plastik jenis HDPE agar dapat terwujud yaitu dengan cara mensosialisasikan tentang pentingnya pemanfaatan limbah plastik untuk dijadikan suatu produk yang bernilai jual lebih adalah seperti yang tertera dalam Tabel 2.

Tabel 2. Rancangan langkah strategis

Tahapan	Kegiatan
Sosialisasi	Mensosialisasikan ke masyarakat melalui kumpulan RT, organisasi karang taruna, ibu ibu PKK, untuk mengenalkan pentingnya menjaga lingkungan agar tidak tercemar dari sampah plastik dengan cara mejalin kerja sama untuk mengumpulkan sampah plastik jenis HDPE, yang diharapkan nantinya bisa saling menguntungkan antara pengusaha pembuat furniture dari sampah plastik dengan masyarakat serta bisa mengurangi pencemaran lingkungan.
Pelatihan masyarakat	Mengadakan pelatihan dan edukasi kepada masyarakat yang ingin belajar mengenai cara dan proses pembuatan papan dari sampah plastik HDPE agar nantinya bisa dikembangkan di berbagai tempat.
Promosi dan pengenalan produk	Memperkenalkan produk ke masyarakat luas khususnya pada usaha-usaha furniture melalui seminar, pameran, media sosial, dan diharapkan kedepannya bisa mengurangi penggunaan papan dari kayu sebagai bahan pembuatan furniture seperti, meja kursi café, meja belajar anak, dll, selain itu kualitas produk ini lebih tahan lama, tidak mudah lapuk, harganya terjangkau dan tahan dari serangan rayap.
Proses produksi papan	Proses produksi papan, dimulai dari mempersiapkan bahan baku, mecucinya, dicacah, setelah itu dimasukan dalam cetakan terus dicetak menggunakan mesin press dengan suhu tinggi, dalam proses ini tentunya dibutuhkan tenaga kerja untuk proses produksi yang nantinya bisa membuka lowongan kerja baru.

Strategi Pemasaran	Dalam memasarkan produk kita menjalin hubungan kerja sama dengan pengusaha mebel, furniture, pengusaha restoran serta coffe shop yang diharapkan nantinya bisa memakai produk ini didalam usahanya. Serta mengiklankan produk ini melalui media sosial seperti facebook, instagram, whatsapp dll.
--------------------	---

3.3.5. Rancangan teknik implementasi

Dalam proses implementasiannya, pemerintah dapat segera memberikan izin dan memfasilitasi pembuatan papan dari sampah plastik sebagai dukungan agar sampah plastik yang ada di Indonesia dapat berkurang karena adanya pemanfaatan daur ulang sampah plastik.

Maka dari itu perlunya adanya tindakan untuk mengurangi sampah tersebut yaitu dengan mendaur ulang menjadi produk yang mempunyai nilai guna dan nilai jual lebih setelah didaur ulang, salah satu contohnya yaitu didaur ulang menjadi produk papan yang nantinya diharapkan bisa mengurangi sampah plastik serta bisa dimanfaatkan untuk membuat furniture, dalam hal ini perlu adanya kesadaran dan dukungan masyarakat serta pemerintah untuk mengumpulkan sampah anorganik dengan berkerjasama dengan Karang Taruna Desa, Ibu-Ibu PKK, serta kelompok lainnya untuk memilah sampah anorganik yang telah dikumpulkan yang nantinya bisa dijual ke pengepul atau disetorkan langsung ke tempat daur ulang sampah plastik untuk dijadikan papan.

4. Kesimpulan

Selama pandemi covid-19 sampah plastik di Indonesia semakin meningkat, dikarenakan banyak orang yang menggunakan pembungkus, kemasan dan bubble wrap yang bahannya dari plastik. Kenaikan sampah plastik di Indonesia meningkat hingga 5% setiap tahunnya hingga sekarang mencapai 6,8 juta ton per tahun. Dampak sampah anorganik merupakan masalah besar bagi lingkungan. Pemakaian plastik secara berlebihan dapat menimbulkan jumlah sampah plastik yang semakin banyak. Karena bukan berasal dari senyawa biologis sehingga plastik memiliki sifat yang sulit terurai (terdegradasi).

Gagasan yang diajukan adalah dengan mendaur ulang dan memanfaatkan sampah plastik jenis HDPE (High Density Polyethylene) yaitu sampah plastik yang sifatnya keras, tahan terhadap suhu tinggi dan dapat dibentuk menjadi beragam benda tanpa kehilangan kekuatannya. Sehingga kami berencana bisa mendaur ulang sampah plastik untuk dijadikan papan pengganti kayu untuk produk furniture sederhana yang nantinya bisa menjadi nilai jual lebih tinggi dan tanpa menimbulkan suatu masalah yang serius serta tidak merugikan lingkungan dan makhluk hidup disekitar.

Apabila gagasan dapat diimplementasikan maka diperkirakan bahwa gagasan dapat :Mendaur ulang sampah plastik jenis HDPE bisa membantu mengurangi sampah plastik yang dikirim ke tempat pembuangan akhir (TPA) dan dapat mencegah terjadinya pencemaran lingkungan. Dengan adanya pemanfaatan sampah plastik HDPE untuk dijadikan papan sebagai bahan untuk pembuatan furniture serta nantinya bisa mengurangi penggunaan papan dari kayu serta diharapkan bisa bernilai jual lebih.

DAFTAR PUSTAKA

- Arief, Andi M. (2019 Agustus 09). Pengolahan Sampah Plastik Jadi Campuran Aspal Lebih Menguntungkan. *Ekonomi bisnis*. Diakses pada 19 Mei 2021 melalui <https://ekonomi.bisnis.com/read/20190809/257/1134608/pengolahan-sampah-plastik-jadi-campuran-aspal-lebih-menguntungkan>
- Darajat, Rizkita. (2020 November 13). Data Sampah Plastik di Indonesia Jadi Tantangan Bagi Masyarakat. *Daihatsu*. Diakses pada 19 Mei 2021 melalui <https://daihatsu.co.id/tips-and-event/tips-sahabat/detail-content/data-sampah-plastik-di-indonesia-jadi-tantangan-bagi-masyarakat/>
- Org, Alamendah. (2016, Oktober 20). Dampak Plastik Terhadap Lingkungan. *Environment Indonesia*. Diakses pada 19 Mei 2021 melalui <https://environment-indonesia.com/dampak-plastik-terhadap-lingkungan/>
- Purningsih, Dewi. (2020 Januari 31). Jalan Aspal Dari Plastik Berpotensi Timbulkan Masalah Baru. *Greeners*. Diakses pada 19 Mei 2021 melalui <https://www.greeners.co/berita/jalan-aspal-dari-plastik-berpotensi-timbulkan-masalah-baru/>
- Suriyani, Luh De. (2017, Agustus 02). Limbah Plastik digunakan Untuk Aspal Jalan Ternyata Berisiko. Kenapa ?. *Mongabay*. Diakses pada 19 Mei 2021 melalui <https://www.mongabay.co.id/2017/08/02/limbah-plastik-digunakan-untuk-aspal-jalan-ternyata-berisiko-kenapa/>
- Uncategorlzed (2021, Juni 23). Pentingnya Pengolahan Pentingnya Pengolahan Sampah Plastik di Indonesia. *Bijakberplastik.aqua.co.id*. Diakses pada 28 Juli 2021 melalui <https://bijakberplastik.aqua.co.id/publikasi/uncategorized/pentingnya-pengolahan-sampah-plastik-di-indonesia/>

Rancangan Sistem *Flywheel* Mobil Listrik Energi Gravitasi sebagai Pengganti Penyimpanan Baterai

Aria Bima Adhi Wicaksana
Universitas Veteran Bangun Nusantara
sicopsicop1@gmail.com

Novita Wahyuningsih
Universitas Veteran Bangun Nusantara
novitanvtwn06@gmail.com

Ignatius Nezar Dwi Kusuma
Universitas Veteran Bangun Nusantara
ignatiusnezar@gmail.com

Ainur Komariah
Universitas Veteran Bangun Nusantara
ainurkomariah@gmail.com

Abstract : *The development of motor vehicles has become the majority of transportation in the community. The number of motor vehicles in Indonesia has been very widely used so as to cause problems in gasoline fuel control. In addition, the use of gasoline can cause air pollution that is not environmentally friendly. From that problem, many companies are innovating about making vehicles with electric power that is more environmentally friendly, namely electric cars. Electric cars in Indonesia are currently going very rapidly in sales. But among the advantages of electric cars still have a drawback that the mileage capability of electric cars and electric car battery charging stations are still limited. Therefore, technology is required to improve battery life. One of the technologies that can improve battery life is by utilizing the electric car's flywheel system of gravitational energy while the car is running. In addition to obtaining a power source from the battery, power input on the electric car system can also be obtained from the gravitational motion of the flywheel. In order to obtain optimal performance, the current resulting from the flywheel's gravitational motion is regulated by a servo dynamo to trigger the flywheel's initial movement. Once the flywheel movement is stable it generates electrical energy that is powered by a generator and channeled to the battery storage. The purpose of this study is to create a flywheel system that works effectively in the movement system of electric cars to obtain optimal return of electric power.*

Keywords: *Gasoline Fuel Cars, Electric Cars, Flywheel Systems.*

Abstrak : *Perkembangan kendaraan bermotor sudah menjadi mayoritas transportasi di masyarakat. Jumlah kendaraan bermotor di Indonesia sudah sangat banyak digunakan sehingga menimbulkan permasalahan dalam pengendalian bahan bakar bensin. Di samping itu juga penggunaan bahan bakar bensin dapat menimbulkan polusi udara yang tidak ramah bagi lingkungan. Dari permasalahan itu banyak perusahaan yang berinovasi tentang pembuatan kendaraan dengan tenaga listrik yang lebih ramah lingkungan yaitu mobil listrik. Mobil listrik di Indonesia saat ini berlangsung sangat pesat penjualannya. Namun diantara kelebihan mobil listrik masih memiliki kekurangan yaitu kemampuan jarak tempuh perjalanan mobil listrik dan stasiun pengisian baterai mobil listrik masih terbatas. Oleh karena itu, diperlukan adanya teknologi untuk meningkatkan ketahanan daya baterai. Salah satu teknologi yang dapat meningkatkan ketahanan daya baterai adalah dengan cara memanfaatkan sistem flywheel mobil listrik energi gravitasi pada saat mobil berjalan. Selain*

mendapatkan sumber listrik dari baterai, masukan daya pada sistem mobil listrik juga dapat diperoleh dari gerak gravitasi flywheel. Agar diperoleh kinerja yang optimal, arus yang dihasilkan dari gerak gravitasi flywheel diatur oleh dinamo servo untuk memicu gerakan awal flywheel. Setelah gerakan flywheel stabil akan menghasilkan energi listrik yang di olah generator dan disalurkan ke penyimpanan baterai. Tujuan dari penelitian ini adalah membuat system flywheel yang bekerja secara efektif dalam sistem pergerakan mobil listrik untuk mendapatkan pengembalian daya listrik secara optimal.

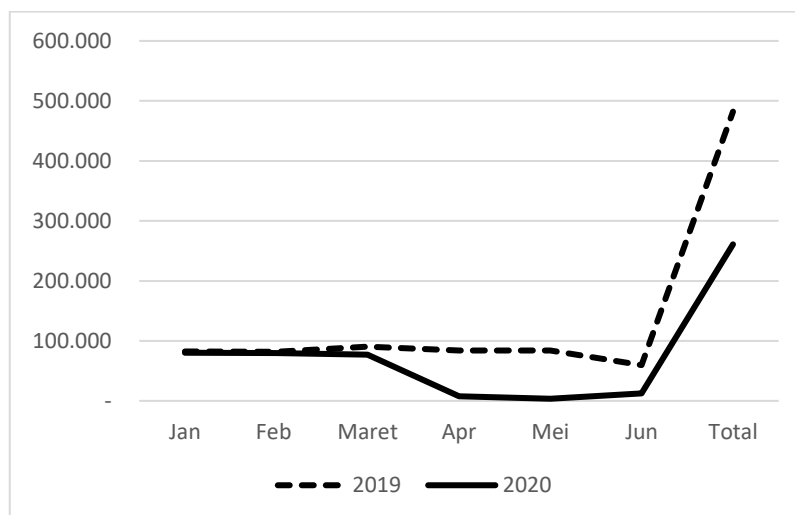
Kata kunci: Mobil Bahan Bakar Bensin, Mobil Listrik, System Flywheel

1. Pendahuluan

1.1. Latar belakang

Istilah mobil kini sudah tidak asing lagi bagi masyarakat di Indonesia bahkan perkembangan mobil di Indonesia telah berkembang pesat pada zaman modern ini, dari mobil yang berbahan bakar bensin, mobil dengan tenaga listrik, bahkan mobil yang menggunakan tenaga panas dan cahaya matahari atau tenaga surya. Begitu pula bentuk dari mobil itu sendiri, dengan berbagai model serta variasi exterior yang mewah dan interior yang elegan. Semakin berkembangnya teknologi kini kecanggihan kelistrikan untuk perangkat mobil menggunakan setelan komputerisasi. Berbagai macam perkembangan dan fasilitas yang diberikan pada mobil memicu masyarakat untuk membelinya dan menikmati fasilitas yang ada.

Berdasarkan data Gabungan Industri Kendaraan Bermotor Indonesia (Gaikido), penjualan wholesales di Indonesia pada enam bulan pertama Januari-Juni 2019 mencapai 482.097 unit dengan penjualan terbanyak pada bulan maret yaitu 90.368 unit. Pada tahun 2020 tepatnya enam bulan pertama mengalami perlambatan hingga 43,8 persen sebagai dampak dari pandemi virus corona. Pada tahun 2020 penjualan mobil menurun hanya mencapai 260.933 unit, selisih 221.164 unit. Jumlah kendaraan mobil jenis penumpang menyumbang 11,6 persen dari total kendaraan di Indonesia. Jumlah mobil penumpang mencapai 15.592.419 unit dan jumlah mobil barang yang ada di Indonesia tahun 2019 sebanyak 5.021.888 unit atau 3,7 persen dari total kendaraan.



Gambar 1. Data penjualan mobil di Indonesia selama 2 tahun terakhir

Transportasi mobil di Indonesia semakin lama semakin meningkat sehingga penggunaan bahan bakar minyak bumi pun juga meningkat. Bahan bakar minyak bumi saat ini merupakan sumber daya alam yang paling utama dan tidak dapat diperbarui. Jika transportasi terus menerus menggunakan bahan bakar minyak bumi maka akan terkuras habis dan lingkungan yang ideal tak akan dirasakan oleh generasi yang akan datang. Dengan perkembangan teknologi yang semakin meningkat mobil listrik adalah solusi untuk masa depan (Mohammad Adhitya, 2017)

Penggunaan mobil listrik dinilai lebih ramah lingkungan jika dibandingkan dengan mobil dengan bahan bakar minyak. Kriteria kendaraan listrik adalah menggunakan motor listrik sebagai penggerak utama kendaraan dan memanfaatkan baterai sebagai sumber energy listrik dari kabel, atau sumber energy listrik lainnya (Nur,20187). Secara umum, bagian penting dari mobil listrik antara lain; Baterai, Motor listrik, dan Modul Pengontrol Motor. Meskipun memiliki sejuta kelebihan yang membuatnya makin populer dan diminati banyak orang, nyatanya masih juga ditemukan kekurangannya, seperti yang disebut dalam *Conserve Energy Future* (Dini Arianing Tyas.2018). Selain itu kekurangan mobil listrik yaitu tempat pengisian bahan bakar baterai untuk menyimpan daya, jarak kcepatan tempuh mobil listrik sekitar 160 km dan jika sudah menempuh jarak beberapa kilometer maka mobil listrik memerlukan pengisian listri kembali selama 6 jam penuh.

Ide yang digagas oleh tim PKM GT Universitas Veteran Bangun Nusantara Sukoharjo adalah sistem *flywheel* mobil listrik energi gravitasi sebagai pengganti penyimpanan baterai, sebagai upaya untuk penghematan dalam penggunaan daya listrik pada mobil listrik. Dengan menggunakan sistem *flywheel* mobil listrik energi gravitasi diharapkan energi sisa yang tersimpan di *flywheel* akan masih cukup untuk memutar generator sehingga generator mempunyai tegangan yang cukup untuk mensuplai mobil.

1.2. Tujuan

Tujuan perancangan sistem *flywheel* mobil listrik energi gravitasi sebagai pengganti penyimpanan baterai adalah berikut ini :

1. Penggunaan energi gravitasi sebagai penganti penyimpanan baterai.
2. pengurangan bahan bakar mobil
3. Membuat gagasan baru dalam inovasi mobil yang ramah lingkungan

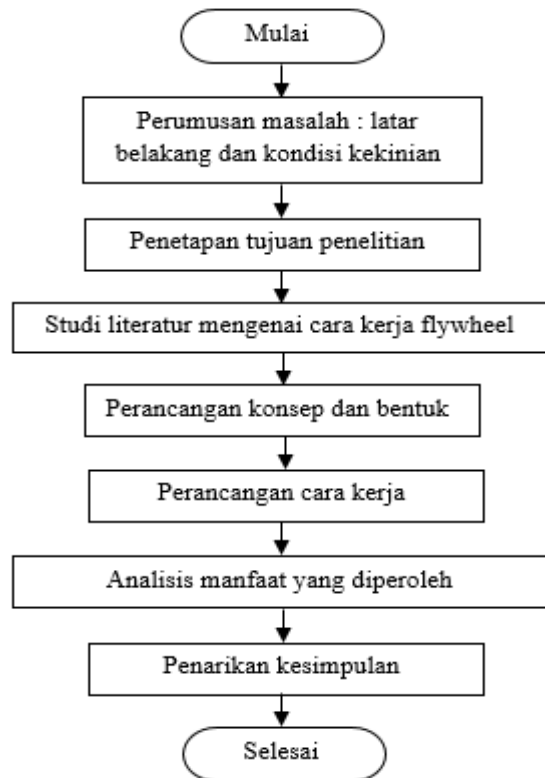
1.3. Manfaat

Manfaat melakukan perubahan penyimpanan baerai menjadi sistem *flywheel* mobil listrik energi gravitasi adalah berikut:

1. Bagi masyarakat, mengurangi kebutuhan energi pada baterai sehingga bisa menghemat listrik dengan memanaatkan *flywheel* mobil listrik energi gravitasi.
2. Bagi pemerintahan, mengurangi beban pemerintahan dalam penggunaan bahan bakar mobil yang berlebihan.
3. Bagi pabrik/ perusahaan, dengan menerapkan sistem *flywheel* mobil listrik energi energi gravitasi dapat menyimpan energi pada mobil cukup lama dan stabil sehingga daya tarik jual tinggi.

2. Metode Penelitian

Rancangan sistem *flywheel* mobil listrik energi energi gravitasi sebagai pengganti penyimpanan baterai dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram alir penelitian

3. Hasil

3.1. Kondisi kekinian pencetus gagasan

Kondisi pencetus pemikiran ini didapat dari isu kerangka inovasi kendaraan listrik transformasi mekanis 5.0 dalam penimbunan baterai. Kendaraan listrik tidak berbahaya bagi ekosistem karena tidak mengeluarkan asap atau kontaminasi yang merusak iklim dan mengurangi ketergantungan pada bahan bakar minyak impor. Hingga saat ini, utilisasi BBM Indonesia sekitar 1,2 juta barel per hari (bph) yang mayoritas dipasok dari impor. Oleh karena itu, penting untuk memanfaatkan sumber daya dan gas baru yang berkelanjutan, yang dimanfaatkan untuk zaman daya sebagai pemasok tenaga listrik untuk (KBLBB) khususnya kendaraan bermesin listrik berbasis baterai (Arifin Tasrif, 2020). Saat ini beralih ke kendaraan listrik, tidak ada keraguan bahwa kemajuannya terjadi dengan cepat dan cepat. Namun, sementara itu, mobil listrik memiliki beberapa penghalang. Kendalanya adalah sistem pemulihan energi pada pengisian baterai yang lama namun penggunaan baterai yang cepat. Waktu pengisian baterai lama Jika kendaraan tradisional hanya perlu mengisi bahan bakar selama beberapa saat, bahkan di bawah lima menit sampai tangki penuh, namun tidak demikian halnya dengan kendaraan listrik, pengisian baterai dapat memakan waktu antara 4- 6 jam hingga penuh. Mobil listrik dapat dimanfaatkan dengan jarak 20 km dengan kecepatan 60 m/jam. Implikasinya, jika kendaraan listrik menempuh jarak lebih dari 20 km, baterai harus diisi ulang, karena masa pakai baterai tidak bertahan lama dan biaya pengisian baterai juga mahal.

3.2. Rancangan konsep

Mengenai masalah mobil listrik berbasis baterai, ada beberapa pengaturan yang diterapkan untuk ini, termasuk kerangka roda gila, yang merupakan kapasitas energi listrik dengan menggunakan ukuran energi yang disimpan dalam baterai dari roda gila yang relatif terhadap kuadrat dari kecepatan putar. Energi dipindahkan ke roda gila melalui kekuatan, dengan demikian mempercepat, dan sepanjang garis ini energi dapat disingkirkan. Menariknya, pelepasan flywheel menghilangkan energi dengan menerapkan gaya pada beban mekanis, sehingga mengurangi kecepatan rotasi.

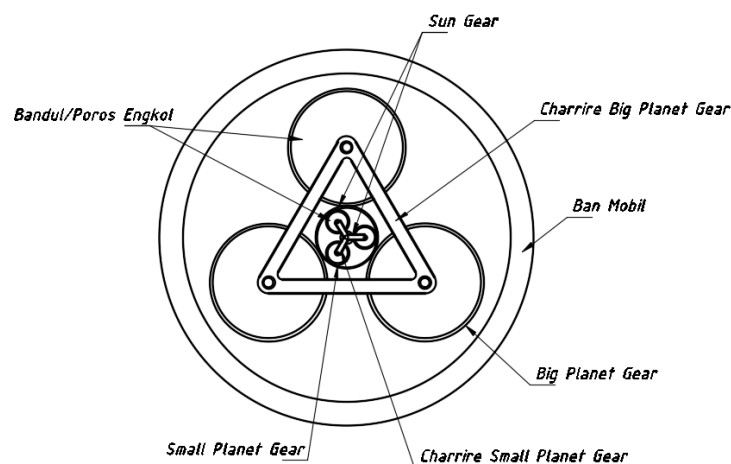
Merupakan inovasi baru yang bisa menghemat bahan bakar minyak maupun biaya listrik, karena system flywheel dapat menghasilkan listrik sendiri yang dihasilkan dari putaran ban mobil dengan flywheel dan nantinya di simpan ke baterai lalu bisa digunakan sebagai penggerak mobil listrik.

3.3. Rancangan langkah strategis

Rancangan langkah strategis agar gagasan ini dapat terealisasi dengan baik, yaitu:

3.3.1. Membuat rancangan bentuk flywheel energi gravitasi yang akan dibuat.

Rancangan sistem kerja flywheel energi gravitasi di mobil listrik (Gambar 3)



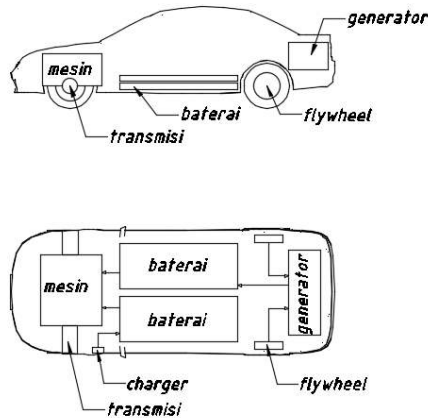
Gambar 3. Rancangan sistem kerja flywheel energi gravitasi di mobil listrik

Penjelasan masing-masing komponen adalah sebagai berikut :

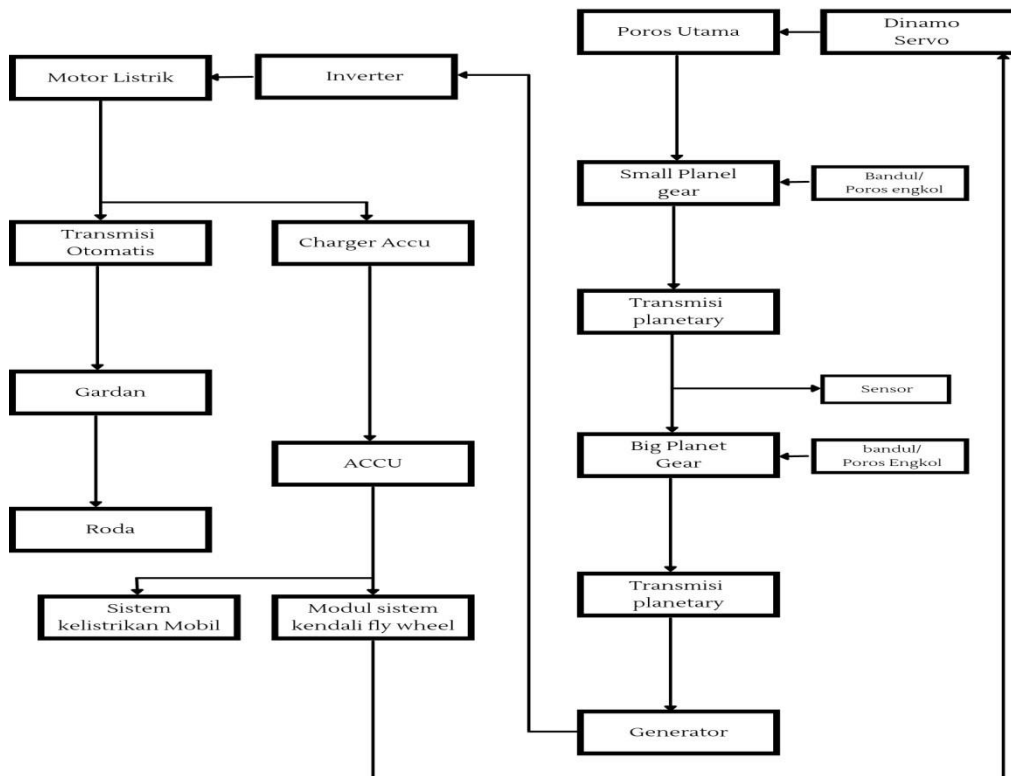
- Bandul/poros engkol berfungsi sebagai penyeimbang gerak putar pada flywheel
- Sun Gear berfungsi sebagai poros utama yang dikelilingi oleh planet Gear berfungsi melanjutkan gerak putar dari input ke planet gear
- Charrire Big Plate Gear & Small Plate Gear berfungsi menerima gerak putar pada planet gear sebagai gerak output.
- Gear Planet berfungsi mengelilingi sun gear atau berotasi terhadap sun gear. Disinilah menurunnya besar torsi dari output carrier ke sun gear.

3.3.2. Membuat rancangan cara kerja flywheel energi gravitasi pada mobil listrik.

Rancangan cara kerja *flywheel* energi gravitasi pada mobil listrik dapat dilihat pada Gambar 4 dan Gambar 5.



Gambar 4. Cara kerja *flywheel* energi gravitasi di mobil listrik



Gambar 5. Bagan cara kerja *flywheel* energi gravitasi

Cara kerja *flywheel* energi gravitasi poros utama sebagai inputan energi putar berasal dari gerakan *dinamo servo* sebagai pemicu awalan putaran *small planet gear* dan *big planet gear*. Setelah kedua bagian tersebut berputar sesuai dengan kecepatan yang sudah ditentukan maka *dinamo servo* tidak lagi memberi inputan putaran melainkan memberikan gerakan – gerakan putaran kecil yang dibaca oleh sensor yang terdapat pada poros output pada *big planet gear*, gerakan sudut tersebut berfungsi agar *small planet gear* dan *big planet gear* tetap berputar dengan konstan. Setelah

mendapat energi yang dihasilkan akan disimpan dan diubah menjadi listrik di *generator* dan masuk ke *perangkat mobil listrik* dan akan menghasilkan output ke mesin *transmisi otomatis* dan *charger accu*. Kedua komponen tersebut menyimpan listrik yang sudah distabilkan oleh inverter, *accu* akan bekerja menyalurkan listrik ke *sistem kelistrikan mobil* dan modul *sistem kendani flywheel*. Listrik akan dikembalikan ke penyimpanan baterai pada poros utama oleh system kendani *flywheel*. Listrik yang yang dihasilkan dari *small planet gear* dan *big planet gear* diteruskan ke *gearbox/transmisi planetary* untuk mengefisiensikan kerja dari motor listrik yang disimpan pada baterai.

3.3.3. Sosialisasi

Mensosialisasikan inovasi baru yaitu sistem *flywheel* mobil listrik energi gravitasi yang akan diterapkan pada perusahaan manufaktur di Indonesia:

- a. Tahap 1: Memberitahukan ide gagasan kepada pemerintah dan perusahaan manufaktur agar dapat menjadi rekomendasi dan inovasi dalam perkembangan teknologi kedepannya.
- b. Tahap 2: Mengembangkan kerja sama dan agenda transisi, karena kompleksnya masalah yang akan dihadapi dalam pengerjaan gagasan ini, maka diperlukan kerja sama yang baik antara pihak-pihak yang berkemampuan menyelesaikannya. Kerja sama yang dimaksud dapat berupa konsultan dengan pakar lingkungan dan pabrik yang memiliki limbah cair.
- c. Tahap 3: Menggerakkan pihak-pihak yang terlibat dalam melaksanakan gagasan ini.
- d. Tahap 4: Evaluasi, Monitoring dan pembelajaran. Kesulitan pengalaman yang ada dalam menciptakan dan penggunaan ini agar menjadi pembelajaran dari model dan sistem untuk kedepannya.

4. Kesimpulan

Dari pembahasan diatas dapat disimpulkan bahwa, Sistem *flywheel* mobil listrik energi gravitasi sebagai pengganti penyimpanan baterai menjadi solusi terbaik dalam permasalahan efisiensi listrik yang di gunakan pada mobil listrik biasa. Dilihat dari segi manfaat dan kegunaan, gagasan ini layak diimplementasikan. Selain itu, dengan adanya Sistem *flywheel* mobil listrik energi gravitasi sebagai pengganti penyimpanan baterai, dapat menjadi suatu inovasi yang bisa di kembangkan lagi.

Dalam proses implementasinya, pemerintah dapat segera memberikan izin dan memfasilitasi pembuatan Sistem *flywheel* mobil listrik energi gravitasi sebagai pengganti penyimpanan baterai sebagai bentuk dukungan agar sektor Otomotif dan Kelistrikan di Indonesia semakin maju dan memperluas distribusi Sistem *flywheel* mobil listrik energi gravitasi sebagai pengganti penyimpanan baterai semakin cepat dan efisien, serta dapat mengurangi dampak polusi udara yang dihasilkan oleh mobil komersial.

Apabila gagasan dapat diimplementasikan maka diprediksi bahwa gagasan dapat:

1. Meningkatkan udara bersih di Indonesia.

2. Sebagai Sistem flywheel mobil listrik energi gravitasi sebagai pengganti penyimpanan baterai yang ramah lingkungan karena tidak menghasilkan polusi atau emisi gas buang yang berlebih.
3. Menjadi mobil listrik lebih baik tanpa harus memikirkan kondisi alam.

Daftar Pustaka

- Nazaruddin, Sinaga. 2017. "Pengaruh Komposisi Bahan Bakar Metanol-Bensin Terhadap Torsi Dan Daya Sebuah Mobil Penumpang Sistem Injeksi Elektronik 1200 CC"
https://www.researchgate.net/publication/320874652_Pengaruh_Komposisi_Bahan_Bakar_Metanol_Bensin_Terhadap_Torsi_Dan_Daya_Sebuah_Mobil_Penumpang_Sistem_Injeksi_Elektronik_1200_CC
Diakses pada tanggal 2 Agustus 2021
- Kurniawan, Ruly, 2020. "Daftar 10 mobil terlaris semester I-2020"
<https://otomotif.kompas.com/read/2020/07/17/114634015/ini-daftar-10-mobil-terlaris-semester-i-2020-brio-taklukkan-xpander>, Diakses pada tanggal 2 Agustus 2021
- Gakindo, 2021. "Hasil Sensus BPS: Jumlah Kendaraan Bermotor di Indonesia Tembus 133 Juta Unit"
<https://www.gaikindo.or.id/data-bps-jumlah-kendaraan-bermotor-di-indonesia-tembus-133-juta-unit/>, Diakses pada tanggal 2 Agustus 2021
- Riantiza, Denis, 2020. "Sah! Kendaraan Bermotor Listrik Berbasis Baterai Resmi Diluncurkan"
<https://ekonomi.bisnis.com/read/20201217/44/1332377/sah-kendaraan-bermotor-listrik-berbasis-baterai-resmi-diluncurkan>, Diakses pada tanggal 3 Agustus 2021
- Moh. Syaikh Aminudin. 2010 "Studi Aplikasi Flywheel Energy Storage Untuk Meningkatkan Dan Menjaga Kinerja Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH)" Institut Teknologi Sepuluh November.

Rancangan Penggunaan Citra Satelit dalam Mendukung *Smart Farming* di Era Revolusi Industri 4.0

Sri Hartanti

Universitas Veteran Bangun
Nusantara

artanti473@gmail.com

Ainur Komariah

Universitas Veteran Bangun
Nusantara

ainurkomariah.ak@gmail.com

Agus Dwi Setiyono

Universitas Veteran Bangun
Nusantara

adwi90630@gmail.com

Budi Wibowo

Universitas Veteran Bangun
Nusantara

adwi90630@gmail.com

Abstract *The agricultural sector acts as a catalyst for supplying food to the population. However, along with the increasing demand for food supplies, many factors have contributed to the decline in agricultural yields. Among them, the incompatibility of the seeds planted with the conditions of the land being planted, the problem of land that is already critical and poor in soil nutrients. This causes ongoing problems, even a decrease in agricultural yields. In the era of the industrial revolution 4.0, it is necessary to renew performance in the agricultural sector. The concept of Smart Farming is simply defined as more precise farming. In addition, it can also be used as a reference for land managers to predict crop yields, risk management and operations, as well as pest prevention. In the Smart Farming concept, Satellite Imagery technology is applied to facilitate land observation. So that land indicators can be known precisely and accurately as a supporter of land use suitability, as well as maturation of cropping patterns for land managers. The use of this technology can minimize the acceleration of the degradation of agricultural land fertility, as a source of information about objects, or phenomena through the analysis of data obtained with tools without direct contact. This is done so that the validity of agricultural land data increases and can be used as a reference in designing agricultural programs and policies in the future. To realize this technology, LAPAN and the Ministry of Agriculture cooperate in the development and utilization of satellite remote sensing data and information technology to support agricultural development, accelerate policy making and technical operations for agricultural development. Of course, supported by data and information and satellite-based remote sensing data. Meanwhile, the goal of this collaboration is to realize the development and use of technology, data, and satellite remote sensing information in the agricultural sector to realize food sovereignty.*

Keywords: *Satellite Image, Degradation, Smart Farming, Technology*

1. Pendahuluan

Pangan merupakan kebutuhan krusial manusia dan menjadi hak asasi setiap rakyat Indonesia untuk bertahan hidup. Tersedianya pangan yang cukup, aman, bermutu, dan bergizi merupakan prasyarat utama yang harus terpenuhi dalam upaya mewujudkan sumber daya manusia yang berkualitas (Andayani, 2009). Hal ini menjadi tantangan bidang pertanian untuk menghasilkan produk pertanian yang berkualitas, sehingga dapat meningkatkan ketahanan pangan di Indonesia.

Tantangan bidang pertanian semakin tinggi seiring dengan meningkatnya kebutuhan pangan. Penyebabnya antara lain lahan pertanian yang semakin sempit, dan kurangnya sumber daya untuk menghasilkan panen yang optimal. Penurunan luas lahan pertanian semakin kompleks akibat alih fungsi lahan pertanian ke non pertanian. Badan Pusat Statistik (BPS) menyebutkan luas lahan baku sawah terus mengalami penurunan sekitar ± 110.000 ha/tahun. Rata-rata petani Indonesia hanya memiliki luas lahan 0,2 hektar ditambah lagi masalah kondisi tanah yang kualitasnya tidak optimal (Rasyad, 2020). Luas lahan padi pada 2019 mengalami penurunan sejumlah 700,05 ribu hektar atau 6,15 persen dibandingkan tahun 2018, akibatnya produksi padi juga ikut menurun sejumlah 4,60 juta ton atau 7,76 persen (Badan Pusat Statistik, 2020). Hal ini terjadi karena kurang optimalnya sumber daya untuk pendeteksian perkiraan cuaca untuk mendukung pengendalian bidang pertanian.

Penggunaan sumber daya yang tidak optimal berdampak pada ketidakseimbangan pasokan dan permintaan pada berbagai komoditi pertanian, serta kesalahan petani dalam menyesuaikan antara bibit dan lahan yang digunakan untuk penanaman. Ketidakseimbangan pasokan komoditas sering mengakibatkan surplus pada komoditas tertentu, namun juga mengakibatkan kekurangan pasokan komoditas yang lain. Kondisi seperti ini berdampak pada harga komoditas pertanian yang fluktuasi, sehingga menjadi penyumbang besar inflasi. Mayoritas petani tidak merasakan *margin of farm* dan surplus ekonomi sehingga penikmat terbesar adalah rente tata niaga dengan *margin of farm* mencapai 140% dari harga petani (Susanto & Pranata, 2019). Maka ketersediaan komoditas sangat penting untuk menjaga stabilitas harga dan stabilitas perekonomian (Setiawan & Hadianto, 2014).

Permasalahan di atas terjadi karena minimnya penggunaan teknologi di bidang pertanian. Pertanian di era saat ini menuntut untuk mengikuti perkembangan teknologi tetapi belum sepenuhnya tercapai. Sektor pertanian di Indonesia mayoritas masih menggunakan teknologi yang tradisional dan adopsi teknologi masih tergolong rendah (Arvianti et al., 2019). Penerapan sistem pertanian tersebut menimbulkan pasokan pangan dari sektor pertanian masih tergolong rendah, bahkan cenderung semakin menurun karena penerapan sistem pertanian yang kurang tepat.

Sektor pertanian Indonesia harus siap dalam menghadapi era Revolusi Industri 4.0. Mekanisasi alat dan mesin pertanian harus terintegrasi dengan jaringan internet untuk mengoptimalkan pengendalian lahan (Wardhiani, 2019). Namun kegagalan bidang pertanian kerap terjadi karena kurangnya teknologi dan pemahaman teknis proses pertanian yang tepat. Banyak pertanian yang meninggalkan langkah awal dalam bertani, yaitu riset. Petani hanya sebatas memperkirakan tanpa adanya indikasi yang pasti mengenai kondisi lahan yang akan ditanami. Sehingga menghasilkan

keputusan yang kurang tepat dalam penentuan jenis bibit yang akan ditanam pada lahan. Bibit yang ditanam kurang sesuai dengan tekstur tanah, kandungan unsur hara, musim yang sedang berjalan serta kesalahan perawatan tanaman. Kesalahan ini diderita karena kurangnya informasi mengenai karakteristik bibit dan lahan pertanian (Suhartono & Sucipto, 2016). Akibatnya hasilnya pertanian kurang optimal bahkan cenderung mengalami kegagalan total.

Berdasarkan permasalahan di atas maka dituntut melakukan optimalisasi hasil pertanian untuk mewujudkan ketahanan pangan berkelanjutan. Sehingga dapat membantu penyediaan pangan untuk penduduk bumi yang pada tahun 2050 akan mencapai 9,6 miliar jiwa (Rachmawati, 2021). Hal ini membutuhkan kenaikan produksi bahan pokok sebesar 1 ton per hektar lahan di seluruh dunia. Produksi rata-rata per hektar lahan pada tahun 2050 harus mencapai 2,5 ton (Prasetyani & Widiyanto, 2015).

Permasalahan sektor pertanian semakin meningkat. Kondisi lahan yang semakin tidak dapat diprediksi secara manual menjadi permasalahan bagi para petani. Sehingga menimbulkan permasalahan pengolahan lahan, seperti kesalahan dalam penentuan jenis bibit, proses pemupukan, permodalan, lahan semakin sulit, dan soal pemasaran. Ditambah lagi dengan permasalahan keterbelakangan teknologi, maka dapat mengakibatkan penurunan kualitas lahan pertanian. Maka perlu adanya studi penginderaan jauh untuk mengidentifikasi nutrisi yang terkandung dalam tanah sehingga dapat menjadi alternatif dalam proses pengendalian kualitas tanah. Pengolahan lahan dengan pemanfaatan teknologi yang tepat dapat menunjang kualitas pertanian. Sebab pembangunan pertanian saat ini berorientasi pada teknologi sebagai syarat mutlak pertumbuhan pertanian (Silaban & Sugiharto, 2016).

Berdasarkan permasalahan tersebut maka penulis mengusulkan gagasan Rancangan Penerapan Teknologi Citra Satelit Bidang Pertanian untuk Mendukung *Smart Farming* di Era Revolusi Industri 4.0. Teknologi citra satelit mampu memberikan data informasi dan mengidentifikasi kandungan dalam tanah yang berisi nutrisi dan kondisi secara teratur dan periodik. Dengan kerjasama antara LAPAN dan Kementerian Pertanian, sistem penginderaan jauh yang bekerja akan mengeluarkan rekomendasi penanganan lahan yang tepat dan data kebutuhan konsumsi pangan tiap warga di seluruh wilayah. Penggunaan teknologi dapat meningkatkan keefektifan dalam proses pengelolaan lahan karena semua indikator-indikator yang terdapat pada lahan dapat dipantau dengan jelas sehingga mendukung proses pengambilan tindakan preventif untuk pengelolaan lahan. Pasokan hasil pertanian turut meningkat seiring dengan proses pengelolaan lahan yang tepat.

Rancangan ini menjawab permasalahan pengolahan lahan pertanian, strategi yang tepat untuk mengelola data, informasi, dan pengetahuan pertanian dalam upaya peningkatan ketahanan pangan. Tujuan perancangan penerapan teknologi citra satelit bidang pertanian adalah untuk meningkatkan kualitas hasil pertanian, meningkatkan keakuratan indikator kondisi lahan yang akan dikelola, serta digunakan sebagai pendukung pengambilan kebijakan dalam proses pengolahan lahan.

Smart Farming merupakan teknologi pintar dalam upaya peningkatan hasil pertanian. *Smart farming* secara sederhana bisa diartikan sebagai *precision agriculture* atau bertani yang lebih tepat (BLK Lembang, 2021). *Smart Farming* menampilkan informasi tentang peta dan data yang lebih kompleks. Meliputi segala sesuatu yang diperlukan petani dalam pengelolaan lahannya, sehingga mempermudah, mempercepat, dan meningkatkan ketepatan sasaran (Budiharto, 2019). Misalnya petani sangat memerlukan informasi kondisi lahan setiap saat untuk mendukung dalam melakukan pengambilan keputusan terhadap pemilihan bibit, budidaya, penanggulangan hama memerlukan informasi suhu dan cuaca yang akurat

Teknologi penginderaan jauh merupakan alat yang ampuh dalam menganalisis wilayah secara luas, seringkali dipadukan dengan Sistem Informasi Geografis (SIG) sehingga menciptakan informasi yang bermanfaat pada bidang pertanian. Berdasarkan hasil analisis dan survei lapangan, melalui penginderaan jauh dapat ditentukan teknik zonasi yang baik untuk memilih lahan sawah yang layak. Teknik zonasi ini diawali dari interpretasi citra penginderaan jauh (Avicienna et al., 2012).

Semakin luas lahan pertanian membutuhkan waktu yang relatif lama dalam memantau status nutrisi yang terkandung dalam tanah. Jika dipantau menggunakan topologi daerah sangat menyita waktu. Maka studi penginderaan jauh sebagai alternatif untuk mengidentifikasi berbagai nutrisi yang terkandung dalam tanah, supaya menjadi faktor pendukung dalam sistem pertanian di era revolusi industri 4.0. Hal ini memerlukan sistem monitoring yang mampu mengamati, menganalisa, menyajikan serta mendukung pembuatan model keputusan. Resolusi spektral, resolusi spasial, skala, dan tingkat kerumitan obyek yang direkam sangat berpengaruh pada proses penginderaan jauh. Panjang gelombang, resolusi spasial dan skala yang tepat akan sangat menentukan ketelitian hasil identifikasi penggunaan lahan (Hardjono & Wahyuningrum, 2016). Data hasil penginderaan jauh dapat digunakan sebagai input yang independen untuk verifikasi lapangan.

Citra merupakan alat utama untuk mengenali dan memahami berbagai kenampakan objek di berbagai permukaan bumi melalui penginderaan jarak jauh. Saat ini banyak satelit penginderaan jauh yang beredar, masing-masing jenis satelit seperti landsat (1-7), NOAA, baskara, SPOT, Envisat, Ikonos, Quickbird, dan lain-lain (Ilhampwk, 2013). Teknologi penginderaan jauh citra satelit mampu menyediakan data dengan cakupan yang luas, secara cepat dan tepat waktu. Citra satelit memiliki kemampuan memberikan satuan data terkecil di permukaan bumi disebut resolusi spasial dengan dukungan Sistem Informasi Geografis (SIG) (Hartono, 2010).

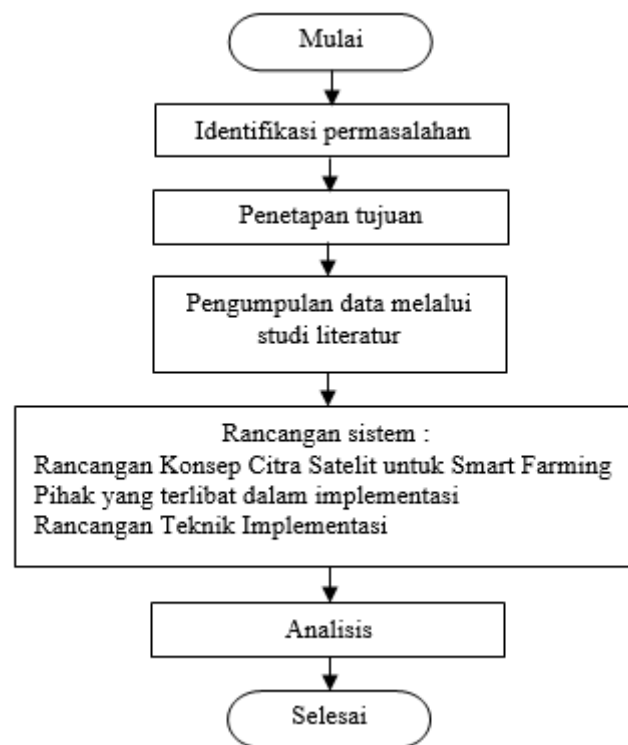
Citra satelit dapat dimanfaatkan untuk perencanaan pola tanam dan perencanaan peremajaan tanaman. Sistem ini dapat memetakan curah hujan, iklim, kondisi tanah, ketinggian, dan keadaan alam, membantu penentuan lokasi tanaman, pupuk yang dipakai, dan proses pengolahan lahan (Greasby & Sain, 2011). Sehingga dapat membantu dalam menentukan kesesuaian lahan untuk pengembangan komoditi tertentu sesuai dengan kelas kemampuan lahan. Melalui citra, dapat diketahui gejala atau kenampakan di permukaan bumi. Hasil interpretasi objek memiliki tingkat

kejelasan objek yang sangat jelas berkisar antara 15-20%. Sedangkan kemampuan mengenali objek melalui warna diperoleh 65% (Arsy, 2010).

2. Metode Penelitian

Paper ini menggunakan metode penelitian kepustakaan (*Library Research*), yaitu jenis penelitian yang diperoleh dengan menelaah dan menggunakan bahan kepustakaan. Langkah selanjutnya adalah *literature review* untuk mendapatkan referensi pendukung. *Literature review* yang digunakan bersumber dari *text book*, *website*, paper nasional maupun internasional dan penelitian-penelitian terdahulu yang terkait dengan *Smart Farming*.

Kerangka penelitian pada paper ini dapat dilihat pada Gambar 1

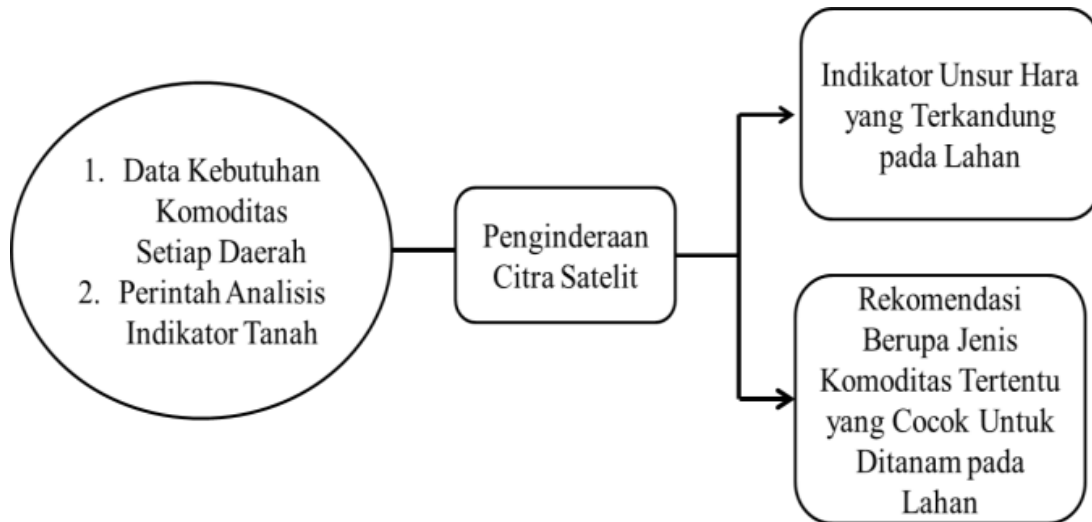


Gambar 1. Kerangka Penelitian

3. Hasil

3.1. Rancangan Konsep

Rancangan penerapan teknologi smart farming citra satelit bidang pertanian untuk mendukung smart farming di era revolusi industri 4.0 terlihat pada Gambar 2



Gambar 2. Konsep Penerapan *Smart Farming*

Penerapan *Smart Farming* merupakan solusi yang tepat untuk meningkatkan kualitas sistem pertanian di Indonesia. Mengingat sistem pertanian di Indonesia yang selama ini masih dilakukan secara konvensional, maka perlu dilakukan pembaruan teknologi untuk meningkatkan optimalisasi hasil pertanian supaya dapat menyokong ketahanan pangan di Indonesia. Data yang terukur dan kebutuhan tanaman untuk mencapai hasil produksi yang optimal menjadi kunci utama *Smart Farming 4.0*. Keberadaan sensor tanah dan cuaca digunakan untuk memantau kondisi tanaman. Alat ini dapat memberikan data berupa kelembaban udara dan tanah, suhu, pH tanah, kadar air, hingga estimasi masa panen.

Penerapan citra satelit adalah upaya untuk mendukung terwujudnya pertanian yang berkualitas berbasis *Smart Farming*, dengan dukungan *Cloud Computing* yang berperan sebagai *server* dari citra satelit. Penerapan teknologi ini dapat mewujudkan pertanian modern yang dapat mendukung swasembada ketahanan pangan, serta dapat meningkatkan efisiensi dan efektifitas bidang kinerja bidang pertanian. Penerapan teknologi ini berpotensi meningkatkan produktivitas maupun daya saing industri pertanian.

Peningkatan produktivitas pertanian dapat dilakukan dengan pengadaan penyuluhan terkait efisiensi dan efektifitas penerapan Citra Satelit sebagai upaya pendukung pelaksanaan pertanian dengan sistem *Smart Farming*. Lalu diikutsertakan dalam program Workshop untuk melatih pengimplementasian teknologi pertanian oleh Kelompok Tani. Briefing dan pembinaan yang tepat akan memicu cepat tanggapnya masyarakat dalam menerima perubahan teknologi.

3.2. Rancangan pihak-pihak yang dilibatkan

Penerapan teknologi *Smart Farming* perlu adanya dukungan dari pihak-pihak terkait, terutama Kementerian Pertanian dibantu dengan *stakeholder* yang terhubung dengan sektor pertanian. Maka Kementerian Pertanian perlu melakukan koordinasi penuh dengan semua *stakeholder* dalam proses pencapaian kemajuan bidang pertanian di Indonesia. Kementerian Pertanian berperan sebagai

fasilitator, monitoring, evaluasi bersama pihak-pihak terkait, serta melakukan perbaikan berkelanjutan untuk mendukung optimalisasi penerapan teknologi pertanian dengan pemanfaatan Citra Satelit. Pihak-pihak yang terlibat dalam pelaksanaan rancangan penerapan teknologi citra satelit bidang pertanian untuk mendukung *Smart Farming* di era revolusi industri 4.0 disajikan pada Tabel 1

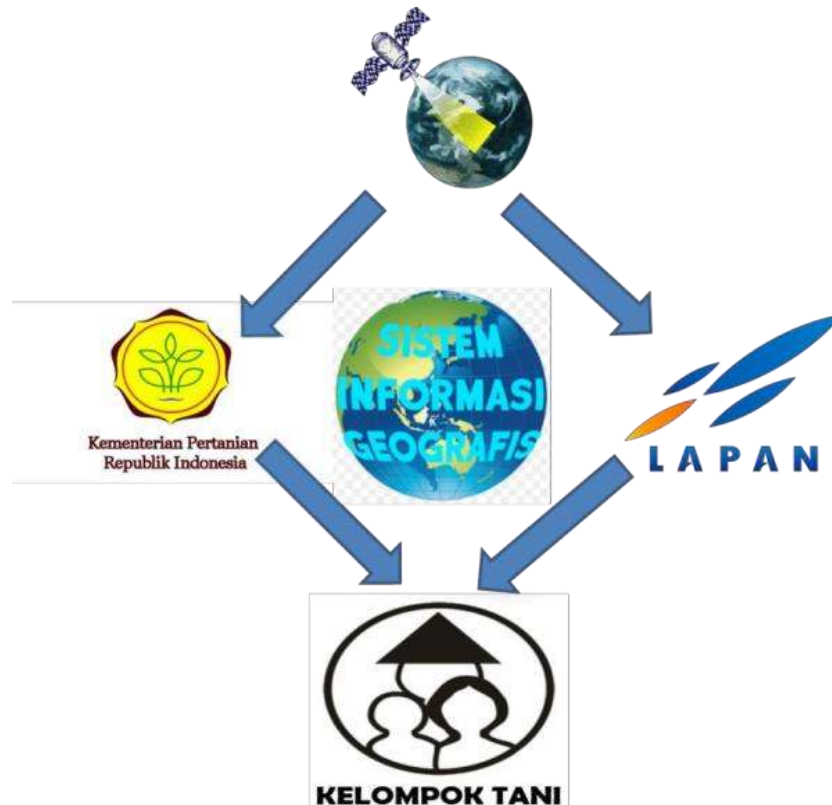
Tabel 1. Pihak-pihak yang terlibat dalam penerapan *Smart Farming*

No	Pihak yang Terlibat	Fungsi
1.	Kementerian Pertanian	Sebagai wakil dari pemerintah bertanggungjawab terhadap keseluruhan kinerja <i>Smart Farming</i> , mengintegrasikan berbagai pihak dan fungsinya dalam mendukung penerapan <i>Smart Farming</i>
2.	Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN)	Berperan dalam proses penelitian dan pengembangan hasil pemantauan bidang pertanian untuk mendukung penerapan sistem <i>Smart Farming</i>
3.	Badan Pelaksana Penyuluhan Pertanian Perikanan dan Kehutanan (BP4K)	Berperan memberikan sosialisasi terhadap masyarakat terkait teknologi sebagai penunjang keberhasilan pertanian
4.	Pemerintah Desa setempat	Berperan sebagai fasilitator, dan memonitoring untuk mendukung keberhasilan penerapan teknologi pertanian bagi masyarakatnya
5.	Kelompok Tani Desa setempat	Berperan sebagai pelaksana/pelaku yang menerapkan teknologi pertanian untuk meningkatkan kualitas hasil panen

Penerapan *Smart Farming* tidak dapat terlaksana tanpa adanya koordinasi dengan pihak-pihak terkait. Perbaikan dilakukan dengan pemantapan program kerja untuk mendukung ketahanan swasembada pangan di Indonesia yang direalisasikan dengan berbagai program pembangunan berkelanjutan untuk mendukung perbaikan mekanisasi komponen sistem pertanian di Indonesia. Perbaikan sistem pertanian ini harus menggunakan sistematika yang tepat agar penerapan *Smart Farming* dapat berhasil.

3.3. Rancangan sistematika proses penerapan

Sistematika penerapan teknologi citra satelit bidang pertanian untuk mendukung *smart farming* di era revolusi industri 4.0 terlihat pada Gambar 3

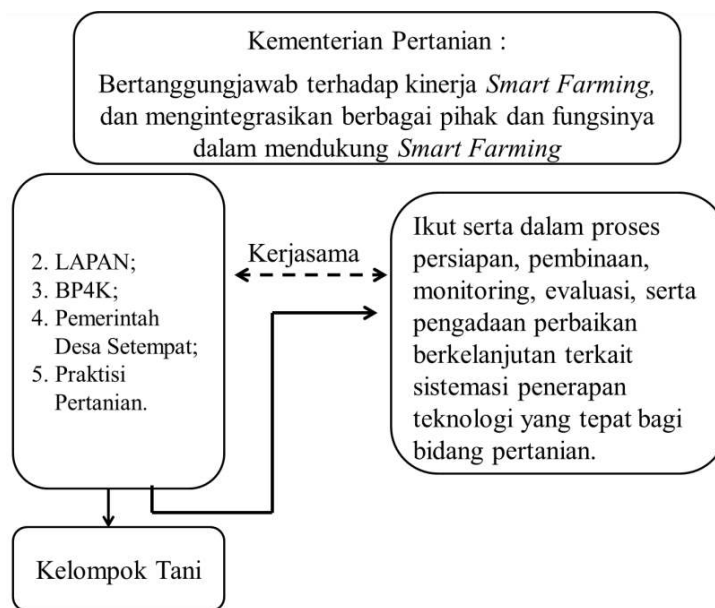


Gambar 3. Sistematika penerapan *Smart Farming*.

Berdasarkan Gambar 3, terlihat bahwa semua pihak yang terkait dengan penerapan teknologi pertanian diikutkan dalam koordinasi untuk mendukung lancarnya pelaksanaan sistem penerapan teknologi pertanian tersebut. Semua pihak yang terkait saling berhubungan secara timbal balik untuk menghasilkan sistem informasi sebagai bahan pendukung para petani dalam proses pengendalian lahan.

3.4. Rancangan langkah strategis

Diperlukan langkah-langkah strategis untuk merealisasikan konsep *Smart Farming*. Langkah-langkah strategis dalam pelaksanaan perancangan penerapan teknologi Citra Satelit Bidang Pertanian untuk mendukung *Smart Farming* di Era Revolusi Industri 4.0 terlihat pada gambar 4.4.1.



Gambar 4. Rancangan Langkah Strategis Perancangan Penerapan *Smart Farming*.

Kelompok tani berada dalam jangkauan yang sempit. Yaitu lingkup desa tertentu karena dimungkinkan masih memiliki kriteria indikator tanah yang sama. Sehingga sistem informasi yang diterima sudah berbeda tiap daerahnya, bergantung pada kondisi geografi masing-masing daerah. Para petani dibekali dengan kemampuan menggunakan internet untuk mengakses berbagai informasi yang disebarluaskan oleh tim LAPAN terkait hasil penangkapan penginderaan jauh citra satelit mengenai kondisi lahan, dan cuaca sebagai aspek pendukung pengambilan kebijakan para petani untuk proses pengolahan lahannya. Melalui informasi tersebut petani dapat memutuskan jenis bibit yang cocok untuk ditanam di lahan bersangkutan. Proses pemberian informasi terus berjalan hingga siklus tanam selanjutnya. Sistem informasi akan memberikan rekomendasi selanjutnya kepada para petani terkait prosedur pengelolaan berkelanjutan hingga masa panen tiba.

Sistem informasi dari penginderaan jauh membantu petani terhindar dari hasil produksi yang melebihi kapasitas atau tidak sesuai dengan kebutuhan pangan daerah tertentu. Citra satelit telah membantu menyediakan informasi terkait jumlah kebutuhan pangan daerah bersangkutan, untuk mendukung hasil pertanian yang tetap stabil. Hasil pertanian tiap daerah dapat dikendalikan karena petani mengacu pada ketentuan kapasitas pencapaian hasil pertanian yang telah tercantum dalam data informasi, sehingga ketahanan pangan dapat tercapai.

3.5. Rancangan teknik implementasi

Teknologi di atas dapat mendukung kinerja pertanian, sekaligus mendorong petani agar membuat strategi dalam mentransformasikan kekuatan yang berimplikasi besar terhadap program ketahanan

pangan Indonesia. Hal ini dapat diimplementasikan di Indonesia melalui beberapa tahapan teknik yang disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Teknik implementasi penerapan *Smart Farming*

No	Tahapan	Kegiatan
1.	Penyuluhan awal Kelompok Tani	Pengenalan awal mengenai teknologi pertanian
2.	Bimbingan teknis	Pelatihan dan pembekalan kemampuan penggunaan internet bagi para petani untuk mempermudah dalam mengakses perkembangan sistem informasi pertanian
		Pelatihan dan dorongan secara terus menerus dari pihak-pihak terkait untuk mendorong terwujudnya sistem pertanian yang berkualitas berbasis teknologi
3.	Koordinasi pihak terkait	Pada tahap ini dilaksanakan koordinasi dengan pihak-pihak terkait sebagai upaya untuk mendukung terlaksananya program pengembangan teknologi pertanian.
4.	Realisasi program	Mulai penerapan teknologi Citra Satelit untuk pemantauan kondisi lahan daerah tertentu
5.	Proses aksi reaksi	Data hasil tangkapan penginderaan Citra Satelit diterima oleh Kementerian Pertanian dan disebarluaskan kepada masyarakat berupa sistem informasi sehingga para pengguna informasi dapat mengakses melalui situs resmi Kementerian Pertanian yang akan diperbarui dalam jangka waktu tertentu bergantung dari perkembangan penangkapan Citra Satelit
6.	Pengambilan kebijakan	Melalui sistem informasi yang didapat oleh para petani terkait kondisi lahannya, maka dapat mendukung dalam proses pengambilan kebijakan pengelolaan lahan.
7.	Tahap evaluasi	Analisis mengenai kekurangan dari teknologi yang diterapkan untuk mendukung perbaikan berkelanjutan.
8.	Reaksi terus-menerus	Proses ini tidak hanya dilakukan dalam satu siklus tanam saja, tetapi penangkapan penginderaan jauh oleh Citra Satelit akan memberikan informasi akurat secara terus-menerus.

4. Kesimpulan, Implikasi, dan Keterbatasan

Berbagai permasalahan yang terus terjadi dalam bidang pertanian mendorong upaya pembaruan terkait sistem kinerja bidang pertanian yang lebih terstruktur. Pemakaian teknologi pertanian di era revolusi industri 4.0 belum ada pemerataan. Petani masih melaksanakan aktivitas menggunakan alat-alat konvensional. Konsep pembaruan teknologi pertanian dilakukan melalui sistem *Smart Farming*, dengan pemakaian Citra Satelit untuk pemantauan objek pertanian. Penerapan sistem ini dapat meningkatkan produktivitas hasil pertanian, siklus pertanian yang terkendali, kondisi lahan yang terpantau secara jelas dan akurat, serta dapat mendukung ketahanan pangan di Indonesia.

Penerapan *Smart Farming* memberikan *value* bagi sistem pertanian di Indonesia. Upaya ini meningkatkan mutu pertanian di Indonesia, maupun dapat meningkatkan hasil pertanian. Penerapan teknologi ini dapat memberikan berbagai kemudahan dan keefektifan bagi bidang pertanian, karena para petani dapat melakukan penghematan biaya perawatan, upah tenaga kerja, mengurangi cadangan kerugian.

Prediksi hasil yang diperoleh adalah meningkatkan kualitas dari sistematika kinerja bidang pertanian, meningkatkan produktivitas pertanian, meminimalisir gagal panen, serta meningkatkan sumber daya manusia. Keseimbangan antara hasil panen dengan kebutuhan komoditas akan terpenuhi. Berawal dari sistem informasi yang telah memberikan rekomendasi terkait kuota-kuota komoditas yang dibutuhkan tiap daerah, maka surplus komoditas tertentu akan terhindar. Maka penerapan *Smart Farming* ini dapat membuat bidang pertanian di era revolusi 4.0 ini lebih terintegrasi.

Daftar Pustaka

- Andayani, H. (2009). Konsistensi Pengawasan Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM) terhadap Peredaran Produk Pangan Kadaluwarsa. In *FISIP Universitas Indonesia*. Universitas Indonesia.
- Arsy, R. F. (2010). Metode Survei Deskriptif untuk Mengkaji Kemampuan Interpretasi Citra pada Mahasiswa Pendidikan Geografi FKIP Universitas Tadulako. *Jurnal FKIP Universitas Tadulako*, 62–72.
- Arvianti, E. Y., Masyhuri, M., Waluyati, L. R., & Darwanto, D. H. (2019). Gambaran Krisis Petani Muda Indonesia. *Agriekonomika-Jurnal Sosial Ekonomi Dan Kebijakan Pertanian*, 8(2), 168–180.
- Assudaisi, R. (2021). *Penginderaan Jauh Untuk Perencanaan Penggunaan Lahan*. Gadjah Mada University Press
- Avicienna, M., Tjahjono, B., & Sutandi, A. (2012). Selection For Sustainable Rice Field Agricultural Land Using Remote Sensing Technique. *J Urnal Tanah Lingkungan*, 14(2), 56–65.
- Badan Pusat Statistik. (2020a). Ekonomi Indonesia 2019 Tumbuh 5,02 Persen. In *Badan Pusat Statistik* (Issue 17/02/Th. XXIV).
- Badan Pusat Statistik. (2020b). Penurunan dibandingkan tahun 2018 masing-masing sebesar 6,15 dan 7,76%. In *Badan Pusat Statistik*.
- BLK Lembang. (2021). Pelatihan Smart Farming Sistem Irigasi dan Sistem Kontrol. *Kementerian Ketenagakerjaan RI*, 1.
- Budiharto, W. (2019). Inovasi Digital di Industri Smart Farming : Konsep dan Implementasi. *Prosiding Seminar Nasional Lahan Suboptimal 2019*, 978–979.
- Greasby, T. A., & Sain, S. R. (2011). *Multivariate Spatial Analysis of Climate Change Projections*. *Journal of Agricultural, Biological, and Environmental Statistics*. 6, 571–585.
- Hardjono, I., & Wahyuningrum, R. (2016). Identifikasi Lahan Pertanian di Dataran Fluvial Wilayah Kabupaten Kulon progo dengan Menggunakan Sistem Informasi Geografi dan Penginderaan Jauh. *The 3rd University Research Colloquium, ISSN 2404-*.
- Hartono. (2010). Penginderaan Jauh Dan Sistem Informasi Geografi Serta Aplikasinya Di Bidang Pendidikan Dan Pembangunan. *SNPJ-Sig*, 3(1), 12–18.

- Ilhampwk. (2013). Jenis Jenis Citra Satelit. *Sistem Informasi Geografis*, 1.
- Lillesand, T., Kiefer, R. W., & Chipman, J. (1994). Remote Sensing and Image Analysis. In *Donnelley Harrisonburg* (7th ed., Vol. 9, Issue C).
- Martono, D. N. (2008). Aplikasi Teknologi Penginderaan Jauh Dan Uji Validasinya Untuk Deteksi Penyebaran Lahan Sawah Dan Penggunaan/Penutupan Lahan. *Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi, 2008*(Snati), 47–56.
- Prasetyani, I., & Widiyanto, D. (2015). Strategi Menghadapi Ketahanan Pangan (Dilihat Dari Kebutuhan Dan Ketersediaan Pangan) Penduduk Indonesia di Masa Mendatang (Tahun 2015-2040). *UGM Journal*, 10(2), 227–235.
- Rachmawati, R. R. (2021). SMART FARMING 4.0 UNTUK MEWUJUDKAN PERTANIAN INDONESIA MAJU, MANDIRI DAN MODEREN. *Forum Penelitian Agro Ekonomi*, 38(2), 137–155.
- Rasyad, H. (2020). Penyempitan Lahan Ancam Ketahanan Pangan. *Arsip Publikasi Ilmiah Biro Administrasi-Universitas Muhammadiyah Malang*, 1–5.
- Setiawan, A. F., & Hadianto, A. (2014). Fluktuasi Harga Komoditas Pangan dan Dampaknya Terhadap Inflasi di Provinsi Banten. *Journal of Agriculture, Resource, and Environmental Economics*, 2, 1–14.
- Silaban, L. R., & Sugiharto. (2016). Usaha Usaha yang dilakukan Pemerintah dalam Pembangunan Sektor Pertanian. *JPPUMA: Jurnal Ilmu Pemerintahan Dan Sosial Politik UMA (Journal of Governance and Political Social UMA)*, 4(2), 196–210.
- Suhartono, A., & Sucipto. (2016). Penggunaan Expert System Dalam Pemilihan Varietas Padi Berdasarkan Kondisi Lahan. *Seminar Nasional Teknologi Informasi Dan Multimedia 2016, ISSN: 2302-3805*, 6–7.
- Susanto, D. A., & Pranata, K. (2019). Digitalisasi Tata Niaga Pertanian Melalui Analisis Fenomologi-Fenomenografi. In *Ecology and Society-Prosiding Seminar Nasional Bagian II Pusat Penelitian Badan Keahlian DPR RI* (Vol. 22, Issue 1).
- Wardhani, W. F. (2019). Peran Politik Pertanian dalam Pembangunan Pertanian menghadapi Era Revolusi Industri 4.0 di Sektor Pertanian. *JISIPOL | Jurnal Ilmu Sosial Dan Ilmu Politik*, 3(2), 83–94.

KAJIAN PERBEDAAN HASIL APLIKASI HIDROMULSA DAN GEOJUTE TERHADAP BESARAN EROSI (Studi Kasus Lahan Ciparanje, Sumedang)

Adimas Putra Ananda

Program Studi Teknik Pertanian dan Biosistem, Fakultas Teknologi Industri Pertanian

Universitas Padjadjaran

Email : Anandaadimasputra@gmail.com

***Abstract.** In Indonesia, sloped dry land is widely used for agriculture. Sloping dry land has a high erosion potential. Soil conservation can be an effort to reduce the impact of erosion on sloping dry land, one of which is the application of hydromulch and the use of geojute. The use of hydromulch can reduce sediment production, reduce erosion caused by heavy rainfall, reduce surface runoff during the rainy season, and can increase groundwater holding capacity by reducing soil evaporation. The use of geojute has more strength to absorb water and resist soil erosion. The purpose of this study was to determine the difference in the results of the application of hydromulch and geojute to the amount of erosion on dry sloping land. The research method used is descriptive analysis to describe the amount of erosion that occurs, using one-way analysis of variance (Anova) and regression analysis. The results showed that the guideline for using hydromulch with a concentration of 1% and geojute 5 mesh was the best treatment that could reduce the amount of soil eroded with the smallest regression value of 0.056, the percentage of erosion reduction was 85% and the results of the analysis of variance showed significant differences when compared to the control plot.*

Keywords : Hydromulch, Geojute, Erosion, Sloping Dry Land

***Abstrak.** Di Indonesia lahan kering berlereng banyak digunakan untuk pertanian. Lahan kering berlereng memiliki potensi erosi yang cukup tinggi. Konservasi tanah dapat menjadi upaya mengurangi dampak erosi pada lahan kering berlereng, salah satunya metode aplikasi hidromulsa dan penggunaan geojute. Penggunaan hidromulsa dapat mengurangi produksi*

sedimen, mengurangi erosi yang disebabkan oleh curah hujan yang tinggi, mengurangi limpasan permukaan selama musim hujan, dan dapat meningkatkan kapasitas penampungan air tanah dengan mengurangi penguapan tanah. Penggunaan geojute memiliki kekuatan lebih untuk menyerap air dan menahan erosi tanah. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui perbedaan hasil aplikasi hidromulsa dan geojute terhadap besaran erosi pada lahan kering berlereng. Metode penelitian yang dilakukan, yaitu analisis deskriptif untuk menggambarkan besarnya erosi yang terjadi, dengan menggunakan analisis ragam satu arah (Anova) dan analisis uji regresi. Hasil penelitian menunjukkan panduan penggunaan hidromulsa konsentrasi 1% dan geojute 5 mesh merupakan perlakuan yang paling baik yang dapat menurunkan jumlah tanah yang tererosi dengan nilai regresi terkecil yaitu 0,056, persentase penurunan erosi sebesar 85% dan hasil analisis ragam menunjukkan perbedaan signifikan jika dibandingkan dengan plot kontrol.

Kata Kunci : *Hidromulsa, Geojute, Erosi, Lahan Kering Berlereng*

1. Pendahuluan

Lahan kering didefinisikan sebagai lahan yang tidak tergenang air sepanjang tahun (Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat, 2005). Lahan kering dapat digunakan untuk usaha pertanian dengan menggunakan air secara terbatas dan biasanya bersumber dari air hujan (Abdurahman & Sutono, 1997). Di Indonesia, kegiatan pertanian tanaman pangan banyak dilakukan pada lahan kering berlereng. Luas lahan kering berlereng di Indonesia lebih dari 140 juta hektar atau sekitar 77,4% dari seluruh daratan (Hidayat & Mulyani, 2002). Luas lahan kering di Indonesia tersebut menunjukkan potensi lahan pertanian yang besar namun demikian potensi degradasi lahan juga cukup tinggi jika tidak dilakukan pengolahan lahan yang optimal sesuai kaidah konservasi tanah.

Salah satu metode konservasi tanah yaitu pemberian aplikasi hidromulsa dan kombinasi pemakaian geojute. Hidromulsa merupakan metode pemberian sisa tanaman, bahan pengikat (*tackifier*), dan pupuk. Dalam Peraturan Menteri Kehutanan Nomor 4 Tahun 2011, hidromulsa dapat digunakan pada lahan dengan tingkat kemiringan lahan yang terjal untuk memperkecil laju erosi dan air larian (*Runoff*). Bahan perekat (*tackifier*) dalam hidromulsa dapat menggunakan guar gum sebagai bahan aditif (Latifah dkk., 2018). Guar gum merupakan hidrogel yang digunakan untuk menambah nutrisi untuk tanaman (Kendarto dkk., 2018). Guar gum sebagai perekat dalam hidromulsa mampu meningkatkan efektivitas tutupan hidromulsa sebagai penutup tanah dengan menahan serat-serat pada hidromulsa dan partikel tanah (Vaughn dkk., 2013). Geojute adalah jala atau jaring yang terbuat dari hasil tenun benang goni dan berbahan dasar serat jute (*Corchorus Olitorius*) (Arsyad, 2012). Geojute memiliki ukuran jaring (Apertures) yang beragam. Penggunaan geojute pada lahan kritis merupakan salah satu alternatif teknologi untuk mengurangi erosi tanah pada tahap awal pertumbuhan tanaman, terutama tanaman yang membutuhkan waktu lama untuk menjadi kanopi tanah. Penempatan geojute pada lahan kering yang miring dapat meningkatkan kapasitas infiltrasi, memperbaiki struktur tanah, mengurangi limpasan, dan mampu menyerap air. Geojute merupakan salah satu bahan kontrol erosi yang cocok digunakan pada lahan dengan tingkat kemiringan yang tinggi (Bafdal, 2011).

Penelitian ini dilakukan untuk menambah kajian mengenai upaya konservasi tanah terutama dalam upaya mengurangi besaran erosi yang berdampak buruk. Upaya konservasi dengan kombinasi aplikasi hidromulsa dan geojute diyakini mampu mengurangi besaran erosi pada lahan kering berlereng. Atas dasar tersebut, maka perlu dilakukan penelitian mengenai perbedaan hasil aplikasi hidromulsa dan penggunaan geojute dalam mengurangi besaran erosi pada lahan kering berlereng.

Lokasi penelitian ini di plot air larian pada salah satu lahan kering berlereng yang terdapat di wilayah Universitas Padjadjaran, Jatinangor. Lahan kering yang difungsikan sebagai lahan penelitian ini dimanfaatkan oleh warga sekitar sebagai tempat bercocok tanam. Lahan yang memiliki topografi berlereng ini menjadi salah satu alasan dilakukannya penelitian pada lokasi ini. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi informasi terkait perbedaan hasil penggunaan geojute dan aplikasi hidromulsa dalam upaya konservasi tanah terutama dalam mengurangi besaran erosi pada lahan kering berlereng.

2. Kerangka Teoritis dan Pengembangan Hipotesis

Hidromulsa digunakan pada lahan yang memiliki potensi erosi tanah yang besar sebagai upaya konservasi tanah dan menjaga tanah dari gerusan air larian (*Runoff*). Efektivitas penerapan aplikasi hidromulsa untuk mengurangi besaran erosi dan laju air larian pada lahan kritis menunjukkan bahwa: (1) Memberi cakupan tutupan permukaan tanah sebesar 80%; (2) Hidromulsa sangat efektif selama 19 bulan pertama penerapannya, mengurangi jumlah air larian sebesar 70% dan kehilangan tanah sebesar 83% dan mengurangi erosi sebesar 53%; (3) Kombinasi hidromulsa dengan seresah dan vegetasi mampu menurunkan erosi dan air larian lebih baik dari aplikasi lain (Prats dkk., 2016).

Aplikasi hidromulsa cocok diterapkan pada lahan miring berlereng. Penerapan hidromulsa yang paling efektif sebaiknya diberikan pada lahan dengan panjang 10 m – 20 m karena panjang lereng mempengaruhi kecepatan air larian yang dapat menyebabkan erosi (Robichaud dkk., 2010). Curah hujan yang tinggi dapat menurunkan efektivitas hidromulsa dalam mengurangi erosi dan air larian. Curah hujan di atas 20 mm atau tergolong kategori lebat akan menurunkan efektivitas hidromulsa dalam mengurangi erosi menjadi <50% dan efektivitas dalam mengurangi air larian menjadi 30% (Prats dkk., 2016).

Penerapan aplikasi hidromulsa pada lahan kritis pasca-kebakaran dapat mengurangi tingkat erosi sebesar 60%-80% (Wohlgemuth dkk., 2011) dan dapat menjadi penutup permukaan tanah (*Soil coverage*) sebesar 80% (Prats dkk., 2016). Hidromulsa meningkatkan kondusifitas tanah yang membantu proses perkecambahan benih dan pertumbuhan tanaman sehingga mampu mempercepat penutup tanah sebanyak 70% dibandingkan lahan tanpa hidromulsa (Prats dkk., 2016).

Penelitian lain menunjukkan bahwa semakin kental konsentrasi bahan pengental guar gum, maka semakin kecil jumlah tanah yang tererosi. Pertumbuhan benih rumput bermuda pada lahan dengan penerapan *hydroseeding* dengan konsentrasi guar gum 0,5% lebih baik dibandingkan dengan konsentrasi 1% dan 1,5%. Namun, berdasarkan uji regresi, konsentrasi guar gum 1% merupakan konsentrasi yang paling baik dalam menurunkan laju erosi dan pertumbuhan benih rumput bermuda (Kendarto dkk., 2018).

Penerapan penggunaan geojute pada lereng dengan ketinggian 2000 meter diatas permukaan laut dan kemiringan sebesar 45%, menunjukkan bahwa rata-rata erosi tanah dan jumlah air limpasan (*Runoff*) pada lereng yang ditutupi geojute lebih kecil 50% jika dibandingkan dengan lereng tanpa penggunaan geojute (Semenelli, 1986). Kehilangan tanah pada lereng yang tidak ditutupi dengan geojute memiliki rata-rata kedalaman 6 mm, sementara pada lereng yang ditutupi dengan geojute sebesar 1,5 mm. Hal tersebut menunjukkan penurunan rata-rata kedalaman tanah yang terbawa air larian sebesar 65%. Jumlah air larian pada lereng yang ditutupi geojute hanya 10% dari jumlah air larian pada lereng yang tidak ditutupi dengan geojute. Hasil penelitian tersebut disebabkan oleh tiga faktor, yaitu: (1) kemampuan geojute untuk menjaga struktur tanah sehingga mampu mengurangi erosi; (2) kemampuan geojute dalam menyerap air sehingga mampu mengurangi laju air larian; dan (3) kemampuan geojute melindungi permukaan tanah dari energy kinetic dari butir-butir air hujan.

Kombinasi hidromulsa dengan geojute dapat menghasilkan dampak yang signifikan dalam mengurangi penghancuran agregat-agregat tanah yang disebabkan oleh butir-butir air hujan. Beberapa keuntungan penggunaan geojute pada lahan kering berlereng yaitu: (1) geojute cukup fleksibel untuk mengikuti kontur lahan sehingga cocok digunakan pada lereng yang curam; (2) geojute mampu bertahan satu sampai dua tahun dan tidak merusak lingkungan; (3) geojute yang terurai akan menyediakan bahan-bahan yang baik untuk menambah nutrisi organik ke tanah (Bafdal, 2011).

Hasil kajian mengenai efektivitas hidromulsa dan geojute menunjukkan bahwa kedua aplikasi konservasi tanah tersebut mampu mengurangi erosi dan laju air larian. Atas dasar tersebut, kombinasi aplikasi hidromulsa dan geojute dapat menjadi upaya konservasi tanah untuk mengurangi jumlah tanah tererosi. Kombinasi hidromulsa dan geojute diharapkan mampu menjadi solusi dalam meningkatkan kapasitas infiltrasi serta melindungi tanah dari butir-butir air hujan dan daya rusak dari air larian.

3. Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode analisis deskriptif. Metode analisis deskriptif adalah suatu metode penelitian yang mengkaji, menggambarkan dan memaparkan secara jelas dan cermat keadaan bagaimana gejala-gejala yang terjadi saat penelitian dilakukan dengan pertimbangan analisis. Analisis yang dilakukan mendeskripsikan perbedaan hasil dari penambahan guar gum 0,5% dan 1% dalam aplikasi hidromulsa dan penggunaan geojute pada lahan kering Ciparanje terhadap upaya penurunan besaran erosi. Metode yang digunakan untuk pengukuran erosi, yaitu menggunakan petak kecil erosi di lapangan. Pengambilan sampel pada penelitian ini menggunakan tiga pengambilan bahan uji untuk meminimalisir kesalahan yang terjadi. Pengolahan data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu analisis ragam (Anova) satu arah dan analisis regresi korelasi.

3.1 Kajian Pustaka

Kajian pustaka dilakukan dengan mencari informasi terkait erosi pada lahan kering berlereng, erosi tanah, konservasi tanah, hidromulsa, geojute, dan guar gum. Informasi-informasi diperoleh dari berbagai sumber seperti buku, artikel ilmiah dalam jurnal ilmiah, dan buku elektronik (E-book). Informasi tersebut digunakan dalam menunjang penelitian dan sebagai teori yang menjadi dasar pelaksanaan penelitian dan referensi dalam pembahasan. Kajian identifikasi masalah dan tujuan dilakukan untuk mengetahui aspek apa saja yang akan diamati pada saat penelitian berlangsung. Hal tersebut dilakukan agar selama pelaksanaan penelitian tetap fokus pada tujuan yang dicapai.

3.2 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan secara langsung di lapangan (Plot Erosi) setiap setelah kejadian hujan (32 hari hujan). Data curah hujan menggunakan data yang diperoleh dari ombrometer di dekat plot pengukuran erosi. Data erosi didapat dari pengumpulan sampel tanah yang jatuh ke bak

penampung plot erosi setelah kejadian hujan. Data curah hujan dan data sampel erosi yang terkumpul kemudian diolah untuk dilakukan pengolahan data.

3.3 Analisis Data dan Pembahasan

Analisis yang akan dilakukan yaitu untuk mengetahui perbedaan hasil dari penambahan guar gum 0,5% dan 1% dalam aplikasi hidromulsa dan penggunaan geojute terhadap upaya penurunan besaran erosi di lahan kering Ciparanje. Perlakuan pada plot penelitian disajikan pada table 1 dan 2.

Tabel 1.
Hidromulsa Konsentrasi 0,5% dan Penggunaan Geojute

Plot	Kemiringan	Ukuran Plot	Perlakuan
A Kontrol	22,8%	7,87 x 1 m	Plot erosi tanpa hidromulsa dan tidak menggunakan geojute.
B	22,8%	7,87 x 1 m	Plot erosi, hidromulsa konsentrasi 0,5% dengan geojute 5 mesh.
C	22,8%	7,87 x 1 m	Plot erosi, hidromulsa konsentrasi 0,5% dengan geojute 3 mesh.
D	22,8%	7,87 x 1 m	Plot erosi dengan hidromulsa konsentrasi 0,5% dan tanpa geojute.

Tabel 2.
Hidromulsa Konsentrasi 1% dan Penggunaan Geojute

Plot	Kemiringan	Ukuran Plot	Perlakuan
A Kontrol	22,8%	7,87 x 1 m	Plot erosi tanpa hidromulsa dan tidak menggunakan geojute.
B	22,8%	7,87 x 1 m	Plot erosi, hidromulsa konsentrasi 1% dengan geojute 5.
C	22,8%	7,87 x 1 m	Plot erosi, hidromulsa konsentrasi 1% dengan geojute 3 mesh.
D	22,8%	7,87 x 1 m	Plot erosi dengan hidromulsa konsentrasi 1% dan tanpa geojute.

Analisis data yang digunakan pada penelitian ini yaitu analisis deskriptif yang digunakan dalam upaya membuat gambaran secara sistematis, faktual dan akurat mengenai fakta-fakta, sifat-sifat serta hubungan antar fenomena yang diteliti (Nazir, 2014). Analisis data statistik yang digunakan yaitu analisis ragam (Anova) satu arah dan analisis regresi korelasi. Data yang diperoleh dari pengukuran lapangan dan analisis laboratorium diolah dengan menggunakan Microsoft Excel 2010 dan software IBM SPSS Statistic 26.

1. Analisis Regresi

Analisis regresi merupakan analisis statistika yang dapat digunakan untuk melihat hubungan antara dua variabel atau lebih yang saling berkorelasi. Variabel bebas (X) dalam analisis ini yaitu tinggi curah hujan, sedangkan variabel terikat (Y) adalah besaran erosi. Persamaan regresi yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$Y' = a + bX$$

Keterangan:

a = Konstanta

b = Koefisien Regresi

Y = *Dependent variable* (Variabel Terikat)

X = *Independent variable* (Variabel Bebas)

Setelah analisis regresi, selanjutnya dilakukan analisis korelasi yang digunakan untuk mengukur kekuatan linear antar dua variabel. Nilai korelasi berkisar antara 0 sampai 1. Nilai korelasi yang mendekati 0, maka hubungan linear antar dua semakin lemah. Nilai korelasi yang mendekati 1, maka hubungan linear antar dua variabel semakin kuat. Dalam melakukan interpretasi koefisien korelasi dibutuhkan klasifikasi koefisien korelasi yang di tampilkan pada tabel 3.

Tabel 3.
Klasifikasi Koefisien Korelasi

Interval Korelasi (R)	Tingkat Hubungan
0,00 – 0,199	Sangat Rendah
0,20 – 0,399	Rendah
0,40 – 0,599	Sedang
0,6 – 0,799	Kuat
0,80 – 1,00	Sangat Kuat

(Sugiyono, 2007)

2. Analisis Ragam

Analisis ragam (Analysis of Variance/Anova) merupakan metode untuk menguraikan keragaman total menjadi komponen-komponen yang mengukur berbagai sumber keragaman (Wibisono, 2005). Analisis ini digunakan untuk pengujian perbedaan rata-rata tiga kelompok atau lebih dengan membandingkan ragam (Variance). Analisis ragam yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis ragam satu arah karena digunakan untuk mengetahui perbedaan rata-rata jumlah tanah yang tererosi antar plot perlakuan.

Konsep interpretasi hasil analisis ragam yaitu:

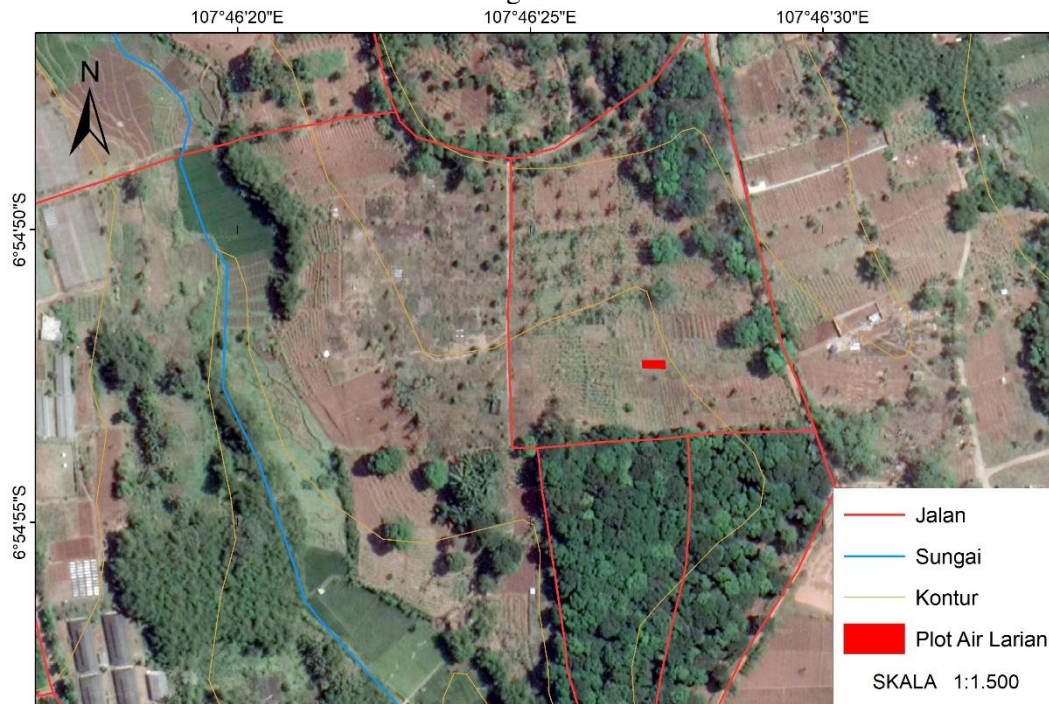
- 1) Jika nilai F-Hitung lebih besar ($>$) dari nilai F-Tabel, maka menunjukkan ada perbedaan antar kelompok.
- 2) Jika nilai F-Hitung lebih kecil ($<$) dari nilai F-Tabel, maka menunjukkan tidak ada perbedaan antar kelompok.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Kondisi Umum Lokasi Penelitian

Plot pengukuran erosi yang digunakan pada penelitian ini terletak di Lahan Penelitian Universitas Padjadjaran, Kecamatan Jatiningor, Kabupaten Sumedang, Jawa Barat disajikan pada Gambar 1. Lahan yang digunakan untuk mengukur besaran erosi mempunyai kemiringan lereng 22%, sehingga termasuk ke dalam kategori lahan kering berbukit (Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat, 2005).

Gambar 1.
Peta Pengukuran Erosi



(Sumber: Dokumen Pribadi)

Curah hujan tertinggi sepanjang tahun 2017 di Kabupaten Sumedang terjadi pada bulan Januari 2017 yang mencapai 449 mm³ dan terendah pada bulan Agustus yaitu 2 mm³ (BPS Kabupaten Sumedang, 2018). Suhu rata-rata tahunan berkisar antara 25°C-30°C dengan suhu minimum 21,6°C dan suhu maksimum 33,2°C. Para petani lahan kering di sekitar lokasi penelitian umumnya menanam jagung di masa awal musim hujan. Produksi tanaman palawija di Kabupaten Sumedang mengalami kenaikan dari tahun 2016 ke 2017 terutama di komoditi jagung, kedelai dan kacang hijau (Badan Pusat Statistik, 2017).

Analisis tanah pada plot pengukuran erosi dilakukan di Laboratorium Fisika dan Kimia Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran (Lampiran 1). Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai C-Organik tanah pada plot erosi termasuk dalam kriteria rendah dengan nilai 1,25 %. Tanah di plot erosi memiliki porositas yang baik dengan nilai 57,74%. Nilai permeabilitas tanah pada plot erosi yaitu 0,49 cm/jam yang termasuk dalam kriteria lambat. Nilai permeabilitas tersebut menunjukkan bahwa kemampuan infiltrasi tanah di plot erosi dinilai lambat sehingga meningkatkan potensi terbentuknya air larian.

Tanah pada plot erosi memiliki struktur *subangular blocky*. Struktur *subangular blocky* berbentuk gumpal membulat yang umumnya terdapat pada horison B atau *subsoil*. Tanah di plot erosi termasuk dalam kriteria tanah liat dengan komposisi tekstur: pasir 5%, debu 26%, dan liat 69%. Karakteristik tanah dengan tekstur liat memiliki nilai permeabilitas sangat rendah dan bersifat plastis.

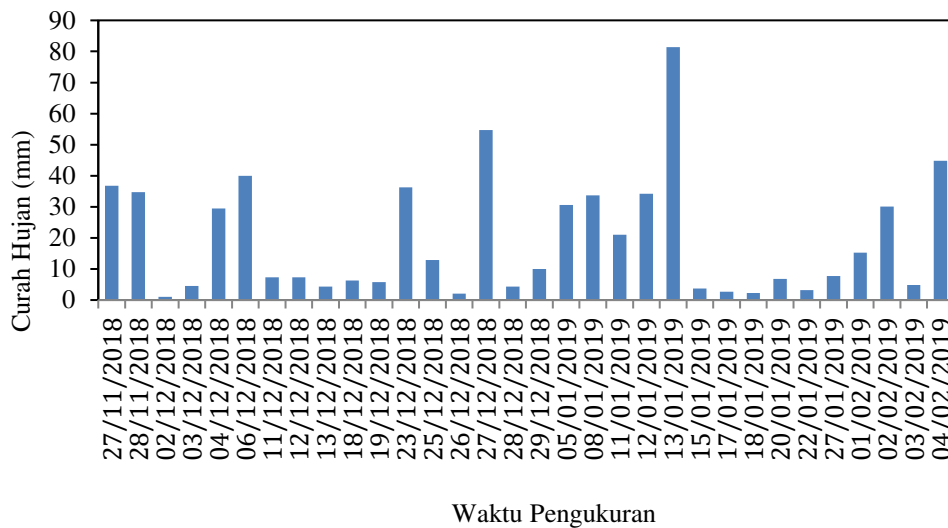
Tanah berliat memiliki kandungan liat yang lebih dari 35% serta kemampuan menyimpan air dan unsur hara yang tinggi (Asdak, 2011).

4.2 Karakteristik Curah Hujan di Lapangan Selama Masa Penelitian

Curah hujan merupakan volume air yang jatuh pada suatu areal tertentu (Arsyad, 2010). Indonesia termasuk dalam iklim tropis, dimana hanya ada dua musim yaitu musim kemarau dan musim hujan. Jumlah curah hujan dicatat dalam inchi atau millimeter (1 inchi = 25,4 mm). Jumlah curah 1 mm menunjukkan tinggi air hujan yang menutupi permukaan 1 mm, jika air tersebut tidak meresap ke dalam tanah atau menguap ke atmosfer. Curah hujan pada musim hujan memiliki intensitas yang cukup tinggi, sedangkan pada saat kemarau memiliki intensitas yang rendah. Hujan merupakan faktor yang paling berpengaruh terhadap erosi di Indonesia, dalam hal ini besarnya curah hujan, intensitas dan distribusi hujan terhadap tanah, jumlah dan kecepatan aliran permukaan dan kerusakan erosi (Arsyad, 2010).

Data curah hujan dalam penelitian ini diperoleh dengan melakukan pengukuran selama 32 hari hujan menggunakan alat ombrometer. Hasil pengukuran curah hujan di lapangan berdasarkan hasil pengamatan dan pengukuran yang dilakukan selama bulan November 2018 – Februari 2019 pada Gambar 2.

Gambar 2.
Data Pengukuran Curah Hujan di Lapangan

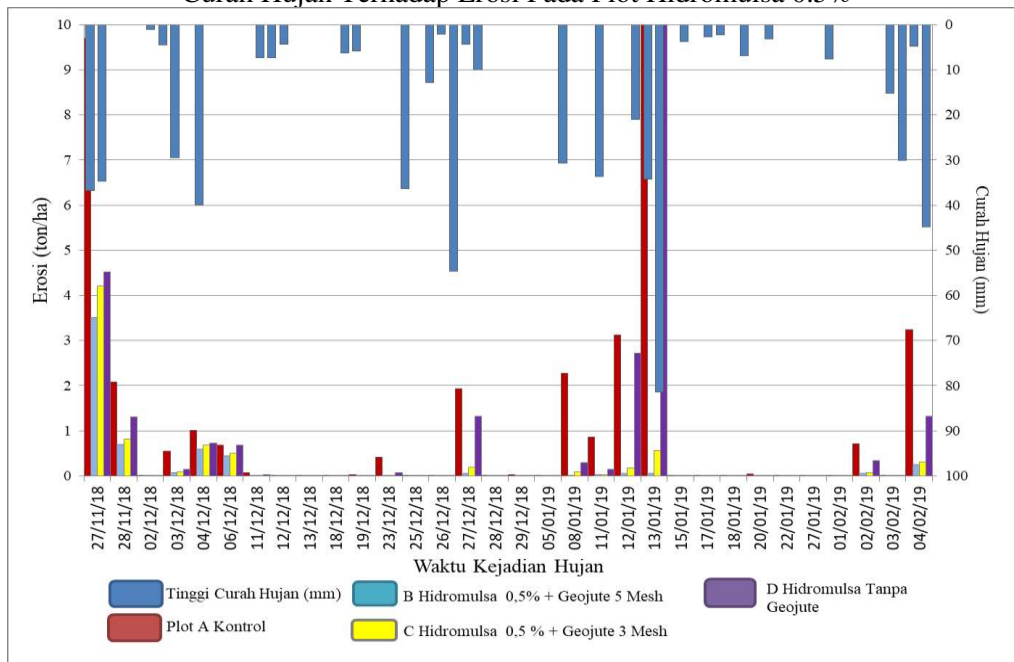


Besarnya curah hujan di lokasi penelitian selama 32 hari hujan dapat dilihat pada Gambar 1. Hasil pengukuran dan pengamatan curah hujan yang dilakukan selama penelitian berdasarkan BMKG tahun 2008 maka dapat digolongkan menjadi empat klasifikasi curah hujan yaitu (1) curah hujan sangat ringan; (2) curah hujan ringan; (3) curah hujan sedang dan (4) curah hujan lebat. Curah hujan sangat ringan (curah hujan < 5 mm/24 jam) terjadi 10 kali, curah hujan ringan terjadi 9 kali (berada pada rentang curah hujan 5-20 mm/24 jam), curah hujan sedang (berada pada rentang curah hujan 21-50 mm/24 jam) yang sering terjadi selama penelitian berlangsung yaitu 11 kali, curah hujan lebat

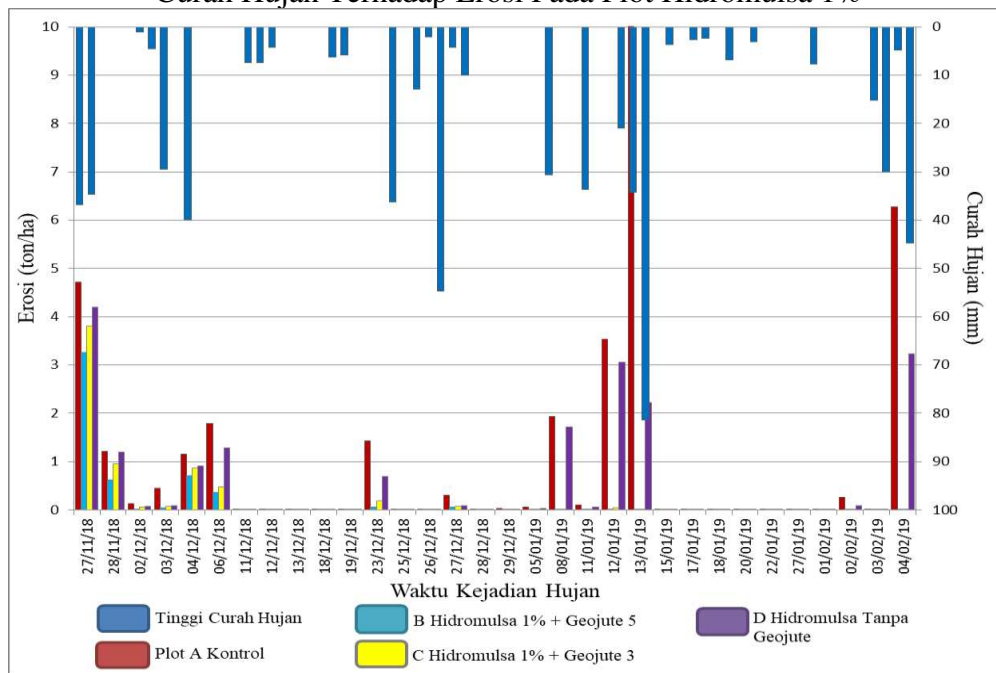
(berada pada rentang curah hujan hujan 51-100 mm/24 jam) terjadi selama 2 kali selama penelitian. Data curah hujan harian terendah terjadi pada tanggal 2 Desember 2018 sebesar 1,05 mm, sedangkan data curah hujan harian tertinggi jatuh pada tanggal 13 Januari 2019 sebesar 81,41 mm. Rata-rata curah hujan yang terukur selama penelitian yaitu 19,38 mm, dan total curah hujan selama 32 hari penelitian yaitu 620.06 mm.

Karakteristik curah hujan selama masa penelitian terhadap jumlah tanah yang tererosi pada setiap plot perlakuan dapat dilihat pada Gambar 2 dan Gambar 3. Pada Gambar 2 terdapat empat plot perlakuan: (1) A kontrol, (2) B hidromulsa 0,5% dengan pemakaian geojute 5 mesh, (3) C hidromulsa 0,5% dengan pemakaian geojute 3 mesh, (4) D Hidromulsa 0,5% tanpa pemakaian geojute. Pada Gambar 3 terdapat empat plot perlakuan: (1) A kontrol, (2) B hidromulsa 1% dengan pemakaian geojute 5 mesh, (3) C hidromulsa 1% dengan pemakaian geojute 3 mesh, (4) D Hidromulsa 1% tanpa pemakaian geojute.

Gambar 3.
Curah Hujan Terhadap Erosi Pada Plot Hidromulsa 0.5%



Gambar 4.
Curah Hujan Terhadap Erosi Pada Plot Hidromulsa 1%



Gambar 2 dan Gambar 3 secara deskriptif menunjukkan pada awal penelitian perbedaan antara plot A (Kontrol) tidak berbeda signifikan dengan plot perlakuan yang lain, hal ini terjadi karena pada masa awal penelitian lahan kondisi tanah dalam keadaan gembur, tanpa seresah sehingga curah hujan yang jatuh langsung ke permukaan tanah. Hal ini sesuai dengan pernyataan bahwa pada kondisi lahan terbuka atau tidak tertutup sempurna, semakin tinggi aliran permukaan yang terjadi, maka erosi yang dihasilkan juga besar (Arsyad, 2010). Pada masa pertengahan hingga akhir penelitian menunjukkan jumlah tanah yang tererosi pada plot A (Kontrol) memiliki perbedaan yang signifikan, hal ini disebabkan pemberian hidromulsa dan kombinasi pemakaian geojute pada permukaan tanah pada masa awal tanam menghasilkan nilai erosi yang semakin kecil diakhir penelitian, bahkan nilainya mendekati nol. Semakin kecil nilai erosi diakhir penelitian, karena semakin tingginya kerapatan tutupan lahan olah, guludan yang semakin stabil dengan tanaman penguat teras yang semakin rapat dan kuat. Bertambahnya umur tegakan akan menghasilkan kanopi tanaman menjadi semakin rimbun dan mampu menahan air hujan yang jatuh tidak langsung ke permukaan tanah, sehingga mengakibatkan air hujan akan tertahan dalam tajuk tersebut (Pratiwi, 2007).

4.3 Perbedaan Jumlah Tanah yang Tererosi Terhadap Plot Perlakuan

Perbedaan rata-rata jumlah tanah yang tererosi dengan pemberian hidromulsa 0,5% dan 1% dengan kombinasi penggunaan geojute didapatkan dengan menggunakan analisis deskriptif dan analisis ragam (Anova) satu arah. Hasil analisis deskriptif rata-rata jumlah tanah yang tererosi pada plot hidromulsa konsentrasi 0,5% dapat dilihat pada Tabel 4 dan Hasil analisis deskriptif rata-rata jumlah tanah yang tererosi pada plot hidromulsa dengan konsentrasi 1% dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 4.
Hasil Rata-rata Besaran Erosi Pada Plot Hidromulsa 0.5%

Plot Perlakuan	N	Mean	Std. Deviation
A Kontrol	32	1.270024	2.9377509
B Hidromulsa 0.5% + Geojute 5 Mesh	32	0.183862	0.630617
C Hidromulsa 0.5% + Geojute 3 Mesh	32	0.244414	0.7564074
D Hidromulsa 0.5% Tanpa Geojute	32	0.846593	2.4702864
Total	128	0.636223	2.0088576

Hasil analisis deskriptif yang terdapat pada Tabel 8 menunjukkan nilai rata rata terbesar yaitu plot kontrol sebesar 1,27. Nilai rata-rata terkecil pada plot hidromulsa dengan konsentrasi 0.5% yaitu plot B dengan rata-rata jumlah tanah yang tererosi sebesar 0,18 dan plot C dengan rata-rata jumlah tanah yang tererosi sebesar 0,24. Dengan demikian, maka secara analisis deskriptif dapat disimpulkan plot B hidromulsa 1% dan pemakaian geojute 5 mesh dapat mengurangi besaran erosi secara signifikan jika dibandingkan dengan plot kontrol.

Tabel 5.
Hasil Rata-rata Besaran Erosi Pada Plot Hidromulsa 1%

Plot Perlakuan	N	Mean	Std. Deviation
A Kontrol	32	1.115057	2.5020315
B Hidromulsa 1% + Geojute 5 Mesh	32	0.163086	0.5907609
C Hidromulsa 1% + Geojute 3 Mesh	32	0.207041	0.6971404
D Hidromulsa 1% Tanpa Geojute	32	0.594797	1.1144193
Total	128	0.519996	1.4773101

Hasil analisis deskriptif yang terdapat pada Tabel 9 menunjukkan nilai rata rata terbesar yaitu plot kontrol sebesar 1,11. Nilai rata-rata terkecil pada plot hidromulsa dengan konsentrasi 1% yaitu plot B dengan rata-rata jumlah tanah yang tererosi sebesar 0,16 dan plot C dengan rata-rata jumlah tanah yang tererosi sebesar 0,20. Dengan demikian, maka secara analisis deskriptif dapat disimpulkan plot B hidromulsa 1% dan pemakaian geojute 5 mesh dapat mengurangi besaran erosi secara signifikan jika dibandingkan dengan plot kontrol.

Berdasarkan Tabel 4 dan Tabel 5 secara analisis deskriptif menunjukkan perbedaan hasil rata-rata jumlah tanah yang tererosi antara plot B hidromulsa 0,5% kombinasi geojute 5 mesh dengan plot B hidromulsa 1% kombinasi geojute 5 mesh tidak berbeda signifikan tetapi keduanya dapat mengurangi jumlah tanah yang tererosi.

Analisis ragam satu arah digunakan untuk pengujian perbedaan rata-rata tiga kelompok atau lebih dengan membandingkan ragam (Variance). Nilai rata-rata jumlah tanah yang tererosi pada plot hidromulsa konsentrasi 0,5% dapat dilihat pada Tabel 6 dan Nilai rata-rata jumlah tanah yang tererosi pada plot hidromulsa dengan konsentrasi 1% dapat dilihat pada Tabel 7 dengan $\alpha = 0,05$ atau tingkat kepercayaan 95%.

Tabel 6.
Hasil Analisis Ragam Pada Plot Hidromulsa 0.5%

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Rata-rata Kuadrat	F Hitung	F Tabel
Antar Grup	25.731	3	8.577	2.185	2.68
Dalam Grup	486.778	124	3.926		
Total	512.51	127			

Hasil statistik analisis ragam satu arah pada plot hidromulsa dengan konsentrasi 0,5% dengan penggunaan geojute yang terdapat pada Tabel 6 menunjukkan nilai F-Hitung (2,18) lebih kecil dari F-Tabel (2,68), maka nilai jumlah tanah yang tererosi antar plot perlakuan tidak memiliki perbedaan yang signifikan. Hasil ini menunjukkan bahwa aplikasi hidromulsa dengan kombinasi geojute belum mampu menurunkan jumlah tanah yang tererosi secara signifikan pada lahan kering berlereng dengan tipe lahan berbukit (Kemiringan 22%). Namun dari hasil analisis deskriptif pada Tabel 4 hidromulsa dengan konsentrasi 0,5% dan penggunaan geojute 5 mesh memiliki perbedaan antar setiap plot perlakuan. Khususnya perbedaan antara plot kontrol dengan plot hidromulsa 0,5% dengan geojute 5 mesh yang memiliki perbedaan yang signifikan dan mampu mengurangi jumlah tanah yang tererosi.

Tabel 7.
Hasil Analisis Ragam Pada Plot Hidromulsa 1%

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Rata-rata Kuadrat	F Hitung	F Tabel
Antar Grup	18.721	3	6.24	2.994	2.68
Dalam Grup	258.45	124	2.084		
Total	277.171	127			

Hasil statistik analisis ragam satu arah pada plot hidromulsa dengan konsentrasi 1% dengan penggunaan geojute yang terdapat pada Tabel 7 menunjukkan nilai F-Hitung (2,99) lebih besar dari F-Tabel (2,68), artinya nilai jumlah tanah yang tererosi antar plot perlakuan memiliki perbedaan yang signifikan. Berdasarkan hasil yang di peroleh menunjukkan bahwa hidromulsa 1% dengan penggunaan geojute secara statistik mampu menurunkan jumlah tanah yang tererosi secara signifikan pada lahan kering berlereng dengan tipe lahan berbukit (Kemiringan 22%).

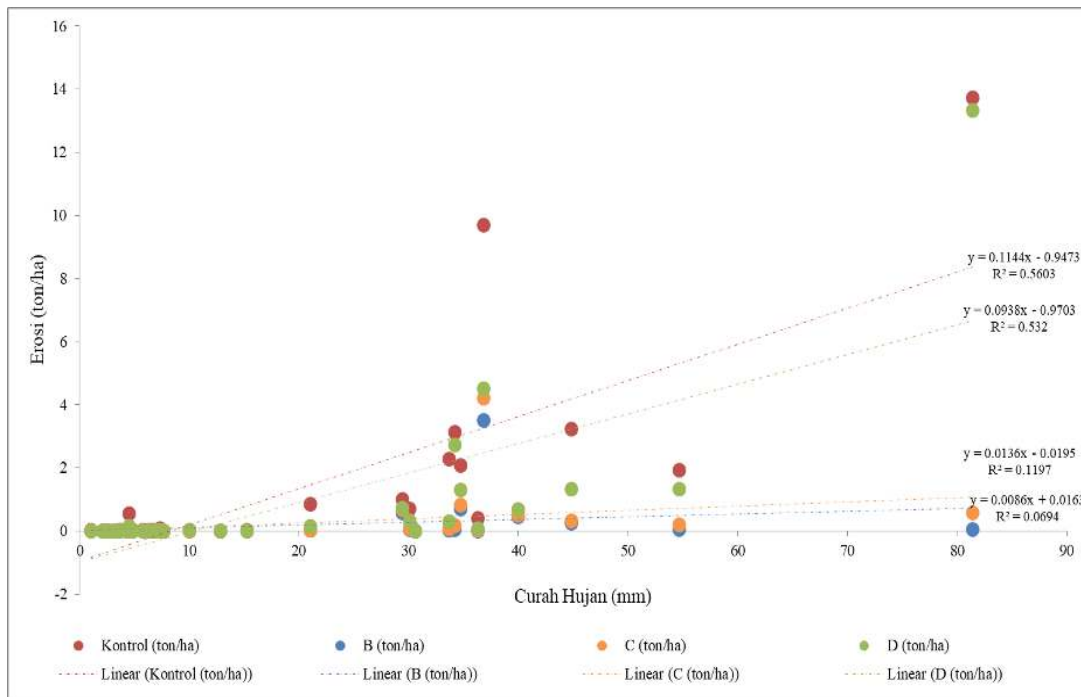
Hasil analisis ragam satu arah ini sesuai dengan pernyataan bahwa penggunaan geojute 3 mesh dapat menurunkan laju erosi sebesar 84,86% sedangkan penggunaan geojute 5 mesh mampu menurunkan laju erosi sebesar 90,79% (Sinuraya, 2018) dan Hasil analisis ragam satu arah ini sesuai dengan pernyataan bahwa hidromulsa dengan konsentrasi guar gum 1% yang paling efektif untuk menekan laju erosi (Kendarto & Aliyah, 2018). Hal ini berbanding lurus dengan hasil penelitian bahwa hidromulsa konsentrasi guar gum 1% dan kombinasi penggunaan geojute 5 mesh lebih efektif dalam menurunkan jumlah tanah yang tererosi.

4.4 Hubungan Curah Hujan Terhadap Jumlah Tanah yang Tererosi

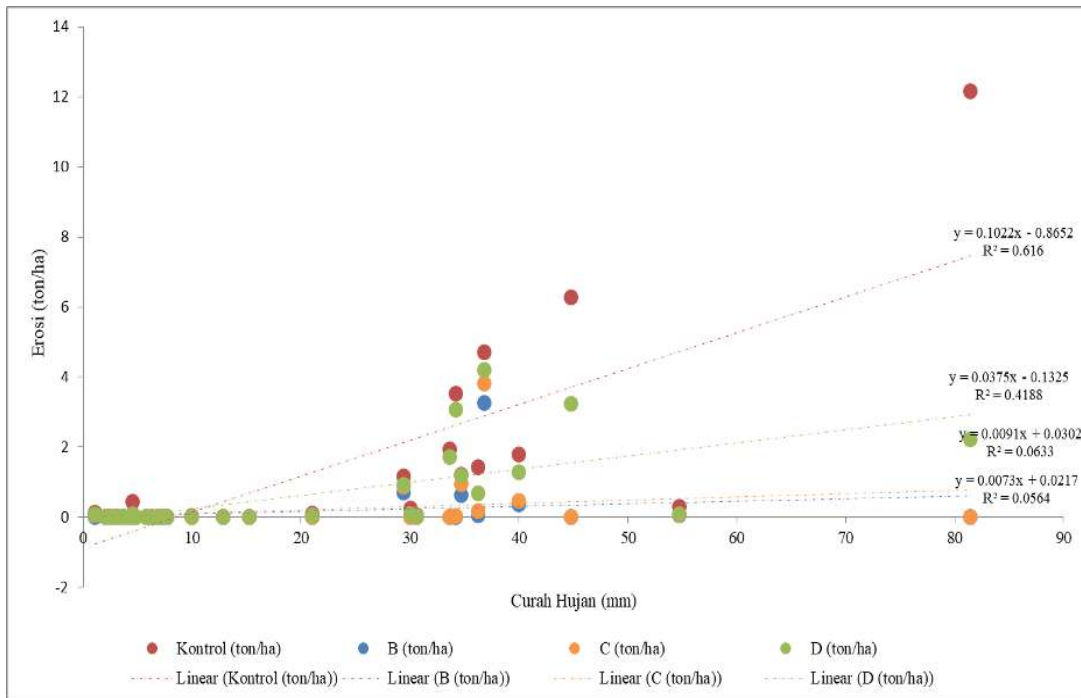
Erosi merupakan proses penggerusan atau pengikisan lapisan tanah bagian atas (*Top Soil*) yang disebabkan oleh air dan angin. Hubungan antara curah hujan yang terjadi dengan erosi selama

32 hari hujan menggunakan olah data analisis korelasi. Analisis korelasi yang dilakukan untuk menentukan hubungan keeratan antara tinggi curah hujan (Variabel Bebas) dan besarnya tanah yang tererosi (Variabel Terikat) pada hidromulsa konsentrasi 0,5% dengan pemakaian geojute dan hidromulsa konsentrasi 1% dengan pemakaian geojute yang ditimbulkan selama masa penelitian. Pada plot hidromulsa konsentrasi 0,5% terdapat empat perlakuan: (1) A kontrol, (2) B hidromulsa 0,5% dengan geojute 5 mesh, (3) C hidromulsa 0,5% dengan geojute 3 mesh, (4) D hidromulsa 0,5% tanpa pemakaian geojute. Pada plot hidromulsa konsentrasi 1% terdapat empat perlakuan: (1) A kontrol, (2) B hidromulsa 1% dengan geojute 5 mesh, (3) C hidromulsa 1% dengan geojute 3 mesh, (4) D hidromulsa 1% tanpa pemakaian geojute. Hubungan curah hujan terhadap erosi dapat dilihat pada Gambar 5 dan Gambar 6.

Gambar 5.
Hubungan Curah Hujan Terhadap Erosi Pada Plot Hidromulsa 0.5%



Gambar 6.
Hubungan Curah Hujan Terhadap Erosi Pada Plot Hidromulsa 1%



Hasil uji regresi pada Gambar 4 dan Gambar 5 menunjukkan plot B (Hidromulsa 0,5% + Geojute 5 Mesh) dan plot B (Hidromulsa 1% + Geojute 5 Mesh) memiliki garis tren erosi yang paling landai, artinya hidromulsa dengan konsentrasi 0,5% dan 1% dengan kombinasi pemakaian geojute 5 mesh mampu menurunkan erosi secara signifikan. Sedangkan plot A (Kontrol) memiliki garis tren erosi yang paling curam, artinya lahan tanpa penerapan konservasi tanah memiliki nilai erosi terbesar diantara semua plot perlakuan. Hasil uji regresi Gambar 4 dan Gambar 5 pada penelitian ini sesuai dengan pernyataan bahwa hidromulsa efektif dalam menurunkan erosi dan air larian (Bautista dkk., 2009) dan pernyataan bahwa geojute mampu menjadi kontrol erosi yang mampu mengurangi kecepatan dan jumlah air larian pada lahan berlereng (Bafdal, 2011).

Nilai determinasi (R^2) dan korelasi (R) dari hubungan curah hujan terhadap jumlah tanah yang tererosi diperoleh dari hasil analisis regresi yang terdapat pada Tabel 8 dan Tabel 9.

Tabel 8.

Hasil Analisis Regresi Curah Hujan Terhadap Erosi Pada Plot Hidromulsa 0.5%

Plot	Korelasi (R)	Determinasi (R^2)
A Kontrol	0.75	0.56
B Hidromulsa 0,5% + Geojute 5 Mesh	0.26	0.07
C Hidromulsa 0,5% + Geojute 3 Mesh	0.35	0.12
D Hidromulsa Tanpa Geojute	0.73	0.53

Tabel 9.

Hasil Analisis Regresi Curah Hujan Terhadap Erosi Pada Plot Hidromulsa 1%

Plot	Korelasi (R)	Determinasi (R ²)
A Kontrol	0.78	0.62
B Hidromulsa 1% + Geojute 5 Mesh	0.24	0.06
C Hidromulsa 1% + Geojute 3 Mesh	0.25	0.06
D Hidromulsa Tanpa Geojute	0.65	0.42

Hasil korelasi hubungan curah hujan terhadap laju erosi pada Tabel 8 dan Tabel 9 menunjukkan plot A (Kontrol) mempunyai nilai korelasi (R) sebesar 0,75 dan 0,78 termasuk kedalam kategori kuat menurut (Sugiyono, 2012). Nilai korelasi tersebut menunjukkan kuatnya hubungan curah hujan dengan besaran erosi yang terjadi. Berdasarkan Tabel 8 nilai determinasi (R²) sebesar 0,56 hal ini menunjukkan bahwa pengaruh curah hujan terhadap jumlah tanah yang tererosi sebesar 56% dan Tabel 9 mempunyai nilai determinasi (R²) sebesar 0,62 menunjukkan pengaruh curah hujan terhadap jumlah tanah yang tererosi sebesar 62%.

Hasil korelasi hubungan curah hujan terhadap laju erosi pada plot B (Hidromulsa 0,5% + 5 Mesh) memiliki nilai korelasi (R) sebesar 0,26 dan plot B (Hidromulsa 1% + 5 Mesh) memiliki nilai korelasi (R) sebesar 0,24 sehingga termasuk kedalam kategori rendah menurut (Sugiyono, 2012). Hasil korelasi tersebut menunjukkan bahwa jumlah tanah tererosi yang disebabkan oleh curah hujan tidak terlalu besar. Jumlah tanah yang tererosi selama 32 hari hujan atau selama masa penelitian pada plot B (Hidromulsa 0,5% + 5 Mesh) sebesar 0,183 ton/ha dan pada plot B (Hidromulsa 1% + 5 Mesh) sebesar 0,163 ton/ha. Sedangkan erosi yang terjadi selama 32 hari hujan sebesar 1,270 ton/ha. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan hidromulsa dan kombinasi pemakaian geojute mampu menurunkan jumlah tanah tererosi secara signifikan jika dibandingkan dengan plot kontrol.

4.5 Rata-rata Jumlah Tanah yang Tererosi Selama Masa Penelitian

Salah satu faktor yang menyebabkan terjadinya erosi yaitu curah hujan. Saat jumlah curah hujan yg tinggi dan lama waktu hujan tinggi serta penyebaran hujan pada tempat yang permukaan tanahnya sudah jenuh akan meningkatkan potensi terjadinya erosi dan air larian (*Runoff*). Salah satu faktor yang menyebabkan erosi pada penelitian ini adalah curah hujan.

Penelitian yang dilakukan sebagai upaya untuk menurunkan besaran tanah yang tererosi dan untuk mengetahui perbedaan rata-rata jumlah tanah yang tererosi pada plot yang diberi perlakuan hidromulsa konsentrasi 0,5% kombinasi pemakaian geojute dengan hidromulsa konsentrasi 1% kombinasi pemakaian geojute selama 32 hari kejadian hujan. Pada plot hidromulsa konsentrasi 0,5% terdapat empat perlakuan: (1) A kontrol, (2) B hidromulsa 0,5% dengan geojute 5 mesh, (3) C hidromulsa 0,5% dengan geojute 3 mesh, (4) D hidromulsa 0,5% tanpa pemakaian geojute. Pada plot hidromulsa konsentrasi 1% terdapat empat perlakuan: (1) A kontrol, (2) B hidromulsa 1% dengan geojute 5 mesh, (3) C hidromulsa 1% dengan geojute 3 mesh, (4) D hidromulsa 1% tanpa pemakaian geojute. Rata-rata jumlah tanah yang tererosi selama masa penelitian dapat dilihat pada Tabel 10 dan Tabel 11.

Tabel 10.

Rata-rata Jumlah Tanah yang Tererosi Pada Plot Hidromulsa 0.5%

Rata-rata Erosi pada Plot A Kontrol (ton/ha)	Plot	Rata-rata Tanah yang Tererosi (ton/ha)	Selisih Nilai Erosi Terhadap Plot Kontrol (ton/ha)	Persentase Selisih Nilai Erosi Terhadap Plot Kontrol (%)
1.27	B	0.18	1.09	85.52%
	C	0.24	1.03	80.75%
	D	0.85	0.42	33.34%

Tabel 10 menunjukkan perlakuan pada plot B dengan penggunaan aplikasi hidromulsa konsentrasi 0,5% dengan kombinasi pemakaian geojute 5 mesh dapat menurunkan erosi sebesar 85,52% dan perlakuan pada plot C dengan penggunaan aplikasi hidromulsa konsentrasi 0,5% dengan kombinasi pemakaian geojute 3 mesh dapat menurunkan erosi sebesar 80,75%, sedangkan perlakuan pada plot D dengan penggunaan aplikasi hidromulsa 0,5% tanpa kombinasi geojute dapat menurunkan erosi sebesar 33,34%.

Tabel 11.

Rata-rata Jumlah Tanah yang Tererosi Pada Plot Hidromulsa 1%

Rata-rata Erosi pada Plot A Kontrol (ton/ha)	Plot	Rata-rata Tanah yang Tererosi (ton/ha)	Selisih Nilai Erosi Terhadap Plot Kontrol (ton/ha)	Persentase Selisih Nilai Erosi Terhadap Plot Kontrol (%)
1.12	B	0.16	0.95	85.37%
	C	0.21	0.91	81.43%
	D	0.59	0.52	46.65%

Tabel 11 menunjukkan perlakuan pada plot B dengan penggunaan aplikasi hidromulsa konsentrasi 1% dengan kombinasi pemakaian geojute 5 mesh dapat menurunkan erosi sebesar 85,37% dan perlakuan pada plot C dengan penggunaan aplikasi hidromulsa konsentrasi 1% dengan kombinasi pemakaian geojute 3 mesh dapat menurunkan erosi sebesar 81,43%, sedangkan perlakuan pada plot D dengan penggunaan aplikasi hidromulsa 1% tanpa kombinasi geojute dapat menurunkan erosi sebesar 46,65%.

Tabel 10 dan Tabel 11 menunjukkan plot kontrol mempunyai persentase yang paling rendah untuk menurunkan laju erosi, sedangkan pada plot D yang hanya menggunakan aplikasi hidromulsa tanpa kombinasi pemakaian geojute mempunyai persentase sekitar 33-46% dalam menurunkan jumlah tanah yang tererosi, sehingga dapat diartikan penggunaan hidromulsa dengan kombinasi pemakaian geojute sebagai penutup permukaan tanah sangat baik dan efektif apabila diterapkan secara gabungan atau bersamaan. Tabel 10 dan Tabel 11 menunjukkan pada plot B persentase penurunan erosi sebesar 85% dan pada plot C sebesar 80%-81% yang artinya penerapan aplikasi hidromulsa dengan kombinasi pemakaian geojute 5 mesh lebih unggul untuk menurunkan besaran erosi. Secara teori bahwa penggunaan geojute 3 mesh seharusnya dapat menekan besaran erosi paling efektif karena kerapatan mesh yang lebih rapat sebagai menutup tanah dibandingkan dengan geojute ukuran 5 mesh. Berbeda dengan hasil penelitian yang diperoleh bahwa plot B dengan penggunaan

gabungan hidromulsa dan geojute 5 mesh dapat menurunkan erosi sebesar 85%, paling efektif dibandingkan dengan plot C dan D.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

1. Penerapan aplikasi hidromulsa konsentrasi 1% dengan kombinasi pemakaian geojute 5 mesh memiliki perbedaan yang signifikan dalam menurunkan jumlah tanah yang tererosi dan lebih unggul dibandingkan dengan aplikasi hidromulsa konsentrasi 0,5% dengan kombinasi pemakaian geojute dalam menurunkan jumlah tanah yang tererosi.
2. Hubungan curah hujan terhadap erosi selama 32 hari kejadian hujan, penerapan aplikasi hidromulsa konsentrasi 0,5 dan 1% dengan kombinasi pemakaian geojute 5 mesh mampu menurunkan erosi secara signifikan.
3. Perbedaan jumlah tanah yang tererosi selama 32 hari hujan atau selama masa penelitian pada plot B (Hidromulsa 0,5% + 5 Mesh) sebesar 0,183 ton/ha dan pada plot B (Hidromulsa 1% + 5 Mesh) sebesar 0,163 ton/ha. Sehingga plot B (Hidromulsa 1% + 5 Mesh) dinyatakan lebih efektif dalam menurunkan besaran erosi, tetapi keduanya mampu untuk menurunkan besaran erosi.
4. Dibandingkan dengan geojute 3 mesh yang mampu menurunkan erosi sebesar 80-81%, geojute 5 mesh masih lebih unggul untuk menurunkan erosi sebesar 85%.

5.2 Saran

Adapun saran untuk penelitian ini, yaitu :

1. Menambahkan variasi bahan hidromulsa, penambahan konsentrasi guar gum dan ukuran jaring geojute.
2. Penambahan metode dengan hanya menggunakan geojute tanpa hidromulsa, untuk mengetahui jumlah tanah yang tererosi.
3. Perlu dilakukannya penelitian serupa dengan menggunakan pompa sebagai media penyebar larutan hidromulsa sehingga proses penyebaran lebih optimal dan merata
4. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai perubahan sifat fisik dan kimia tanah sebelum dan sesudah penggunaan hidromulsa

DAFTAR PUSTAKA

- Amaru, K., Dwiratna, S., Bafdal, N., & Abidin, J. (2013). *Penentuan Tingkat Bahaya Erosi dengan Menggunakan Sistem Informasi Geografis di Sub DAS Cikeruh Kabupaten Bandung-Sumedang* (Vol. 7). Jurnal Teknotan.
- Arsyad, S. (2012). *Konservasi Tanah dan Air*. Bogor: IPB Press.
- Asdak, S. (2011). *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan, P. P. dan P. P. P. H. (2012). *Mulsa Daun Kering Pengendali Gulma dan Penyubur Tanah di Hutan Tanaman*. Kementerian Kehutanan.
- Badan Pusat Statistik. (2017). Kabupaten Sumedang dalam Angka 2017. Badan Pusat Statistik.
- Badan Pusat Statistik. (2019). Statistik Indonesia 2019. Badan Pusat Statistik.
- Bafdal, N. (2011). Could Geojute Effective To Control Erosion And Run Off On Areas With Various Land Slope. Agriculture Industrial Technology Faculty – Universitas Padjadjaran.
- Bafdal, N. P., Amaru, K., & Suryadi, E. (2011). Teknik Pengendalian Tanah dan Air. Sumedang: Fakultas Teknologi Industri Pertanian, Universitas Padjadjaran.
- Bafdal, N and Dwiratna, N.P.S. (2016). Penjadwalan Irigasi Berbasis Neraca Air pada Sistem Pemanenan Air Limpasan Permukaan untuk Pertanian Lahan Kering. *Jurnal Keteknikaan Pertanian*, 4(2):219-226.
- Caltrans. (2018). Hydroseed and Hydromulch. Retrieved from Terdapat pada; https://www.dot.ca.gov/design/lap/landscape-design/erosioncontrol/hydroseed/hydroseed_hydromulch.html.
- FAO. (1993). *Field Measurement of Soil Erosion and Runoff*. Food and Agriculture Organization of United Nation.
- Hidayat, A., & Mulyani, A. (2002). *Lahan Kering untuk Pertanian*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat.
- Kendarto, D. R., Aliyah, F., Bafdal, N., Dwiratna, S., & Herwanto, T. (2018). *Kajian Penambahan Guargum dan Benih Rumput Bermuda dalam Aplikasi Hydroseeding Terhadap Laju Erosi*. 11(1), 7.
- Latifah, D. N., Kendarto, D. R., Bafdal, N., Herwanto, & NP, S. D. (2017). Karakteristik Fisik Beberapa Bahan Aditif Alami Sebagai Bahan Pengental Dalam Pengembangan Hydroseeding/Hydromulch Untuk Revegetasi Lahan Marginal dan Lahan Bekas Tambang. *Proseeding Seminar “Pengembangan Ilmu dan Teknologi Pertanian Bersama Petani Lokal untuk Optimalisasi Lahan Suboptimal”*, 206-212.
- Peraturan Menteri Kehutanan. (Nomor 4 Tahun 2011). Pedoman Reklamasi Hutan. Republik Indonesia.
- Prats, S. A., Malvar, M. C., Vieira, D. C. S., MacDonald, L., & Keizer, J. J. (2016). Effectiveness of Hydromulching to Reduce Runoff and Erosion in a Recently Burnt Pine Plantation in Central Portugal: Post-Fire Hydromulching Reduced Runoff dan Sediment Losses. *Land Degradation & Development*, 27(5), 1319–1333. <https://doi.org/10.1002/ldr.2236>
- Purnamasari, P. (2019). *Kajian Aplikasi Hidromulsa dan Geojute Terhadap Besaran Erosi*. Skripsi. Fakultas Teknologi Industri Pertanian.
- Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat. 2005. *Pemupukan Fosfat dan Kalium Tanah Sawah Berdasarkan Uji Tanah Mendukung Pertanian Organik*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat, Bogor.
- Pusdatin Kementan. (2016). *Outlook: Komoditas Pertanian Sub Sektor Tanaman Pangan (Jagung)*. Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian Kementerian Pertanian.
- Ryanto, H. D., U. Pahlana. (2014). Efisiensi dan Efektivitas Formulasi Bahan Hydroseeding Terhadap Perkecambahan Benih Tanaman Hutan. *Prosiding Seminar Nasional Pengelolaan DAS Terpadu untuk Kesejahteraan Masyarakat (pp. Hal 163-177)*. Malang: BPTKPDAS dan Fakultas Pertanian UNIBRAW.
- Sugiyono. (2007). *Metode Penelitian Bisnis*. Bandung: CV. Alfabeta.

Lampiran

Lampiran 1.

Hasil Analisis Sifat Fisik dan Kimia Tanah di Lahan Penelitian



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS PADJADJARAN
FAKULTAS PERTANIAN
DEPARTEMEN ILMU TANAH DAN SUMBERDAYA LAHAN
LABORATORIUM KIMIA TANAH DAN NUTRISI TANAMAN
Jl. Raya Bandung-Sumedang Km 21, Jatinangor 45363 Telp./Fax : (022) 7795506 E-mail: kalab.knt@unpad.ac.id

No. Lab : S-1315 / 11 / 2018

Hasil Analisis Tanah

Pengirim : Nur Putri Purnamasari K.
 Alamat : Fakultas Teknologi Industri Pertanian
 Tanggal Masuk : 27 November 2018
 Asal Tanah : Ciparanje
 Kedalaman : 0-30 cm

No.	Parameter	Satuan	Hasil	Kriteria
1.	C-Organik	(%)	1,25	Rendah
2.	Bobot Isi	(g/cm ³)	1,12	-
3.	Permeabilitas	(cm/jam)	0,49	Lambat
4.	Kadar Air (% Volume) pada pF :			
	pF ₁	-	52,02	-
	pF ₂	-	47,34	-
	pF _{3,34}	-	40,73	-
5.	Struktur	-	-	Subangular Blocky
6.	Pori Drainase Cepat	(%)	10,40	-
7.	Pori Drainase Lambat	(%)	6,61	-
8.	Porositas	(%)	57,74	Baik
9.	Kadar Air	(%)	36,37	-
10.	Tekstur :			
	Pasir	(%)	5	Liat
	Debu	(%)	26	
	Liat	(%)	69	

Keterangan: Nilai hasil analisis yang tercantum hanya berlaku bagi contoh yang bersangkutan



Dr. Ir. H. Denny Kurniadie, M.Sc.
NIP. 1986031986031005

Jatinangor, 17 Desember 2018

Kepala Laboratorium,



Dr. Emma Trinurani Sofyan, ST.,MP.
NIP. 196603221996032001

Lampiran 2.

Klarifikasi Curah Hujan Selama Masa Penelitian

No.	Tanggal	CH (mm)	Klasifikasi
1	27/11/2018	36.81	Sedang
2	28/11/2018	34.71	Sedang
3	02/12/2018	1.05	Sangat Ringan
4	03/12/2018	4.52	Sangat Ringan
5	04/12/2018	29.45	Sedang
6	06/12/2018	39.97	Sedang
7	11/12/2018	7.36	Ringan
8	12/12/2018	7.36	Ringan
9	13/12/2018	4.31	Sangat Ringan
10	18/12/2018	6.31	Ringan
11	19/12/2018	5.79	Ringan
12	23/12/2018	36.29	Sedang
13	25/12/2018	12.83	Ringan
14	26/12/2018	2.10	Sangat Ringan
15	27/12/2018	54.70	Lebat
16	28/12/2018	4.31	Sangat Ringan
17	29/12/2018	9.99	Ringan
18	05/01/2019	30.61	Sedang
19	08/01/2019	33.66	Sedang
20	11/01/2019	21.04	Sedang
21	12/01/2019	34.18	Sedang
22	13/01/2019	81.41	Lebat
23	15/01/2019	3.68	Sangat Ringan
24	17/01/2019	2.63	Sangat Ringan
25	18/01/2019	2.31	Sangat Ringan
26	20/01/2019	6.84	Ringan
27	22/01/2019	3.16	Sangat Ringan
28	27/01/2019	7.68	Ringan
29	01/02/2019	15.25	Ringan
30	02/02/2019	30.08	Sedang
31	03/02/2019	4.84	Sangat Ringan
32	04/02/2019	44.81	Sedang

Lampiran 3.

Rata-rata Erosi Pada Plot Perlakuan Hidromulsa 0.5%

A (ton/ha)	B (ton/ha)	C (ton/ha)	D (ton/ha)
9.697770998	3.506660313	4.213556351	4.520040397
2.079415357	0.697564724	0.823266217	1.311328128
0.012829098	0.004963998	0.006024989	0.008487505
0.545317662	0.071076874	0.082210928	0.150571792
1.012700127	0.588659466	0.676874206	0.732627065
0.681961881	0.441338416	0.497119864	0.675603558
0.074841169	0.003935197	0.015716645	0.023428632
0.008360864	0.002450233	0.002844134	0.007154596
0.016243117	0.007204574	0.007806014	0.011435832
0.019463151	0.002887548	0.00310144	0.011893266
0.027955951	0.007584922	0.008302414	0.009753494
0.413002965	0.007164337	0.013792884	0.072147395
0.009285896	0.000525201	0.00080305	0.002614994
0.004125053	0.000871665	0.001315756	0.002234858
1.929775519	0.057914019	0.195330368	1.32781025
0.018320627	0.001630665	0.005540661	0.016027107
0.033860864	0.001271919	0.001789072	0.013768742
0.011740788	0.002075392	0.003287802	0.005626429
2.279102075	0.018227446	0.082964845	0.294955527
0.862229818	0.026839327	0.029750995	0.14719568
3.119510801	0.05578992	0.182295637	2.723964422
13.72722173	0.053501059	0.567086192	13.33394748
0.015520966	0.002638712	0.00383058	0.006219822
0.000571792	0.000419314	0.000428632	0.000524142
0.000711563	7.7086E-05	0.000162643	0.000285896
0.03545108	0.002460822	0.005523083	0.007420584
0.006978081	0.000259212	0.001494282	0.002764507
0.010825921	0.001270648	0.003316391	0.006552308
0.020183185	0.000381194	0.000474375	0.00718975
0.709936468	0.0553759	0.06772554	0.333735705
0.017952139	0.002742482	0.003828886	0.005955104
3.237611182	0.257808132	0.313691233	1.317712834

Lampiran 3.

Rata-rata Erosi Pada Plot Perlakuan Hidromulsa 1%

A (ton/ha)	B (ton/ha)	C (ton/ha)	D (ton/ha)
4.709421855	3.259469504	3.807888183	4.201937738
1.214739517	0.626988564	0.948744804	1.19696562
0.135655715	0.021470212	0.053529646	0.077450774
0.444981069	0.050481787	0.074688479	0.084271495
1.159960378	0.711491741	0.87129218	0.91450579
1.790265142	0.368945362	0.477795426	1.284720457
0.012095722	0.004682338	0.005089792	0.006885218
0.02188903	0.001013342	0.001057179	0.001371876
0.006992164	0.001032402	0.001585769	0.003943244
0.004962304	0.000350699	0.00041169	0.001538331
0.015519483	0.000796696	0.000825921	0.001761965
1.426683609	0.059390089	0.185775095	0.694056332
0.016990682	0.002358111	0.00249047	0.015264718
0.001228293	0.000442821	0.000442609	0.000923549
0.299186785	0.059936468	0.071050402	0.08660737
0.009863405	0.0048687	0.007502541	0.008479458
0.03234244	0.001202033	0.001695892	0.0131313
0.062977764	0.002518001	0.00403219	0.030035578
1.939494282	0.009383736	0.012113511	1.722541296
0.103810673	0.004518424	0.010179797	0.058283778
3.538040025	0.00989263	0.038410419	3.060162008
12.14839178	0.002111817	0.008710292	2.217968022
0.007776789	0.000838628	0.005022872	0.00703939
0.002507412	0.000578145	0.000925667	0.001168996
0.000594028	0.000162008	0.000442821	0.000518848
0.002573062	0.000315121	0.000507836	0.001351122
0.004833757	0.001556544	0.003727234	0.004426938
0.010120712	0.00178399	0.002657772	0.003859382
0.021041931	0.000861288	0.004195256	0.01015756
0.25748094	0.002409149	0.004252435	0.081902584
0.005718763	0.000252012	0.001080898	0.003019907
6.273697586	0.006649513	0.017202033	3.237267048

Lampiran 4.

Total Jumlah Tanah yang Ter-erosi Selama Masa Penelitian

A Kontrol	B Hidromulsa 0.5% + Geojute 5 mesh (ton/ha)	C Hidromulsa 0.5% + Geojute 3 mesh (ton/ha)	D Hidromulsa 0.5% Tanpa Pemakaian Geojute (ton/ha)
40.64	5.88	7.82	27.09
A Kontrol	B Hidromulsa 1% + Geojute 5 mesh (ton/ha)	C Hidromulsa 1% + Geojute 3 mesh (ton/ha)	D Hidromulsa 1% Tanpa Pemakaian Geojute (ton/ha)
35.68	5.22	6.63	19.03

Lampiran 5. Contoh Perhitungan Erosi Aktual

$$E = \frac{C_{ap} \times V_{ap}}{A_p}$$

Keterangan :

E : Erosi (g/m²)

C_{ap} : Konsentrasi sedimen (g/L)

V_{ap} : Volume aliran permukaan (L)

A_p : Luas petak (m²)

Contoh perhitungan erosi aktual pada tanggal 27 November 2019 terhadap plot kontrol :

Diketahui:

Cap = 229,30 g/L

Vap = 35,02 L

Ap = 7,87 m²

Jawab :

E = (229,30 g/L * 35,02 L) / 7,87 m²

E = 1020,36 g/m²

PENGARUH HUBUNGAN MOTIVASI, KESELAMATAN DAN LINGKUNGAN KERJA PADA KINERJA KARYAWAN PT. PLN WILAYAH TERNATE

YunitaPrimasanti
Universitas Sahid Surakarta
Email : yprimasanti@gmail.com

Erna Indriastiningsih
Universitas Sahid Surakarta
email ernaindriasti16@gmail.com

Muhamad Djufran Saleh
Universitas Sahid Surakarta
Email : mdjufran07@gmail.com

ABSTRACT

Employees are the most important resource in the company because it has the intellect, talent, energy, desire, knowledge, and creativity that is needed by the company to achieve the vision and mission of the company. To improve employee performance in order to be qualified and work well one of the most important faktor is Safety, Work Environment and Work Motivation. Employees will feel secure while doing the work if, the company already has SOP (standart operation procedure) and also JSA (job safety analyst) in order to see what work risks will occur in the implementation. Therefore, the purpose of this study is to know the partial and simultaneous effect of occupational safety, work environment and work motivation on employee performance. The sample in this research is employees of PT. PLN (Persero) Area Ternate that is as much as 36 respondents. The analysis technique used multiple linear regression method with SPSS 16.0 tool. The result of this research shows that partially work safety and work environment have a significant effect on employee performance, while work motivation has no significant effect on employee performance. The results of simultaneous test of work safety, work environment and work motivation have a significant effect on employee performance.

Keywords: *Work Safety, Work Environment, Work Motivation and Employee Performance*

1. Pendahuluan

Kinerja seorang karyawan sangat berpengaruh terhadap produktivitas perusahaan. Perusahaan akan dikatakan baik jika mempunyai nilai produktifitas yang tinggi. Ada beberapa hal yang berpengaruh terhadap kinerja karyawan diantaranya motivasi kerja, lingkungan kerja dan sebagainya. Pada PT PLN wilayah Ternate sudah terdapat SOP (*standar operation procedur*) yang dibuat perusahaan dalam rangka mengurangi kecelakaan kerja. Tetapi dalam pelaksanaannya dilapangan, masih terdapat karyawan yang tidak mematuhi SOP yang sudah dibuat perusahaan sehingga masih terdapat kecelakaan kerja yang terjadi akibat kelalaian yang dilakukan oleh individu. Selain itu karena letak wilayah dan lingkungan kerja yang berada di kepulauan kecil diluar pulau Jawa menyebabkan sebagian karyawan yang rata-rata berasal dari pulau Jawa merasa kurang nyaman ditempatkan diwilayah tersebut. Pada Tahun 2019 PT PLN wilayah Ternate mempunyai kinerja karyawan dengan angka 67,6% angka ini masuk dalam kriteria cukup untuk pengukuran kinerja pada PT PLN Persero (sumber data PT PLN Persero: 2020). Dibandingkan wilayah lain di luar Jawa tentunya PT PLN wilayah Ternate ini perlu berbenah agar masuk dalam kategori baik atau terbaik. Karena PT PLN merupakan salah satu BUMN yang ada di Indonesia dan melayani masyarakat Indoonesia maka harus mempunyai kinerja yang bagus. Dalam rangka pengukuran kinerja tersebut maka peneliti tertarik untuk mengetahui pengaruh hubungan antara motivasi kerja, lingkungan kerja dan keselamatan kerja terhadap kinerja karyawan PT PLN wilayah Ternate. Perincian penelitian ini merumuskan beberapa hal yaitu :

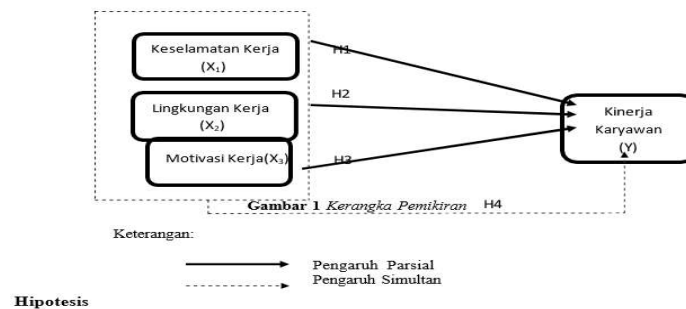
- Pengaruh motivasi kerja pada kinerja karyawan.
- Pengaruh keselamatan kerja pada kinerja karyawan.
- Pengaruh lingkungan kerja pada kinerja karyawan.
- Pengaruh motivasi , keselamatan dan lingkungan kerja pada kinerja karyawan.

2. Kerangka Teoritis dan Pengembangan Hipotesis

Suma'mur (1987:1) menyatakan keselamatan kerja adalah kondisi terhindar dari bahaya pada saat karyawan bekerja. Kesehatan kerja adalah semua hal yang berhubungan dengan keselamatan dari pekerja. Sedangkan Simanjuntak (1994), kecelakaan kerja dapat diartikan sebagai kondisi yang bebas dari resiko kecelakaan atau kerusakan atau dengan kata lain resiko yang relatif sangat kecil dibawah tingkat tertentu.

Menurut Ahyari (1994) dalam Fatmawati (2012) lingkungan kerja adalah suatu tempat dimana para karyawan melakukan pekerjaannya. Lingkungan kerja menjadi salah satu pertimbangan bagi seseorang didalam memiliki pekerjaan. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa yang dimaksud dengan lingkungan pekerjaan adalah suatu tempat dimana karyawan melaksanakan pekerjaannya ataupun segala sesuatu yang ada disekitar karyawan yang dapat mempengaruhi dirinya dalam melakukan pekerjaan yang dibebankan padanya (Romadhoni dkk, 2015). Motivasi sendiri adalah reaksi yang timbul dari dalam diri seseorang

sebagai dorongan karena adanya rangsangan dari luar yang mempengaruhi untuk memenuhi tujuan tertentu (Suranta,2002). Dari teori diatas, maka dibuat kerangka pemikiran penelitian sebagai berikut:

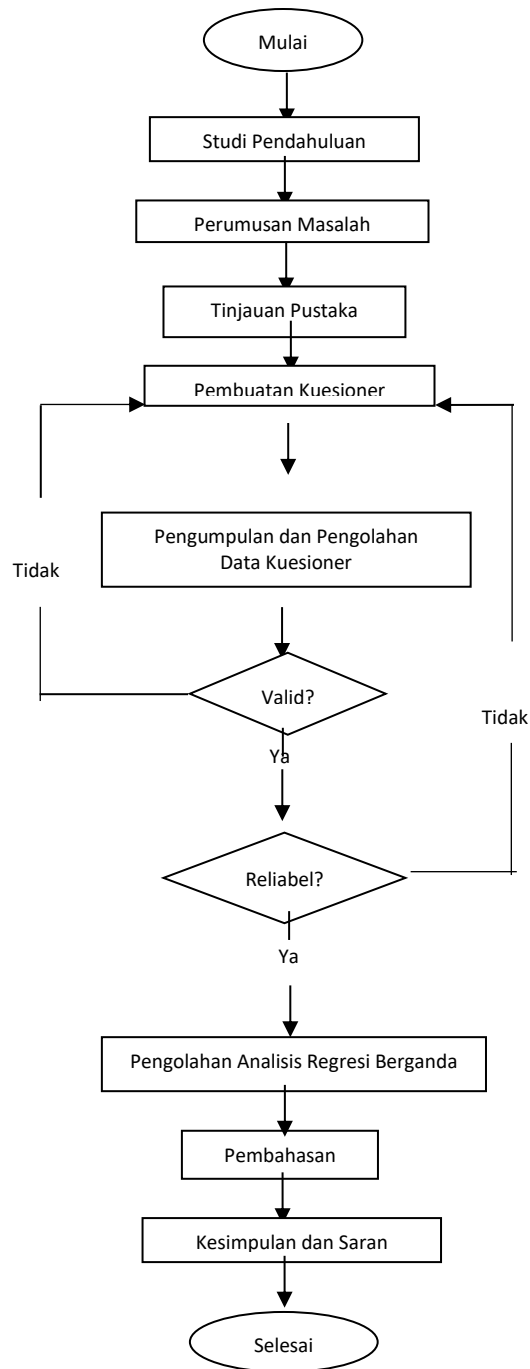


Gambar 1 Kerangka Pemikiran

Dari konsep kerangka pikiran diatas maka diajukan hipotesis sebagai berikut:

1. Keselamatan Kerja berpengaruh positif pada Kinerja Karyawan.
2. Lingkungan Kerja berpengaruh positif pada Kinerja Karyawan.
3. Motivasi Kerja berpengaruh positif pada Kinerja Karyawan.
4. Keselamatan Kerja, Lingkungan Kerja dan Motivasi Kerja berpengaruh positif dan simultan pada Kinerja Karyawan.

3. Metode Penelitian



Gambar 2 Alur penelitian

Langkah-langkah alur penelitian ini adalah :

- a. Melakukan studi pendahuluan pada obyek penelitian.
- b. Merumuskan permasalahan.

- c. Melakukan tinjauan pustaka tentang permasalahan dan metode yang akan digunakan dalam pemecahan masalah.
- d. Pembuatan kuesioner
- e. Pengumpulan data kuesioner
- f. Uji validitas dan reabilitas data

Analisis data pada penelitian ini menggunakan program SPSS *For Windows versi 16*, dimana hasilnya dipakai untuk membuktikan hipotesis yang sudah dibentuk. Langkah sebelum pembuktian hipotesis maka terlebih dahulu dilakukan uji validitas dan reabilitas data kuesioner.

Uji Validitas Instrument

Uji validitas kuesioner dilakukan dengan tujuan untuk mengukur valid tidaknya data pada kuesioner. Jika hasil dari pengukuran menyatakan data tidak valid maka kuesioner harus direvisi dan diuji kembali. Menurut (Pratiwi,2017) Suatu kuesioner dikatakan valid jika pertanyaanpada kuesioner mampu untuk mengungkapkan sesuatu yang akan diukur oleh kuesioner tersebut.

Uji Reliabilitas Instrumen

Uji reliabilitas instrumen dipergunakan untuk mengukur instrument terhadap ketetapan apabila dilakukan pengulangan. Menurut Arikunto (2002:146), instrument dikatakan reliabel jika memiliki koefisien $\alpha \geq 0,6$.

Cara yang dipergunakan untuk melakukan pengujian realibilitas menggunakan rumus koefisien *Alpha Cronbach* sebagai berikut:

- Jika hasil koefisien *alpha* > taraf signifikan 60% atau 0,6 maka kuesioner reliabel.
- Jika hasil koefisien *alpha* < taraf signifikan 60% atau 0,6 maka kuesioner tidak reliabel.

- g. Analisis Data

Analisis data yang digunakan pada penelitian ini menggunakan analisis regresi berganda.

Analisis Regresi Berganda

Analisis utama dalam penelitian menggunakan regresi linear berganda dimana model menguji pengaruh hubungan variabel independen (variabel bebas) secara simultan/serentak kepada variabel dependen (variabel tak bebas).

$$Y = a + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + e$$

Dimana:

Y = Kinerja Karyawan

a = Nilai

Konstanta $\beta_1, \beta_2, \beta_3 =$

Koefisien Regresi X_1 =
Keselamatan Kerja
 X_2 = Lingkungan Kerja
 X_3 = Motivasi Kerja
 e = *Standart Error*

- Uji Asumsi Klasik

Uji asumsi klasik digunakan sebagai persyaratan statistik yang harus dilakukan pada analisis linear berganda, dalam penelitian ini menggunakan Uji Normalitas, Uji Heterokedasitas, dan Uji Multikolinearitas

- Pengujian Hipotesis

Pengujian hipotesis dilakukan secara parsial dan simultan. Pengujian hipotesis parsial dilakukan untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh satu variabel bebas terhadap variabel tidak bebas, sementara itu satu atau lebih variabel bebas lainnya dalam keadaan tetap atau dikontrol. Sedangkan pengujian secara simultan dimaksudkan untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh variabel bebas (X_1 , X_2 , dan X_3) secara bersama-sama terhadap variabel terikat (Y).

- Pengujian Hipotesis Secara Parsial (Uji T)

Uji parsial yang digunakan adalah uji t dimana tools ini digunakan untuk menguji setiap variabel independent yaitu Keselamatan Kerja (X_1), Lingkungan Kerja (X_2), dan Motivasi Kerja (X_3) berpengaruh pada variabel dependent yaitu Kinerja Karyawan (Y) secara parsial. Berdasar pada teori maka pengambil keputusan dalam uji t dalam SPSS dengan tingkat signifikan yang ditetapkan adalah:

- a. Nilai signifikan $> 0,05$ H_0 diterima dan H_a ditolak, yang berarti tidak ada pengaruh antara variabel yang diuji.
- b. Nilai signifikan $< 0,05$ H_0 ditolak dan H_a diterima, yang berarti ada pengaruh antara variabel yang diuji.

Pengujian Hipotesis Secara Simultan (Uji F)

Uji F dipergunakan untuk mengetahui hubungan pengaruh antar variabel independen yaitu Keselamatan Kerja (X_1), Lingkungan Kerja (X_2), dan Motivasi Kerja (X_3) apakah mempunyai pengaruh positif dan signifikan pada variabel dependent yaitu Kinerja Karyawan (Y). Kriteria dalam pengambilan keputusan pada uji F menggunakan tools SPSS sebagai berikut:

- a. Nilai signifikan $> 0,05$ maka H_0 diterima dan H_a ditolak, atau variabel bebas dari model regresi linear tidak mampu menjelaskan variabel terkait.
- b. Nilai signifikan $< 0,05$ maka H_0 ditolak dan H_a diterima, atau variabel bebas dari model regresi linear mampu menjelaskan variabel terkait.

4. Hasil Penelitian

Pada pengolahan data, langkah pertama yang dilakukan adalah dengan menguji validitas dan reabilitas kuesioner menggunakan tool SPSS versi 16. Hasil pengolahan tersebut adalah sebagai berikut :

Tabel 1
Hasil Validitas dan Reliabilitas Data

Variabel	Indikator	koefisien regresi	Status	α Crobach	ket
X1	X1.1	0.505	Valid	0.727	Reliabel
	X1.2	0.700			
	X1.3	0.505			
	X1.4	0.712			
	X1.5	0.487			
X2	X2.1	0.845	Valid	0.767	Reliabel
	X2.2	0.770			
	X2.3	0.362			
	X2.4	0.713			
	X2.5	0.675			
	X2.6	0.722			
X3	X3.1	0.601	Valid	0.617	Reliabel
	X3.2	0.481			
	X3.3	0.441			
	X3.4	0.347			
	X3.5	0.417			
Y	Y1	0.721	Valid	0.700	Reliabel
	Y2	0.389			
	Y3	0.739			
	Y4	0.361			
	Y5	0.384			

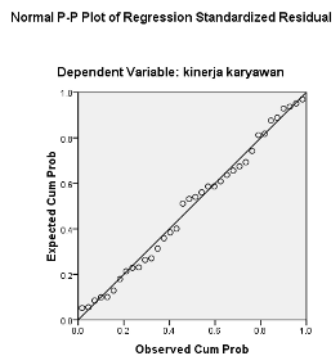
Sumber: Data Primer

Berdasarkan hasil pengujian validitas data pada instrumen penelitian dapat dilihat bahwa variabel X1, X2, X3 dan Y dinyatakan valid karena nilai korelasinya lebih besar dari 0,3. Dengan demikian, instrument penelitian yang digunakan dinyatakan valid. Sedangkan variabel X1, X2, X3 dan Y

mempunyai nilai *Cronbach Alpha* yang lebih besar dari 0,6. Dengan demikian instrument penelitian yang digunakan dinyatakan reliabel.

a. Uji Normalitas

Uji normalitas dipergunakan adalah untuk mencari gambaran apakah nilai residual berdistribusi normal atau tidak, model regresi dikatakan baik jika distribusi data normal atau mendekati normal. Penelitian ini menggunakan p-plot, kurva dikatakan terdistribusi normal jika data tersebar disekitar garis diagram dan mengikuti model regresi. Begitu juga sebaliknya, jika data menyebar jauh dari garis maka model regresi dinyatakan tidak normal..



Gambar 3 Grafik Uji Multikolinieritas

Pada gambar 3 dapat dilihat pola penyebaran data yang diwakili oleh tanda titik pada grafik diatas menunjukkan bahwa data bergerak dari kiri bawah kearah kanan atas membentuk arah garis diagonal. Berdasarkan hal ini, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa pola penyebaran data sudah memenuhi uji normalitas, sehingga dengan terpenuhinya uji normalitas maka analisis regresi layak digunakan.

b. Uji Multikolinieritas

Uji multikolinieritas digunakan untuk menguji adanya hubungan atau korelasi antar variabel independen (variabel bebas). Jika ada korelasi atau hubungan yang tinggi antara variabel independen (variabel bebas), menyebabkan hubungan antara variabel independen terhadap variabel dependen menjadi terganggu (Ghozali, 2005:19) untuk mendeteksi adanya multikolinieritas dapat dilihat dari *Value Inflation Factor* (VIF), apabila nilai VIF lebih kecil dari angka 10, maka hal tersebut menunjukkan tidak adanya gejala multikolinieritas antar variabel independen (variabel bebas).

Tabel 2

Hasil Uji Multikolinieritas Data

Variabel	Collinierity Statistic		Kesimpulan
	Tolerance	VIF	
Keselamatan Kerja	0.686	1.457	Tidak ada Multikolinieritas
Lingkungan	0.689	1.452	Tidak ada

Kerja			Multikolinieritas
Motivasi Kerja	0.984	1.017	Tidak ada Multikolinieritas

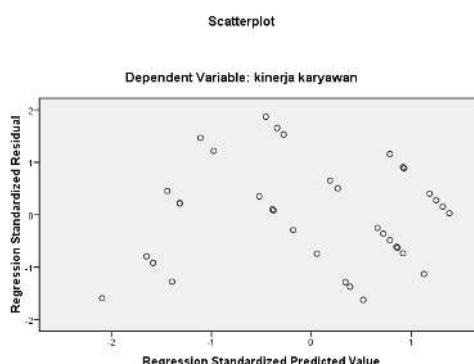
Sumber: Data Primer

Pada tabel diatas menunjukkan hasil perhitungan nilai *tolerance* tidak terdapat variabel independent yang mempunyai nilai *tolerance* < 10, yang berarti tidak terdapat variabel independent yang nilainya lebih besar dari 95%, begitupun dengan hasil perhitungan nilai VIF, dari variabel independen yang diuji tidak ada nilai VIF yang lebih dari 10, maka dapat ditarik kesimpulan tidak ada multikolinieritas antar variabel independent dengan model regresi sehingga analisis regresi layak digunakan.

c. Uji Heterokedastisitas

Uji heterokedastisitas mempunyai tujuan untuk menguji model regresi apakah terjadi ketidaksamaan *Variance* (perbedaan) dan *Residual* dari satu pengamatan ke pengamatan yang lain. Jika *Variance* dari *Residual* satu pengamatan dan pengamatan lain hasilnya tetap, maka disebut Homokedastisitas namun jika ada perbedaan disebut Heterokedastisitas. Analisis yang menjadi dasarnya adalah:

Jika terbentuk pola tertentu, misalnya Bergelombang, melebar kemudian menyempit, maka meninterpretasikan adanya heterokedastisitas. Namun Jika tidak ada pola, serta titik-titik yang menyebar diatas dan dibawah angka 0 pada sumbu Y, maka tidak ada heterokedastisitas



Gambar 4 Uji Heterokedastisitas

Pada gambar 4 nampak grafik terlihat titik tersebar secara acak mengikuti sumbu baik diatas maupun dibawah angka 0 pada sumbu Y. Berdasarkan hal tersebut maka dapat ditarik kesimpulan tidak terjadi heterokedastisitas pada model regresi, sehingga model regresi dinyatakan layak untuk memprediksi model.

d. Analisis Regresi Berganda

Setelah dilakukan perhitungan dengan menggunakan metode Analisis Regresi berganda, maka didapatkan hasil analisis regresi berganda sebagai berikut :

Tabel 3
Hasil Analisis Regresi Berganda

Variabel Penelitian	Koefisien Regresi (B)	T _{Hitung}	Sig t
Keselamatan Kerja (X1)	0.295	2.903	0.007
Lingkungan Kerja (X2)	0.460	7.440	0.000
Motivasi Kerja (X3)	0.706	0.841	0.407
Constanta	1.609		

Sumber: Data Primer

Dari hasil perhitungan analisis regresi diatas, dapat dilihat nilai R *Square* sebesar 0.797 yang berarti 79,7% variabel keselamatan kerja (X1), lingkungan kerja (X2), dan motivasi kerja (X3) mempengaruhi variabel kinerja karyawan (Y), sementara pengaruh variabel lain tidak dianalisis pada penelitian adalah sebesar 20,3% atau $100 - 79,7\%$.

e. Uji Parsial (Uji T)

Pada penelitian ini dilakukan uji T yang digunakan untuk menguji masing-masing variabel independent secara parsial, dengan hasilnya sebagai berikut :

Tabel 4
Hasil Uji Parsial (Uji T)

Variabel	T _{Hitung}	T _{Tabel}
X1	2.903	1.693
X2	7.440	1.693
X3	0.841	1.693

Sumber: Data Primer Diolah

Berdasar hasil perhitungan analisis regresi linear berganda diatas, diketahui nilai t_{hitung} dari variabel X adalah keselamatan kerja (X1) sebesar 2.903, pada variabel lingkungan kerja (X2) sebesar 7.440 dan pada variabel motivasi kerja (X3) sebesar 0.841, sedangkan nilai t_{tabel} sebesar 1.693. Dan perbandingan antara nilai t_{hitung} dan nilai t_{tabel} yang menunjukkan jika nilai t_{hitung} untuk variabel keselamatan kerja (X1) mempunyai pengaruh secara signifikan terhadap kinerja karyawan (Y). Sama halnya dengan nilai t_{hitung} dari variabel lingkungan kerja (X2) sebesar 7.440 juga lebih besar dari nilai t_{tabel} sehingga memiliki pengaruh secara signifikan pada kinerja karyawan (Y). Sedangkan nilai t_{hitung} dari variabel motivasi kerja (X3) sebesar 0.841 lebih kecil dari nilai t_{tabel} sehingga variabel motivasi kerja (X3) tidak mempunyai pengaruh signifikan terhadap kinerja karyawan (Y).

f. Uji Simultan (Uji F)

Uji F dilakukan untuk menguji pengaruh hubungan antar variabel independet, dengan hasil sebagai berikut :

Tabel 5
Hasil Uji Simultan (Uji F)

F _{Hitung}	F _{Tabel}	Signifikan
40.005	2,51	0.000

Sumber: Data Primer Diolah

Dari hasil perhitungan regresi linear berganda pada tabel diatas, diketahui nilai F_{hitung} pada variabel X1, X2 dan X3 sebesar 40.005 sedangkan nilai F_{tabel} dengan tingkat signifikan alpha ($\alpha = 0,05$) diperoleh F_{tabel} sebesar 2,51 maka H₀ ditolak dan H_a diterima karena F_{hitung} lebih besar dari F_{tabel}. Kesimpulannya bahwa variabel keselamatan kerja, lingkungan kerja dan motivasi kerja mempunyai pengaruh yang positif signifikan pada variabel kinerja karyawan.

Pengaruh Keselamatan Kerja Terhadap Kinerja Karyawan

Dari hasil penelitian yang menggunakan pengujian regresi linear berganda diketahui bahwa variabel keselamatan kerja mempunyai nilai koefisien regresi sebesar 0.295, yang berarti keselamatan kerja memiliki pengaruh positif pada tingkat kinerja karyawan, maksudnya adalah semakin tinggi keselamatan kerja karyawan maka semakin baik tingkat kinerja karyawan.

Secara umum keselamatan kerja dapat dikatakan sebagai ilmu dan penerapannya yang berkaitan dengan mesin, pesawat, alat kerja, bahan dan proses pengolahannya, landasan tempat kerja dan lingkungan kerja serta cara melakukan pekerjaan guna menjamin keselamatan tenaga kerja dan aset perusahaan agar terhindar dari kecelakaan dan kerugian (Suma'mur, 1985:2). Hasil penelitian ini mampu menjawab hipotesis yang diajukan bahwa keselamatan kerja mempunyai pengaruh signifikan terhadap kinerja karyawan.

Pengaruh Lingkungan Kerja Terhadap Kinerja Karyawan

Berdasar hasil penelitian dengan menggunakan pengujian regresi linear berganda dapat dilihat bahwa variabel lingkungan kerja mempunyai koefisien regresi 0.460, ini berarti bahwa lingkungan kerja berpengaruh positif pada kinerja karyawan yang berarti pula semakin baik lingkungan kerja maka semakin baik pula kinerja karyawan. Lingkungan kerja adalah segala sesuatu yang berada karyawan, mempunyai pengaruh kepada diri karyawan dan dapat berimbas pada tugas yang diberikan kepada karyawan.(Netisemito, 2004). Hasil penelitian mampu menjawab hipotesis bahwa lingkungan kerja berpengaruh positif terhadap kinerja karyawan.

Pengaruh Motivasi Kerja Terhadap Kinerja Karyawan

Berdasar pada penelitian yang telah dilakukan dengan menggunakan regresi linear berganda dapat dilihat bahwa variabel motivasi kerja mempunyai nilai koefisien regresi 0,076. Hal ini menunjukkan dimana motivasi kerja mempunyai pengaruh yang positif dan tidak signifikan terhadap kinerja karyawan. Hal ini berarti bahwa walaupun motivasi karyawan meningkat, tapi tidak signifikan

memberikan peningkatan kinerja pada karyawan. Maka hipotesis pada penelitian ini yang menyatakan jika motivasi kerja berpengaruh positif dan signifikan terhadap kinerja karyawan tidak terbukti.

Mangkunegara (2009: 61) menyatakan bahwa ada hubungan yang positif antara motivasi berprestasi dengan pencapaian kinerja. Artinya, pimpinan, manajer dan pegawai yang mempunyai motivasi berprestasi tinggi akan mencapai kinerja tinggi, dan sebaliknya mereka yang kinerjanya rendah disebabkan karena motivasi kerjanya rendah. Pada penelitian ini menyatakan jika hipotesis yang diajukan tidak terbukti karena tidak ada hubungan positif dan signifikan antara motivasi kerja dengan peningkatan kinerja karyawan.

Pengaruh Keselamatan Kerja, Lingkungan Kerja dan Motivasi Kerja Terhadap Kinerja Karyawan

Uji F dilaksanakan untuk mengetahui pengaruh variabel keselamatan kerja, lingkungan kerja dan motivasi kerja secara bersama-sama terhadap kinerja karyawan, diketahui bahwa nilai F_{hitung} sebesar 42.005 dengan taraf P-value (Sig) 0,000. Dengan F_{tabel} sebesar 2,51. Dikarenakan nilai $F_{hitung} > F_{tabel}$ ($42.005 > 2,51$) maka H_0 ditolak dan H_a diterima, artinya keselamatan kerja (X1), lingkungan kerja (X2) dan motivasi kerja (X3) secara simultan memiliki pengaruh terhadap kinerja karyawan (Y). Pengaruh yang diberikan oleh variabel keselamatan kerja, lingkungan kerja dan motivasi kerja yang bersifat positif bahwa semakin baik keselamatan kerja, lingkungan kerja dan pemberian motivasi maka akan semakin baik kinerja karyawan pad.

Keselamatan kerja merupakan hal yang harus mendapat perhatian karena akan memberikan rasa aman kepada dirinya saat bekerja. Dalam rangka meningkatkan kinerja, perusahaan harus dapat membuat lingkungan kerja yang baik atau menciptakan kondisi kerja yang mampu memotivasi karyawan agar bekerja dengan baik sehingga kinerja optimal dapat dicapai, maka hal ini dapat membawa pengaruh terhadap semangat dalam bekerja untuk meningkatkan kinerja karyawan.

5. Kesimpulan, Implikasi dan Keterbatasan

Kesimpulan penelitian yang telah dilakukan adalah:

- Keselamatan Kerja mempunyai pengaruh signifikan positif pada kinerja karyawan, ini berarti bahwa variabel keselamatan kerja memiliki hubungan dengan kinerja karyawan.
- Lingkungan Kerja mempunyai pengaruh signifikan positif pada kinerja karyawan, ini berarti bahwa variabel lingkungan kerja mempunyai hubungan dengan kinerja karyawan.
- Motivasi Kerja mempunyai pengaruh positif dan tidak signifikan terhadap kinerja karyawan, ini berarti bahwa walaupun motivasi karyawan meningkat, namun peningkatan kinerja karyawan tidak signifikan.
- Keselamatan Kerja (X1), Lingkungan Kerja (X2), dan Motivasi Kerja (X3) secara simultan mempunyai pengaruh signifikan terhadap Kinerja Karyawan, ini berarti bahwa secara simultan

keselamatan kerja (X1), lingkungan kerja (X2) dan motivasi kerja (X3) memiliki pengaruh pada kinerja karyawan.

Saran

Berdasar pada penelitian ini dan kesimpulan yang didapatkan, maka saran untuk penelitian selanjutnya adalah:

- Perlu adanya kesadaran dan pemahaman tentang aPD (alat pelindung diri) kepada karyawan untuk menghindari kecelakaan kerja.
- Perlu adanya kebijakan dari pimpinan agar memperhatikan kinerja karyawan dalam pemberian motivasi kerja untuk disesuaikan dengan harapan karyawan.
- Untuk penelitian selanjutnya yang sejenis variabel penelitian dibuat lebih variasi agar hasil yang didapatkan lebih maksimal.

Keterbatasan

Penelitian yang dilakukan ini masih banyak terdapat keterbatasan diantaranya :

- Ruang lingkup penelitian masih terbatas sehingga hanya bisa berlaku pada obyek penelitian atau obyek penelitian yang sejenis.
- Jumlah responden masih terbatas.

Referensi

- Almustofa, Resa. (2014). "Pengaruh Lingkungan Kerja, Motivasi Kerja, Disiplin Kerja Terhadap Kinerja Pegawai (Studi Pada Pegawai Perum Bulog Divisi Regional Jakarta)". *Skripsi. Semarang: Fakultas Ekonomika dan Bisnis, Universitas Diponegoro*.
- Amri, Sirlu. (2013). "Hubungan Antara Motivasi Kerja Dengan Kinerja Karyawan Bagian Produksi PT. Sari Warna Asli Unit II Boyolali". *Skripsi. Surakarta: Fakultas Psikologi, Universitas Muhammadiyah Surakarta*.
- Azis, Muhammad Dirham, (2018). Pengaruh Motivasi Kerja, Kompetensi, Dan Kompensasi Terhadap Kinerja Pegawai Pada Kantor Pelayanan Pajak Pratama Makassar Selatan. *Jurnal Aplikasi Manajemen, Ekonomi dan Bisnis, Vol. 2, No.2 April 2018*
- Elphiana, E.G., Yuliansyah, M. Diah., & M. Kosasih Zen., (2017 Pengaruh Keselamatan dan Kesehatan Kerja terhadap Kinerja Karyawan PT. Pertamina Ep Asset 2 Prabumulih.). *JEMBATAN – Jurnal Ilmiah Manajemen Bisnis Dan Terapan, No 2, Oktober 2017*
- Fatoni, A.F., Mukzan, M.D, & Mayowan, Yuniadi, (2018 Pengaruh Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) terhadap kinerja Karyawan (studi pada pg kebon agung malang). *Jurnal Administrasi Bisnis (JAB), Vol. 56 No. 1 Maret 2018*
- Hasibuan, M. (2008). Manajemen Sumber Daya Manusia. *Bumi Aksara. Jakarta*
- Hendianto Bayu Ramadan, Mukzam Mochammad Djudi, Iqbal Muhammad. (2014). "Pengaruh Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) Terhadap Motivasi Kerja Karyawan (Studi Pada Karyawan Bagian Drilling dan Oilfield Service PTEI nusa Tbk .Jakarta)". <http://administrasibisnis.studentjournal.ub.ac.id/index.php/jab/article/view/432>. (diakses 16 Maret 2021) *Jurnal Administrasi Bisnis Volume 10 Nomor 1 2014*
- Mangkunegara, Anwar Prabu.(2009).Manajemen Sumber Daya Manusia Perusahaan (cetakan kesembilan). Bandung: PT. Remaja Rosda karya.
- Marwansyah. (2010).Manajemen Sumber Daya, Manusia. *Bandung:Alfabeta*
- Mas'ud, Fuad, (2004).Survei Diagnosis Organisasional (Konsep dan Aplikasi), *BP Universitas Diponegoro, Semarang*
- Nitisemito, A. S. (1996), Manajemen Personalialia : Manajemen Sumber Daya Manusia. *Cetakan ke-9, Jakarta : Ghalia Indonesia*
- Nitisemito, A. S. (2004). Manajemen Sumber Daya Manusia dan Organisasi. *Jakarta: Unipress*
- Raharjo, Gatot. (2014). "Pengaruh Kepemimpinan, Motivasi Dan Lingkungan Kerja Terhadap Kinerja Karyawan Pada Pt. Citra Sukses Eratama Tangerang". *Journal bisnis dan manajemen eksekutif, 1(1), 1-7*
- Saydam, G.(2000). Manajemen Sumber Daya Manusia (human resources management). *Jakarta: Djambatan*.
- Sunyoto, Danang. (2012). "Analisis Hubungan Keselamatan Dan Kesehatan Kerja (K3) Terhadap Kepuasan Kerja Karyawan Di PT. Dystar Colour Indonesia. Institut Pertanian Bogor" (*Online*), (<http://www.repository.ipb.ac.id/handle/123456789/579>)
- Suma'mur,(1985),Keselamatan Kerja dan Pencegahan Kecelakaan. *Gunung Agung. Jakarta*
- Widayana I Gede, I Gede Wiratmaja. (2014), Keselamatan dan Kesehatan Kerja. *Graha Ilmu. Yogyakarta*
- Yunanda, Mega Arum. (2015). "Pengaruh Lingkungan Kerja Terhadap Kepuasan Kerja Dan Kinerja Karyawan (Studi Pada Perum Jasa Tirta I Malang Bagian Laboratorium Kualitas Air)". *Skripsi. Malang. Fakultas Ekonomi dan Bisnis, Universitas Brawijaya*

Sentiment Analysis untuk Opini Akademik Menggunakan Naive Bayes Classifier dan Information Gain

Amir Hamzah

Institut Sains & Teknologi AKPRIND
Yogyakarta
amir@akprind.ac.id

Tri Ramadhani

Institut Sains & Teknologi AKPRIND
Yogyakarta
ramadhanitri@gmail.com

Abstract.

Opinions are ideas or the results of someone's subjective thoughts in explaining or addressing something. IST AKPRIND Yogyakarta provides comment and suggestion box facilities in the learning evaluation questionnaire. Opinions that have been collected can be used to determine the sentiment of student opinions. This sentiment information can be used in evaluating the learning process. This study aims to analyze opinion sentiment using the Naive Bayes Classifier (NBC) method with feature selection using Information Gain (IG). The dataset consists of 3999 student opinions taken from student questionnaires. The process is taken in two stages, preprocessing and analysis. The preprocessing stage includes cleaning, text folding, normalization, stemming, stopword removal, negation conversion, and tokenization. The results of this study indicate that the NBC method can analyze sentiments automatically. The accuracy test shows 93.4% of the correct analysis results. Using IG increases the accuracy to 95,5% and shortens the processing time to 2.5% faster.

Keywords: *opinion, sentiment, NBC, information gain*

1. Pendahuluan

Opini adalah ide atau hasil pemikiran subyektif seseorang dalam menjelaskan atau menyikapi suatu masalah. Dalam evaluasi pembelajaran di Perguruan Tinggi, opini mahasiswa terhadap proses belajar yang diberikan dosen di kelas sangat penting untuk evaluasi pembelajaran. Dalam setiap akhir pembelajaran IST AKPRIND Yogyakarta menyediakan fasilitas evaluasi oleh mahasiswa terhadap kinerja dosen berupa pilihan ganda terhadap parameter kinerja seperti persiapan dosen, cara penyampaian, metode pembelajaran, fasilitas pembelajaran, pengelolaan kelas dan lain-lain. Analisis data dengan metode statistik deskriptif sederhana telah cukup memberikan gambaran tentang penilaian mahasiswa terhadap kinerja dosen menggunakan pilihan ganda. Salah satu data yang belum dapat dianalisis dengan metode statistik deskriptif tersebut adalah komentar dan saran dalam kuesioner yang disediakan dalam kotak saran dan komentar. Ratusan atau kadang ribuan komentar mahasiswa yang berupa data teks bebas merupakan opini yang sangat berharga bagi evaluasi tambahan terhadap kinerja dosen atau evaluasi pada fasilitas pembelajaran. Untuk itu dibutuhkan alat analisis sehingga data opini yang telah dikumpulkan dapat dimanfaatkan. Untuk menjawab kebutuhan tersebut *sentiment analysis* adalah alat analisis yang cocok untuk diterapkan. Penelitian ini

dilakukan untuk menjawab permasalahan tersebut dengan menerapkan *sentiment analysis* menggunakan metode *Naive Bayes* dan *information gain*.

Naive bayes classifier (NBC) merupakan salah satu metode dalam analisis sentimen. Algoritma NBC merupakan algoritma yang paling efektif dalam *machine learning* dan *Datamining* (Zhang et al., 2005). NBC bekerja dengan mengambil nilai probabilitas kelas (positif / negatif) tertinggi dari sebuah dokumen teks (opini). *Information gain* adalah teknik seleksi fitur menggunakan metode *scoring* nominal atau pembobotan atribut kontinu yang didiskretkan menggunakan maksimal entropy (keseragaman kelas) (Azhagusundari dan Thanamani, 2013). Tujuannya adalah untuk menyeleksi fitur yang berpengaruh kecil dalam proses analisis sentimen (Yunus, 2020). Dengan kombinasi *naive bayes classifier* dan *information gain* diharapkan dapat memberikan hasil yang akurat dan proses yang efisien.

Beberapa penelitian yang pernah dilakukan para peneliti terdahulu yang menerapkan metode NBC dan aplikasi *information gain* dalam aplikasi klasifikasi dan pemilihan fitur pada berbagai jenis data. Penelitian Abdi (2013) membandingkan klasifikasi data ketahanan pangan menggunakan algoritma *decision tree* dengan seleksi fitur menggunakan *information gain* dan seleksi fitur menggunakan *symmetrical uncertainty*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa algoritma *decision tree* yang menggunakan seleksi fitur *information gain* menghasilkan akurasi yang lebih tinggi, yaitu 52.02%, dibandingkan yang menggunakan *symmetrical uncertainty*, yaitu sebesar 49.84%. Kinerja seleksi fitur menggunakan *information gain* dilakukan Maulida et al. (2016). Penelitian diterapkan pada klasifikasi abstrak berbahasa Indonesia. Hasil penelitian menunjukkan seleksi fitur menggunakan *information gain* mampu mereduksi jumlah fitur sampai 89%. Penelitian-penelitian ini mengkonfirmasi bahwa aplikasi *information gain* dapat digunakan untuk menurunkan jumlah fitur

Hamzah (2014) melakukan penelitian untuk menganalisis sentimen dari saran kuesioner dalam evaluasi pembelajaran dengan metode *naive bayes classifier* (NBC). Pada penelitian ini menggunakan data teks saran dan komentar dari angket evaluasi pembelajaran yang diambil tahun 2012 sebanyak 3.663 komentar, tahun 2013 sebanyak 3.081 komentar, dan tahun 2014 sebanyak 3.625 komentar. Seleksi fitur tanpa menggunakan *information gain* dan hanya berdasarkan frekuensi kemunculan term pada dokumn. Hasil uji menunjukkan bahwa NBC dapat melakukan klasifikasi opini dengan benar rata-rata akurasi senilai 85,95%.

Penelitian tentang klasifikasi berita hoax dengan menggunakan 220 artikel yang 89 artikel di antaranya artikel hoax dan sisanya bukan hoax dilakukan oleh Rasywir dan Purwarianti (2015). Metode klasifikasi yang diujikan adalah metode SVM, C4.5 dan NBC. Hasil akhir menunjukkan bahwa metode NBC menghasilkan akurasi yang paling baik, yaitu 91.3%.

Riani, et al. (2017) melakukan penelitian untuk mengklasifikasikan dokumen bahasa Indonesia dengan membandingkan metode NBC dengan k-means clustering. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data berita berbahasa Indonesia yang diambil dari situs www.TribunNews.com pada bulan Februari 2017 sebanyak 68 berita yang terdiri dari berita bisnis dan berita kesehatan. Hasil

uji ketepatan klasifikasi menunjukkan ketepatan tertinggi dengan menggunakan metode NBC mencapai 50% dengan rata-rata akurasi 45,33%. Sedangkan dengan menggunakan metode K-means clustering, akurasi mencapai 60% dengan rata-rata akurasi 52,26%.

Pristiyanti et al. (2018) melakukan penelitian menganalisis sentimen peringkasan *review* film dengan metode *information gain* dan *k-nearest neighbor*. Dari penelitian tersebut diketahui bahwa pengambilan *term* menggunakan metode *information gain* menghasilkan *term* unik dengan *term* yang muncul sekali memiliki nilai *information gain* tertinggi. Hasil akhir menunjukkan bahwa klasifikasi menggunakan metode *k-nearest neighbor* menghasilkan nilai akurasi sebesar 92%.

Pada penelitian sebelumnya dengan objek abstrak atau berita menggunakan bahasa yang formal. Di sisi lain opini dalam komentar kuesener cenderung berupa kalimat pendek dan terkadang menggunakan bahasa yang tidak formal. Untuk itu diperlukan penelitian ini untuk melakukan analisis opini pada bahasa yang tidak formal. Rumusan masalah pada penelitian ini adalah apakah metode NBC dengan *informatio gain* dapat digunakan untuk analisis opini pada dokumen opini non formal dan sejauh mana *information gain* dapat secara efektif digunakan untuk seleksi fitur.

Tujuan dari penelitian ini adalah melakukan kajian penerapan algoritma *naive bayes classifier* dan *information gain* pada opini komentar evaluasi akademik pada kuesener mahasiswa. Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai menyediakan sarana untuk evaluasi opini bagi sivitas akademika agar dapat mengetahui kecenderungan sentimen sivitas akademika yang akhirnya dapat menjadi masukan bagi instansi untuk pengambilan keputusan.

2. Kerangka Teoritis dan Pengembangan Hipotesis

2.1 Naive Bayes Classification (NBC)

Metode *Naive Bayes* untuk klasifikasi objek (*Naive Bayes Classification*) (NBC) dikembangkan dari teorema *bayes*, yang mengacu pada konsep probabilitas bersyarat. Secara umum dapat dirumuskan dengan persamaan (1) berikut ini.

$$P(A|B) = \frac{P(A)P(B|A)}{P(B)} \quad (1)$$

Aplikasi NBC untuk klasifikasi opini memandang opini sebagai rangkaian atribut $(a_1, a_2, a_3, \dots, a_n)$, di mana a_1 adalah kata pertama, a_2 adalah kata kedua, dan seterusnya hingga kata ke- n . Diandaikan opini akan diklasifikasi menjadi V kategori, maka V adalah himpunan kategori (kelas). Pada saat klasifikasi, metode ini akan mencari V_{MAP} (kategori / kelas dengan nilai probabilitas tertinggi) dengan memasukkan atribut $(a_1, a_2, a_3, \dots, a_n)$ menggunakan persamaan (2).

$$V_{MAP} = \underset{v_j \in V}{\operatorname{argmax}} P(v_j | a_1, a_2, a_3, \dots, a_n) \quad (2)$$

Dengan menerapkan teorema *bayes*, maka persamaan (2) dapat ditulis seperti persamaan (3) (Zhang et al.,2005).

$$V_{MAP} = \underset{v_j \in V}{argmax} \frac{P(a_1, a_2, a_3, \dots a_n \vee v_j)P(v_j)}{P(a_1, a_2, a_3, \dots a_n)} \quad (3)$$

Dengan nilai $P(a_1, a_2, a_3, \dots a_n)$ adalah konstan untuk setiap v_j sehingga persamaan (3) dapat ditulis menjadi persamaan (4).

$$V_{MAP} = \underset{v_j \in V}{argmax} P(a_1, a_2, a_3, \dots a_n \vee v_j)P(v_j) \quad (4)$$

Selanjutnya dalam komputasi NBC, formula disederhanakan dengan mengasumsikan bahwa di dalam setiap kategori, setiap atribut bebas bersyarat satu dengan lainnya. Sehingga menjadi persamaan (5).

$$P(a_1, a_2, a_3, \dots a_n | v_j) = \prod_i P(a_i \vee v_j) \quad (5)$$

Dengan mensubstitusikan persamaan (4) ke dalam persamaan (5) akan menghasilkan persamaan (6).

$$V_{MAP} = \underset{v_j \in V}{argmax} P(v_j) \prod_i P(a_i | v_j) \quad (6)$$

$P(v_j)$ dan probabilitas kata a_i untuk setiap kategori dihitung pada saat pelatihan (training) dengan menggunakan rumus (7) dan rumus (8)

$$P(v_j) = \frac{docs_j \vee}{training \vee} \quad (7)$$

$$P(a_i \vee v_j) = \frac{n_i + 1}{n + kosakata} \quad (8)$$

Dengan $docs_j$ adalah jumlah dokumen pada kategori j dan $training$ adalah jumlah dokumen yang digunakan dalam proses $training$. Sedangkan n_i adalah jumlah kemunculan kata a_i pada kategori v_j . Dengan n adalah jumlah kosakata yang muncul pada kategori v_j dan kosakata adalah jumlah kata unik pada semua data $training$ (Rodiyansyah dan Winarko,2012).

2.2 Entropy dan Information Gain

Entropy atau *information entropy* didefinisikan sebagai sejauh mana koleksi data memiliki variasi (Zhou, 2019). Jika dimiliki koleksi data (dataset) dengan nilai sama semua, maka entropy dari koleksi data tersebut adalah 0. Jika dataset tersebut memiliki nilai yang berbeda dengan masing-masing nilai memiliki kemunculan dengan probabilitas p_i dan andaikan terdapat k buah klas, maka entropy dari dataset dengan k buah klas tersebut didefinisikan sebagai :

$$Entropy(S) = - \sum_{i=1}^k P_i \log_2 P_i \quad (9)$$

Information gain didefinisikan sejauh mana entropy berkurang jika dalam dataset dilakukan pengelompokan (split) dibandingkan dengan entropy sebelum dataset di split (Zhou,2019). Suatu entropy digunakan untuk mendefinisikan nilai *information gain*. Entropy menggambarkan seberapa banyak informasi yang dibutuhkan untuk mengkodekan sebuah kelas. *Information gain* suatu *term* diukur dengan menghitung bit informasi yang diambil dari prediksi kategori dengan ada atau tidak

adanya suatu *term* dalam sebuah dokumen (Mulida et al, 2016). Dengan menentukan nilai information gain dapat ditentukan apakah sebaiknya term tersebut doilibatkan dalam pengkodean kelas atau tidak.

Sebagai contoh akan dihitung bobot information gain dari fitur “bagus”. Fitur “bagus” muncul pada 8 dari keseluruhan 15 dokumen. Terdapat 6 dokumen dengan sentimen positif dan 5 di antaranya mengandung fitur “bagus”. Kemudian ada 9 dokumen dengan sentimen negatif dan 3 di antaranya mengandung fitur “bagus”. Dengan menerapkan persamaan (9), maka dapat dihitung *entropy* seperti berikut :

$$Entropy(S) = \left| \left(\frac{8}{15} \log_2 \frac{8}{15} \right) + \left(\frac{7}{15} \log_2 \frac{7}{15} \right) \right| = 0,996791632$$

$$Entropy(S_{positif}) = \left| \left(\frac{5}{6} \log_2 \frac{5}{6} \right) + \left(\frac{1}{6} \log_2 \frac{1}{6} \right) \right| = 0,650022$$

$$Entropy(S_{negatif}) = \left| \left(\frac{3}{9} \log_2 \frac{3}{9} \right) + \left(\frac{6}{9} \log_2 \frac{6}{9} \right) \right| = 0,918296$$

Kemudian menghitung *entropy*(S, bagus) dengan menerapkan persamaan (10) seperti berikut:

$$Entropy(S, A) = \sum_{i=1}^v \frac{Sv}{S} Entropy(Sv) \quad (10)$$

$$Entropy(S, bagus) = \frac{5}{15} \times 0,650022 + \frac{3}{15} \times 0,918296 = 0,400333$$

Terakhir menghitung bobot *information gain* dengan menerapkan persamaan (11) seperti berikut :

$$I_Gain(S, A) = Entropy(S) - Entropy(S, A) \quad (11)$$

$$I_Gain(S, bagus) = 0,996791632 - 0,400333 = 0,596459$$

Bobot *information gain* tersebut digunakan untuk membuat peringkat fitur. Dari peringkat tersebut bisa didapatkan fitur terbaik yang dapat digunakan dalam proses analisis.

2.3 Akurasi klasifikasi

Untuk pengujian klasifikasi menggunakan NBC atau NBC dan *information gain* akurasiya diukur berdasarkan ketepatan klasifikasi dari dokumen dibandingkan dengan sentimen yang telah diketahui sebelumnya. Jika diklasifikasi sebanyak n dokumen opini dengan n1 berasal dari dokumen dengan sentimen positif dan n2 dari dokumen dengan sentimen negatif, maka hasil klasifikasi adalah sebagai dalam matrik Tabel 1 berikut

Tabal 1. Matrik Hasil Klasifikasi

Klasifikasi / Dok Sentimen	Dok sentimen Positif	Dok sentimen Negatif
Klasifikasi Positif	T _a	F _a
Klasifikasi Negatif	F _b	T _b

Keterangan :

T_a= true positif , yaitu dokumen positif yang diklasifikasi sebagai positif

Tb=true negatif; yaitu dokumen negatif yang diklasifikasi sebagai negatif

Fa=false positif, yaitu dokumen negatif yang keliru diklasifikasi sebagai positif

Fb=false negatif, yaitu dokumen positif yang keliru diklasifikasi sebagai negatif

Dengan mengacu kepada matrik pada Tabel 1, maka akurasi dari klasifikasi pada pada n buah dokumen uji dirumuskan sebagai :

$$\begin{aligned} \text{Akurasi} &= \frac{Ta+Tb}{(Ta+Tb+Fa+Fb)} \times 100\% \quad \text{atau} \\ \text{Akurasi} &= \frac{Ta+Tb}{n1+n2} \times 100\% \quad \text{atau} \\ \text{Akurasi} &= \frac{Ta+Tb}{n} \times 100\% \end{aligned} \quad (12)$$

3. Metode Penelitian

3.1 Metode Pengumpulan Data

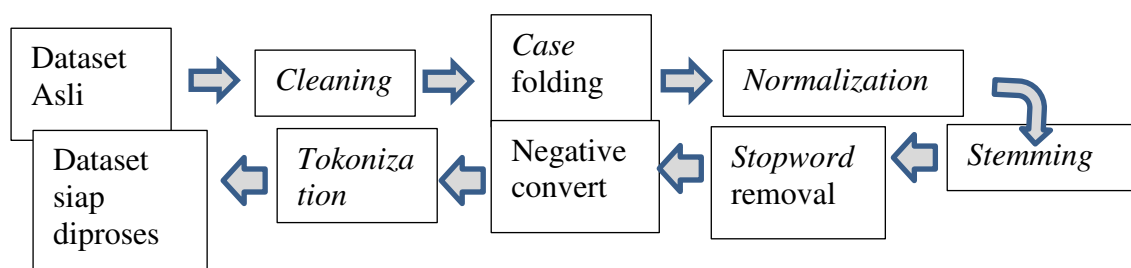
Data dalam penelitian ini berasal dari koleksi opini yang diambil dari komentar dan saran mahasiswa dalam kuesener evaluasi pembelajaran IST AKPRIND Yogyakarta tahun 2014 sampai tahun 2017. Setiap komentar atau saran dianggap sebagai sebuah dokumen. Untuk keperluan *training* dan *testing* setiap dokumen diberikan penilaian secara manual apakah komentar tersebut positif atau negatif. Dari penilaian manual terhadap dataset didapatkan sebanyak 3.999 opini yang terdiri dari 1.905 opini positif dan 2.094 opini negatif. Contoh opini yang masih belum diolah adalah seperti tabel 2 berikut ini.

Tabel 2. Dataset asal untuk *training* dan sentimennya

Dokumen	Isi	Sentimen
D0001	Pembelajaran yang bagus meningkatkan masa depan yang bagus	P
D0002	Bebas asap rokok difasilitasi dengan tempat kumpul mahasiswa di kampus	N
D0003	Ruang kelas ada coretan yang mengotori, parkir dikasihkan satpam saja !	N
D0004	Tong sampah masih kurang, wifi kampus juga kurang!	N
....
D3999	Mengajarnya bagus.... untuk kedepannya lebih bagus lagi!!	P

3.2 Metode Pengolahan Data

Koleksi data training seperti pada Tabel 1 setelah diberikan penilaian sentimen opini akan diproses awal melalui tahap *preprocessing text*. Tahapan tersebut dapat dijelaskan langkahnya seperti pada gambar 1 berikut ini.



Gambar 1. Preprocessing dataset sebelum analisis

Adapun penjelasan pada tiap-tiap tahapan *preprocess* adalah sebagai berikut :

- *Cleaning* : adalah proses menghilangkan karakter yang tidak berguna, seperti tanda seru (!), tanda koma (,), titik dua (:), titik-titik (...) atau karakter lain. Dokumen opini yang umumnya menggunakan bahasa tidak formal sangat memerlukan proses *cleaning*.
- *Case Folding* : merubah semua karakter huruf menjadi huruf kecil
- *Normalization* : proses mengembalikan pada kata standar dari kata-kata yang tidak standar karena gaya penulisan informal, misalnya ‘tdk’, ‘tak’, ‘nggak’, ‘gak’ akan dinormalisasi menjadi ‘tidak’
- *Stemming* : Mengembalikan kepada kata dasar dari kata-kata yang berimbuhan, misalnya “pelajaran”, “pengajaran”, “belajar” menjadi “ajar”
- *Stopword removal* : Menghilangkan kata-kata yang tidak bermakna dan cenderung muncul di semua dokumen sehingga tidak dapat dijadikan fitur pembeda dokumen. Kata-kata seperti itu disebut *stopword*, seperti ‘di’, ‘dengan’, ‘dari’, ‘yang’ dan lain-lain harus dihilangkan.
- *Negative convert* : Adalah memadukan kata negatif yang dalam bahasa Indonesia biasa terdiri dari dua kata, misal : ”tidak bagus”, “kurang sukses”. Dengan langkah ini dua kata dengan konotasi negatif dikonversi menjadi satu token dengan cara menghilangkan spasinya.
- *Tokenization* : ini adalah langkah terakhir dari *preprocessing* yaitu dengan memecah dokumen yang telah melewati tahapan-tahapan sebelumnya menjadi token-token. Token inilah yang akan menjadi kandidat fitur dalam analisis sentimen dokumen opini.

Sebagai contoh untuk opini-opini dengan sentimen seperti pada tabel 2 jika dilakukan *preprocessing* maka akan menghasilkan dokumen sebagai kumpulan token seperti pada Tabel 3 berikut ini.

Tabel 3. Dataset setelah *preprocessing* sebagai data *training*

Dokumen	Isi	Sentimen
D0001	ajar bagus tingkat depan bagus	P
D0002	bebas asap rokok fasilitasi kumpul mahasiswa kampus	N
D0003	ruang kelas coret kotor parkir kasih satpam	N
D0004	tong sampah kurang wifi kampus kurang	N
....
D3999	ajar bagus depan bagus	P

3.2 Metode Analisis Data

Dalam konteks untuk *training*, koleksi dokumen data *training* setelah tahap *preprocessing* selesai, maka analisis data awal untuk masuk ke sentimen analisis adalah mencacah frekuensi kemunculan kata pada setiap dokumen. Dengan perhitungan tersebut dapat diketahui frekuensi kemunculan token (kata) tertentu di seluruh dokumen, frekuensi kemunculan kata pada dokumen positif dan frekuensi kemunculan kata dalam dokumen negatif. Selanjutnya dapat ditentukan probabilitas kemunculan dokumen positif, probabilitas kemunculan dokumen negatif dan probabilitas bersyarat kemunculan term dalam dokumen positif atau dokumen negatif.

Sebagai ilustrasi perhitungan manual untuk koleksi 5 dokumen dengan sentimen dan daftar token tiap dokumen seperti Tabel 4.

Tabel 4. Ilustrasi Dataset training

Dokumen	Isi	Sentimen
D1	ajar bagus tingkat depan bagus	P
D2	bebas asap rokok fasilitas kumpul mahasiswa kampus	N
D3	ruang kelas coret kotor parkir kasih satpam	N
D4	tong sampah kurang kurang wifi portal kampus	N
D5	fasilitas tunjang kualitas ajar bersih	P

Menerapkan persamaan (7) dan persamaan (8) dihitung probabilitas dokumen positif ($P(V_{positif})$), probabilitas dokumen negatif ($P(V_{negatif})$), probabilitas kemunculan term dalam dokumen positif ($P(\text{term}|positif)$) dan probabilitas kemunculan term dalam dokumen negatif ($P(\text{term}|negatif)$) sebagai berikut, diambil contoh term “ajar” dan “bagus” :

$$\begin{aligned}
 P(V_{positif}) &= \frac{2}{5} & P(V_{negatif}) &= \frac{3}{5} \\
 P(\text{ajar}|positif) &= \frac{1+1}{10+27} = \frac{2}{37} & P(\text{ajar}|negatif) &= \frac{0+1}{21+27} = \frac{1}{48} \\
 P(\text{bagus}|positif) &= \frac{2+1}{10+27} = \frac{3}{37} & P(\text{bagus}|negatif) &= \frac{0+1}{21+27} = \frac{1}{48}
 \end{aligned}$$

Selanjutnya untuk menentukan probabilitas bersyarat seluruh term dalam suatu dokumen, misalnya diambil dokumen D1 yang memiliki 4 buah term, yaitu “ajar”, “bagus”,”tingkat” dan “depan” diperoleh tabel probabilitas term pada sentimen positif dan negatif seperti tabel 5 berikut.

Tabel 5. Tabel probabilitas seluruh term dalam dokumen D1

Kelas	P(V _j)	P(a _i V _j)			
		ajar	bagus	tingkat	depan
P	$\frac{2}{5}$	$\frac{2}{37}$	$\frac{3}{37}$	$\frac{2}{37}$	$\frac{2}{37}$
N	$\frac{3}{5}$	$\frac{1}{48}$	$\frac{1}{48}$	$\frac{1}{48}$	$\frac{1}{48}$

Tabel 5 menunjukkan nilai probabilitas fitur data latih. Nilai probabilitas tersebut yang akan digunakan sebagai acuan untuk menentukan nilai probabilitas dari data latih.

Selanjutnya untuk tahap pengujian dokumen yang belum diketahui sentimennya digunakan data uji. Data uji sudah melalui tahap *text preprocessing* namun belum diketahui nilai sentimennya. Untuk mengetahui nilai sentimen data uji, perlu dihitung nilai V_{MAP} dengan menerapkan persamaan (6). Nilai probabilitas tiap fitur mengacu pada fitur data latih yang sesuai. Apabila fitur tidak sesuai dengan data latih, maka nilai probabilitasnya sama dengan 1. Sebagai contoh, akan dihitung V_{MAP} dari data uji pada tabel 6.

Tabel 6. Contoh Data Uji

Dokumen	Isi						Sentimen
	a ₁	a ₂	a ₃	a ₄	a ₅	a ₆	
D21	kampus	3	fasilitas	sama	kampus	1	-
D22	seluruh	Bagus	-	-	-	-	-

Perhitungan V_{MAP} untuk dokumen D21 dapat dilihat seperti pada gambar 1, dan untuk dokumen D22 dapat dilihat pada gambar 2.

$$\begin{aligned}
 P(v_{positif}) \prod_i P(a_i|v_{positif}) &= \frac{P(v_{positif})P(a_1|v_{positif})P(a_2|v_{positif})}{P(a_3|v_{positif})P(a_4|v_{positif})P(a_5|v_{positif})P(a_6|v_{positif})} \\
 &= \frac{2}{5} \times \frac{1}{37} \times 1 \times \frac{2}{37} \times 1 \times \frac{1}{37} \times 1 \\
 &= 1,5793733836101 \times 10^{-5} \\
 P(v_{negatif}) \prod_i P(a_i|v_{negatif}) &= \frac{P(v_{negatif})P(a_1|v_{negatif})P(a_2|v_{negatif})}{P(a_3|v_{negatif})P(a_4|v_{negatif})P(a_5|v_{negatif})P(a_6|v_{negatif})} \\
 &= \frac{3}{5} \times \frac{3}{48} \times 1 \times \frac{2}{48} \times 1 \times \frac{3}{48} \times 1 \\
 &= 9,765625 \times 10^{-5} \\
 V_{MAP} &= \arg \max_{v_j \in V} P(v_j) \prod_i P(a_i|v_j) \\
 &= 9,765625 \times 10^{-5}
 \end{aligned}$$

Gambar 2. Menghitung V_{MAP} D21

$$\begin{aligned}
 P(v_{positif}) \prod_i P(a_i|v_{positif}) &= P(v_{positif})P(a_1|v_{positif})P(a_2|v_{positif}) \\
 &= \frac{2}{5} \times 1 \times \frac{3}{37} \\
 &= 0,032432432 \\
 P(v_{negatif}) \prod_i P(a_i|v_{negatif}) &= P(v_{negatif})P(a_1|v_{negatif})P(a_2|v_{negatif}) \\
 &= \frac{3}{5} \times 1 \times \frac{1}{48} \\
 &= 0,0125 \\
 V_{MAP} &= \arg \max_{v_j \in V} P(v_j) \prod_i P(a_i|v_j) \\
 &= 0,032432432
 \end{aligned}$$

Gambar 3. Menghitung V_{MAP} D22

Hasil hitung V_{MAP} menunjukkan kecenderungan sentimen sebuah dokumen. V_{MAP} dari dokumen D21 adalah $9,765625 \times 10^{-5}$ yang merupakan nilai $V_{negatif}$ sehingga D21 cenderung ke negatif. V_{MAP} D22 adalah 0,032432432 yang merupakan nilai $V_{positif}$ sehingga D22 cenderung ke positif.

4. Hasil dan Pembahasan

Hasil

Data latih yang digunakan adalah 1.905 (47,6%) dokumen dengan sentimen positif dan 2.094 (52,4%) dengan sentimen negatif. Selanjutnya dengan menggunakan kode bahasa python dilakukan tahap preprocessing dan analisis sentimen opini.

4.1. Tahapan preprocessing

Tahapan pertama adalah proses *cleaning*, yaitu membersihkan data dari karakter-karakter yang tidak diperlukan. Proses *cleaning* diimplementasikan dengan *source code* seperti pada gambar 2. Pada kode tersebut, data opini ditampung di dalam variabel dengan nama “file”. Karakter yang akan dibersihkan ditampung di dalam *list* dengan nama “kar”. Beberapa karakter khusus dapat mempengaruhi eksekusi kode, sehingga diberi awalan *backslash* (\) agar komputer tidak mengeksekusinya sebagai kode. Kemudian karakter dihapus dari data menggunakan fungsi *replace*.

```
def cleaning(dok):
    file = dok
    kar = ["\\"", "\'", "\!", "\@", "\#", "\$", "\%", "\^", "\&",
          "\*", "\(", "\)", "\-", "\+", "\=", "\|", "\:", "\;", "\:",
          "\", "\\\", "\<", "\>", "\.", "\?", "\'", "\'"]
    for char in kar:
        if isinstance(file, str):
            file = str(file).replace(char, "")
        else:
            file = file.astype(str).str.replace(char, "")
    return file
```

Gambar 4. Source Code Proses Cleaning

Setelah *cleaning*, opini akan melalui proses *case folding* untuk menyamakan semua karakter menjadi huruf kecil atau tidak kapital. Untuk membuat semua huruf menjadi huruf kecil, maka digunakan fungsi *lower*.

Kemudian masuk ke proses *normalization* yang akan mengubah kata-kata yang memiliki makna yang sama akan diubah ke kata yang baku. Proses *normalization* dalam penelitian ini akan mengubah kata-kata *typo* (salah ketik) yang sangat sering terjadi. Kata-kata *typo* akan dikumpulkan dalam satu *list* kemudian diganti dengan kata baku dengan fungsi *replace*. Proses *normalization* dijalankan dengan pada gambar 5.

```

tidak = [' tdk ', ' tak ', ' gak ', ' nggak ', ' nda ', '
        no ']
bapak = [' bpk ', ' bapk ', ' bpak ', ' bapa ', ' pak ',
        ' pk ']
cepat = [' cepar ', ' cpt ', ' cpat ', ' cept ', ' cepay']
file = file.str.replace(' bu ', ' ibu ')
file = file.str.replace(' tp ', ' tapi ')
file = file.str.replace('smoking', 'rokok')
file = file.str.replace('stop', 'berhenti')
file = file.str.replace('love', 'cinta')
file = file.str.replace('comment', 'komentar')
file = file.str.replace(' nunggu', ' tunggu')
for w in tidak:
    file = file.str.replace(w, ' tidak ')
for w in bapak:
    file = file.str.replace(w, ' bapak ')
for w in cepat:
    file = file.str.replace(w, ' cepat ')
return file

```

Gambar 5. Source Code Proses Normalization

Pada penelitian ini, proses *stemming* dibantu dengan *library* Sastrawi (Yulio, 2017). Sebelumnya Sastrawi telah diimport kemudian membuat objek *stemmerfactory* dengan nama *factory*. Kemudian membuat *method create_stemmer* dengan nama *stemmer*. Setelah itu tiap opini melewati fungsi *stem* untuk mengubah tiap katanya menjadi kata dasar. Proses *stemming* diimplementasikan dengan kode seperti di gambar 6.

```

def stemming(dok):
    file = dok
    factory = StemmerFactory() # membuat objek koleksi kata
    dasar dari sastrawi
    stemmer = factory.create_stemmer()
    banyak = len(file)
    if isinstance(file, str):
        file = stemmer.stem(file)
    else:
        for i in range(0, banyak):
            bersih = stemmer.stem(file._getitem__(i))
            file.loc._setitem__(i, bersih)
    return file

```

Gambar 6. Source Code Proses Stemming

Pada penelitian ini proses *stopword removal* juga dibantu dengan *library* Sastrawi. Pertama membuat objek “StopWordRemoverFactory” dengan nama *factory*. Kemudian mengambil koleksi *stopword* dan ditampung di variabel “stopword”. Di dalam koleksi *stopword* terdapat kata-kata negasi yang dalam penelitian ini dapat mempengaruhi sentimen sebuah opini. Maka kata-kata negasi dihapus dari variabel *stopword* dengan fungsi *remove*. Hal tersebut dilakukan agar kata-kata negasi tidak dihapus dari opini dalam proses *stopword removal*. Setelah itu membuat *dictionary* dari *stopword*. Kemudian membuat *method “StopWordRemoval”* dengan parameter *dictionary*. Terakhir *stopword* dapat dihapus dari opini menggunakan fungsi *remove* seperti yang terlihat pada gambar 7.

```

def stopwordsremoval(dok):
    file = dok
    factory = StopWordRemoverFactory() # membuat objek untuk
    menampung koleksi stopwords dari sastrawi
    stopwords = factory.get_stop_words()
    # menghilangkan kata yang dianggap mempengaruhi sentimen
    sebuah kalimat dari koleksi stopwords agar tidak dihapus
    dalam proses stopwords removal
    stopwords.remove('tidak')
    stopwords.remove('bukan')
    stopwords.remove('belum')
    stopwords.remove('kurang')
    stopwords.remove('baik')
    stopwords.remove('ada')
    dictionary = ArrayDictionary(stopwords)
    stopwordsremove = StopWordRemover(dictionary)
    banyak = len(file)
    if isinstance(file, str):
        file = stopwordsremove.remove(file)
    else:
        for i in range(0, banyak):
            bersih = stopwordsremove.remove(file.__getitem__(i))
            file.loc.__setitem__(i, bersih)
    return file

```

Gambar 7. Source Code Proses Stopword Removal

Selanjutnya masuk ke proses *convert negation*. Kata negasi akan digabung dengan kata selanjutnya atau kata yang disifatinya sehingga menjadi kata atau fitur baru. *Source code* dalam proses ini dapat dilihat pada gambar 8. Pada kode tersebut, setiap kata negasi yang berdampingan dengan karakter *space* " " akan diganti dengan kata tersebut tanpa karakter *space* menggunakan fungsi *replace*.

```

def convertnegation(dok):
    file = dok
    if isinstance(file, str):
        file = file.replace("tidak ", "tidak")
        file = file.replace("bukan ", "bukan")
        file = file.replace("belum ", "belum")
        file = file.replace("kurang ", "kurang")
    else:
        file = file.str.replace("tidak ", "tidak")
        file = file.str.replace("bukan ", "bukan")
        file = file.str.replace("belum ", "belum")
        file = file.str.replace("kurang ", "kurang")
    return file

```

Gambar 8. Source Code Proses Convert Negation

Tahap *text preprocessing* yang terakhir ada *tokenization*. Tiap kata dipisah menjadi data-data tersendiri dengan menggunakan fungsi *split*. Parameter yang digunakan untuk memisahkannya adalah karakter *space*. Proses ini membuat setiap opini berubah menjadi *list* yang anggotanya adalah kata atau fitur di dalamnya. Implementasinya dapat dilihat pada gambar 9.

```

def tokenization(dok):
    file = dok
    if isinstance(file, str):
        file = file.split(" ")
    else:
        file = file.str.split(" ")
    return file

```

Gambar 9. Source Code Proses Tokenization

4.2 Tahapan Analisis Sentimen

4.2.1 Tahap Training

Seleksi fitur pada penelitian ini menggunakan *information gain*, sehingga yang pertama dilakukan adalah menghitung *information gain* dari tiap fitur unik. Sesuai dengan persamaan (10) dan (11), proses perhitungan *information gain* ditunjukkan pada gambar 10. Pada gambar tersebut, $entropy(S)$ diwakilkan dengan variabel “entropys”, $entropy(S_{positif})$ dengan variabel “entropyapos”, $entropy(S_{negatif})$ dengan variabel “entropyaneg”, $entropy(S,A)$ dengan variabel “entropysa”, dan $gain(S, A)$ dengan variabel “gainsa”. *Source code* untuk fungsi “proporsi()” dan “entropy()” dapat dilihat pada gambar 11. Contoh hasil perhitungan dapat dilihat pada gambar 12.

```
def hitunggain(self, fitur):
    fiturinpositif = 0
    fiturinnegatif = 0

    for dok in self.positif:
        if fitur in dok:
            fiturinpositif += 1
    for dok in self.negatif:
        if fitur in dok:
            fiturinnegatif += 1

    existall = fiturinpositif + fiturinnegatif
    proporsiada = self.proporsi(existall, self.semuaadokumen)
    proporsitidakada = self.proporsi(self.semuaadokumen - existall, self.semuaadokumen)
    entropys = self.entropy(proporsiada, proporsitidakada)
    proporsiapos = self.proporsi(fiturinpositif, self.semuaadokumen)
    proporsinonapos = self.proporsi(self.lpositif-fiturinpositif, self.lpositif)
    proporsianeg = self.proporsi(fiturinnegatif, self.lnegatif)
    proporsinonaneq = self.proporsi(self.lnegatif-fiturinnegatif, self.lnegatif)
    entropyapos = self.entropy(proporsiapos, proporsinonapos)
    entropyaneg = self.entropy(proporsianeg, proporsinonaneq)
    paposdok = self.proporsi(fiturinpositif, self.semuaadokumen)
    panegdok = self.proporsi(fiturinnegatif, self.semuaadokumen)
    entropysa = paposdok * entropyapos + panegdok * entropyaneg
    gainsa = entropys - entropysa
    return gainsa
```

Gambar 10. *Source Code* Menghitung *Information Gain* Fitur

```
def proporsi(self, a, b): # mencari proporsi
    prop = a/b
    return prop

def entropy(self, a, b): # mencari entropy
    def logaritma(c):
        if c != 0:
            d = c*log2(c)
        else:
            d = 0
        return d

    ent = -(logaritma(a)+logaritma(b))

    return ent
```

Gambar 11. *Source Code* Proses Menghitung Proporsi dan *Entropy*

```
kantin : 0.09289148876792179
luas : 0.14721741601297447
ac : 0.6299179398117252
kelas : 0.5455949726950868
wifi : 0.5226764417528689
fasilitas : 0.4678859147355807
kurang : 0.15110648597280968
kursi : 0.22083838108514728
rusak : 0.16587660135904703
tidakkomentar : 0.020780703113333115
dosen : 0.27073547266485637
telat : 0.025141375085518114
kasi : 0.006199949388870654
tunggu : 0.03748030521884384
```

Gambar 12. Contoh *Information Gain*

Seleksi fitur dilakukan dengan menghitung *information gain* dari tiap fitur unik kemudian membandingkannya dengan standar seleksi. Fitur yang memiliki *gain* kurang dari standar akan

dihapus dari koleksi fitur. Proses seleksi fitur dapat dilihat pada gambar 11. Proses memilih fitur unik dari data latih dapat dilihat pada gambar 12. Hasil akhir proses ini adalah koleksi fitur yang siap digunakan dalam proses *training*.

```
def seleksifitur(self):
    standar = self.standarseleksi
    dokumen = self.dataseleksi
    opini = dokumen['opini dokumen']
    fitur = self.fitur(opini)
    for kata in fitur:
        gainkata = self.hitunggain(kata)
        if gainkata < standar:
            self.fiturunik.remove(kata)
    return self.fiturunik
```

```
def fitur(self, opini):
    fitur = []
    for dokumen in opini:
        for unik in dokumen:
            if unik in fitur:
                continue
            else:
                if unik == '':
                    continue
                else:
                    fitur.append(unik)
    self.fiturunik = fitur.copy()
    return fitur
```

Gambar 1. Source Code Seleksi Fitur

Gambar 2: Source Code Ekstrak Fitur Unik

Pada tahap *training* akan dihitung probabilitas kelas (positif, negatif) dan probabilitas fitur. Dua hal tersebut yang akan dibutuhkan dalam menganalisis sentimen opini. Dengan menerapkan persamaan (7), probabilitas kelas dihitung seperti pada gambar 13. Hasil perhitungan disimpan di dalam *dictionary* “probabilitaslabel” dengan *key* positif dan negatif.

```
def trainy(self, unik):
    dok = self.training
    p = 0 # jumlah dokumen positif
    n = 0 # jumlah dokumen negatif
    wordp = [] # list kata dalam dokumen positif
    wordn = [] # list kata dalam dokumen negatif
    banyak = len(dok) # jumlah dokumen training

    for i in range(0, banyak):
        if dok['opini_label'][i] == 'p':
            p += 1
            for w in dok['opini_dokumen'][i]:
                wordp.append(w)
        else:
            n += 1
            for w in dok['opini_dokumen'][i]:
                wordn.append(w)

    word = 0 # jumlah kata dalam seluruh dokumen training

    for d in dok['opini_dokumen']:
        word += len(d)

    self.probabilitaslabel['positif'] = p/banyak # probabilitas label positif
    self.probabilitaslabel['negatif'] = n/banyak # probabilitas label negatif
```

Gambar 3: Source Code Proses Menghitung Probabilitas Kelas

Probabilitas fitur dihitung menggunakan persamaan (8) dapat dilihat pada gambar 14. Masing-masing fitur akan memiliki 2 nilai probabilitas yang ditampung di dalam sebuah *list* dengan nama “prob”. Prob[0] adalah probabilitas fitur pada kelas positif dan prob[1] adalah probabilitas fitur pada kelas negatif. Kemudian prob disimpan di dalam sebuah *dictionary* “probabilitasfitur” dengan *key* fitur itu sendiri. Contoh hasil perhitungan dapat dilihat pada gambar 15.

```

for d in dok['opini_dokumen']:
    nn = 0
    np = 0
    for w in d:
        if w in unik:
            if w in self.probabilitasfitur:
                continue
            else:
                prob = []
                for wt in wordp:
                    if wt == w:
                        np += 1

                for wt in wordn:
                    if wt == w:
                        nn += 1
                papos = (np + 1)/(p + len(unik))
                paneg = (nn + 1)/(n + len(unik))
                prob.append(papos)
                prob.append(paneg)
            self.probabilitasfitur[w] = prob
    
```

Gambar 4: Source Code Proses Menghitung Probabilitas Fitur Unik

```

kantin : [0.008365508365508366, 0.0075826508947528055]
luas : [0.02445302445302445, 0.01910828025477707]
ac : [0.16891891891891891, 0.28692750985744614]
kelas : [0.27927927927927926, 0.3997573551713679]
wifi : [0.3761261261261261, 0.49256900212314225]
fasilitas : [0.10006435006435006, 0.05429178040643009]
kurang : [0.10553410553410554, 0.07643312101910828]
kursi : [0.021235521235521235, 0.029420685471640885]
rusak : [0.032818532818532815, 0.05034880194115863]
tidakkomentar : [0.001287001287001287, 0.0018198362147406734]
dosen : [0.03893178893178893, 0.02851076736427055]
telat : [0.03957528957528957, 0.030937215650591446]
kasi : [0.03957528957528957, 0.03154382772217167]
tunggu : [0.04182754182754183, 0.034880194115862906]
    
```

Gambar 5: Probabilitas Fitur

4.2.2 Tahap Klasifikasi data Uji

Sebelum memasuki tahap klasifikasi, data uji juga harus melewati proses *text preprocessing*. Setelah melalui *text preprocessing*, data uji sudah menjadi fitur-fitur sederhana dan siap untuk dicocokkan dengan fitur-fitur dari data latih. Persiapan data uji dapat dilihat pada gambar 16.

```

class Klasifikasi:
    def __init__(self, query, con):
        self.dataset = pd.read_sql_query(query, con)
        prepro = preprocessing.Preprocessing
        opini = self.dataset['opini_dokumen']
        opini = prepro.cleaning(opini)
        opini = prepro.normalization(opini)
        opini = prepro.stemming(opini)
        opini = prepro.stopwordremoval(opini)
        opini = prepro.convertnegation(opini)
        opini = prepro.tokenization(opini)
        self.dataset['opini_dokumen'] = opini
        self.mydb = con
    
```

Gambar 6. Menyiapkan Data Baru

Data yang sudah siap selanjutnya akan diperiksa tiap fiturnya apakah terdaftar di dalam data latih atau tidak. Fitur yang terdaftar di data latih akan diberi nilai probabilitas yang telah didapat pada proses *training*. Fitur yang tidak terdaftar akan diabaikan saja. Tiap opini akan dilakukan pemeriksaan tersebut, maka tiap opini akan memiliki beberapa nilai probabilitas fitur. Nilai-nilai tersebut akhirnya dimasukkan ke persamaan (6). Implementasi perhitungan V_{MAP} dapat dilihat pada gambar 17. Pada gambar tersebut penentuan V_{MAP} terjadi pada pengkondisian “if $prob_p > prob_n$ ”.

```

def classifikasi(self, plabel, pfitur):
    curl = self.mydb.cursor()
    jumlah = len(self.dataset)
    sentimen = ''
    for i in range(0, jumlah):
        opini = self.dataset['opini dokumen'][i]
        index = str(self.dataset['opini_id'][i])
        probp = plabel['positif']
        probn = plabel['negatif']
        for w in pfitur:
            if w in pfitur:
                probp *= pfitur[w][0]
                probn *= pfitur[w][1]
            else:
                continue
        if probp > probn:
            sentimen = 'p'
        elif probn > probp:
            sentimen = 'n'
        sql = "UPDATE opini SET opini_label = %s WHERE opini_id = %s"
        val = (sentimen, index)
        curl.execute(sql, val)
        self.dataset['opini_label'][i] = sentimen
    self.mydb.commit()

```

Gambar 7: Source Code Proses Analisis Opini

4.2.3 Akurasi Proses Klasifikasi

Untuk mengetahui seberapa akurat algoritma NBC melakukan klasifikasi opini dan menghitung seberapa banyak hasil klasifikasi yang tepat. Pada dasarnya yang dilakukan dalam proses uji akurasi sama dengan proses klasifikasi. Perbedaannya adalah pada uji akurasi data yang klasifikasi adalah data latih yang merupakan data yang sudah ditentukan sentimennya. Kemudian hasil klasifikasi dicocokkan dengan sentimen yang sudah dimiliki sebelumnya.

Tahap pertama pada uji akurasi adalah menyiapkan data latih ke dalam 5 dataset dengan jumlah yang berbeda. Dipilih dataset adalah koleksi 100,200,300, 400 dan 500 dataset yang pilih secara acak 50% dari dokumen dengan sentimen negatif dan sisanya sentimen positif. Selanjutnya pada setiap dataset yang berbeda dilakukan pengujian sentimen pada seluruh dokumen dalam setiap dataset dan hasil klasifikasinya dicocokkan dengan sentimen manualnya sehingga akan dapat ditentukan akurasinya berdasarkan persamaan 12.

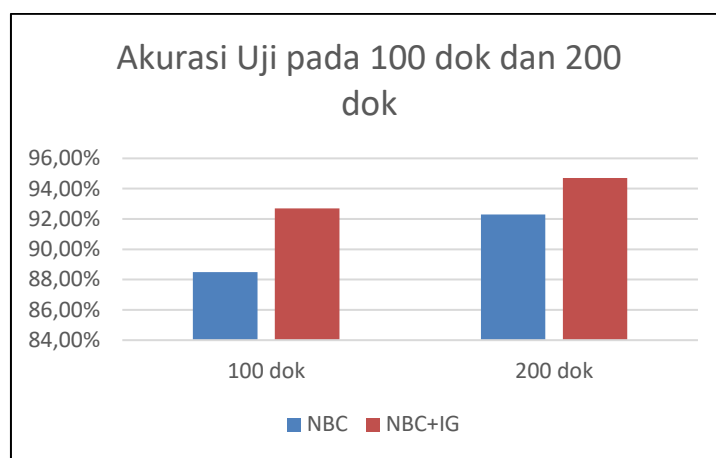
Hasil pengujian klasifikasi dengan fitur tanpa seleksi *information gain* dan dengan seleksi *information gain* disajikan dalam tabel 7 berikut ini.

Tabel 7. Akurasi dan waktu koputasi (*Timing*) Klasifikasi 5 data set

Dataset Uji	Akurasi NBC	Akurasi NBC + <i>information gain</i>	Timing NBC (sec)	Timing NBC + <i>information gain</i> (sec)
100 dok	88,5%	92,3%	94	90
200 dok	92,7%	94,7%	102	99
300 dok	98,6%	99,3%	128	125
400 dok	94,7%	96,7%	137	135
500 dok	92,4%	94,3%	145	142
Rata-rata	93,4%	95,5%	121,2	118,2

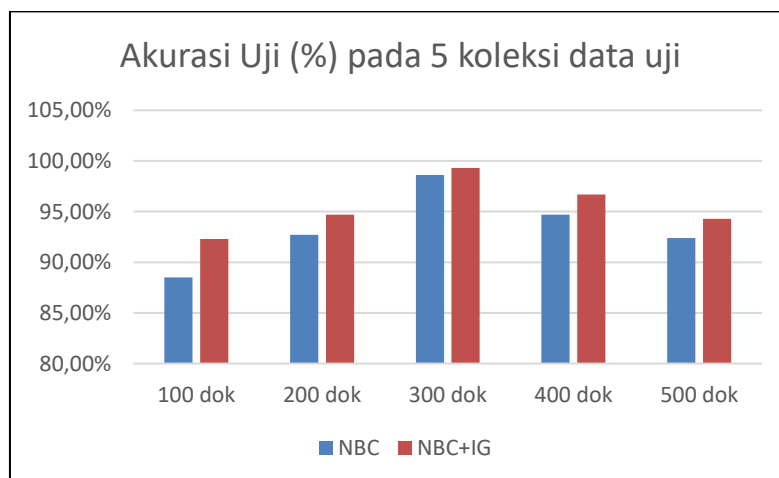
Dari tabel 7 terlihat bahwa klasifikasi NBC memiliki akurasi rata-rata sebesar 93,4% jika tidak menggunakan seleksi fitur. Jika menggunakan *information gain* untuk seleksi fitur akurasi meningkat menjadi 95,5%. Dari tabel terlihat bahwa *information gain* yang menaikkan akurasi juga memiliki keuntungan mempercepat waktu komputasi dari rata-rata 121,2 sec menjadi 118,2 sec atau lebih cepat sekitar 2,5%

Analisis yang dapat dilakukan pada hasil penelitian tersebut adalah bahwa penggunaan *information gain* untuk seleksi fitur dengan standar (*threshold*) tertentu akan memilih fitur yang lebih informatif sebagai pembeda antara kelas positif dan negatif, dengan mengeliminir fitur yang kurang informatif ini akurasi akan meningkat. Gambar 18 menunjukkan bahwa pada pengujian dengan 100 dok dan 200 dok akurasi klasifikasi dengan *information gain* yaitu (NBC+IG) meningkatkan akurasi dibanding klasifikasi NBC saja.



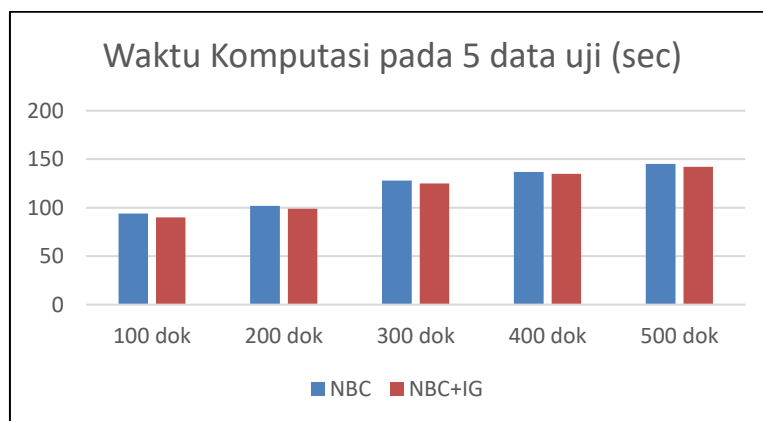
Gambar 18. Akurasi pada Dua Kelompok Data Uji

Meskipun peningkatan akurasi terjadi secara konsisten pada ke lima kelompok uji, akan tetapi hasil percobaan ini menunjukkan bahwa semakin besar ukuran data uji akan terjadi penurunan nilai akurasi. Gambar 19 menunjukkan pada koleksi dengan 400 dok dan 500 dok terjadi penurunan akurasi.



Gambar 19. Kinerja Akurasi Uji NBC dan NBC+IG pada 5 Koleksi Data Uji

Analisis dari waktu pengujian terlihat bahwa semakin banyak koleksi data akan semakin memperbesar waktu komputasi yang diperlukan (Gambar 20). Waktu komputasi meningkat secara linear dari koleksi data 100 dok sampai 500 dok. Dengan demikian meskipun secara akurasi terjadi penurunan akurasi setelah koleksi 300 dok tetapi waktu komputasi tetap meningkat. Fenomena ini menunjukkan diperlukan optimasi untuk mencari koleksi dengan akurasi optimal dalam pengujian. Dalam percobaan ini menunjukkan koleksi 300 dokumen merupakan koleksi dengan akurasi optimal.



Gambar 20. Waktu Komputasi pada uji 5 kelompok Data Uji

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilaksanakan dapat disimpulkan bahwa kombinasi *Naive Bayes Classifier* dengan *Information Gain* dapat menganalisis sentimen secara otomatis. Hasil uji coba klasifikasi menggunakan metode NBC tanpa seleksi fitur *information gain* akurasi mencapai angka 98,6% dengan rata-rata 93,4%.

Hasil uji akurasi menunjukkan peningkatan akurasi dari sebelum ke setelah menggunakan seleksi fitur *information gain*. *Information gain* memberi pengaruh yang baik saat menggunakan standar seleksi 0.005. Rata-rata akurasi analisis menjadi 95,5% dan dapat mencapai 99,3%. Sedangkan jika tanpa menggunakan *information gain*, rata-rata akurasi analisis 93,4% dan yang tertinggi 98,6%. Dari segi kompleksitas waktu, penggunaan *Information gain* mempersingkat waktu sebanyak 2,5%.

DAFTAR PUSTAKA

- Abadi, Delki. 2013. Perbandingan Algoritme Feature Selection Information Gain Dan Symmetrical Uncertainty Pada Data Ketahanan Pangan. *Skripsi*, Institut Pertanian Bogor, Bogo
- Azhagusundari, B, Thanamani, A.S., 2013, Feature Selection Basaed on Information Gain , *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering (IJITEE)* ISSN: 2278-3075, Volume-2, Issue-2, January 2013
- Hamzah, A. (2014). Sentiment Analysis untuk Memanfaatkan Saran Kuesioner dalam Evaluasi Pembelajaran dengan Menggunakan Naive Bayes Classifier (NBC). *Seminar Nasional Aplikasi Sains dan Teknologi* (hal. A17-A24). Yogyakarta: IST AKPRIND.

- Maulida, I., Suyatno, A., & Hatta, H. R. (2016). Seleksi Fitur pada Dokumen Abstrak Teks Bahasa Indonesia Menggunakan Information Gain. *JSM STMIK Mikroskil*, 249-258.
- Pristiyanti, R. I., Fauzi, M. A., & Muflikhah, L. (2018). Sentiment Analysis Peringkasan Review Film Menggunakan Metode Information Gain dan K-Nearest Neighbor. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 1179-1186
- Rasywir, E., & Purwarianti, A. (2015). Eksperimen pada Sistem Klasifikasi Berita Hoax Berbahasa Indonesia Berbasis Pembelajaran Mesin. *Jurnal Cybermatika*, 1-8.
- Riani, Hamzah, A., & Kumalasari N, E. (2017). Klasifikasi Dokumen Berita Berbahasa Indonesia Menggunakan Metode Naive Bayes Classifier (NBC) dan K-Means Clustering. *Jurnal SCRIPT*, 5(1), 72-80.
- Rodiyansyah, S. F., & Winarko, E. (2012). Klasifikasi Posting Twitter Kemacetan Lalu Lintas Kota Bandung Menggunakan Naive Bayesian Classification. *IJCCS*, VI(1), 91-100.
- Yulio, A., 2017, Stemming Bahasa Indonesai menggunakan Python Sastrawi, <https://devtrik.com/python/steeming-bahasa-indonesia-python-sastrawi/> (dikes 12 Agustus 2021)
- Yunus, M., 2020, Feature Selection menggunakan Information Gain, <https://yunusmuhammad007.medium.com/feature-selection-menggunakan-information-gain-ba94ca66f658> (dikes 12 Agustus 2021)
- Zhang,H. , Charles X. Ling , Zhiduo Zhao, 2005, The Linearity of Naive bayes, *Proceedings of Canadian Artificial Intelligence Conference*,pp.432-441, AAAI Press
- Zhou, V., 2019, *A Simple Explanation of Information Gain and Entropy*, <https://victorzhou.com/blog/information-gain/> (dikes 12 Agustus 2021)

PERENCANAAN PEMBELIAN BAHAN BAKU KALENDER MENGGUNAKAN METODE *MATERIAL REQUIREMENT PLANNING* (Studi Kasus CV. Angkasa Solo)

Ricky Ardiansyah Almadani
Program Studi Teknik Industri
Universitas Islam Batik Surakarta
rdnshy@gmail.com

Nancy Oktyajati Program Studi
Teknik Industri, Universitas
Islam Batik Surakarta
oktyajati.nancy@gmail.com

Sri Mayasari Program Studi
Teknik Industri Universitas Islam
Batik Surakarta
mayyassari@gmail.com

Abstrak: CV Angkasa Solo merupakan perusahaan yang berbisnis di bidang percetakan dan penerbit. Melayani berbagai order percetakan seperti kalender, buku, dan majalah anak TK. Permasalahan yang ditemukan pada CV. Angkasa Solo adalah mengenai ketersediaan perencanaan bahan baku khususnya produk Kalender, dengan permintaan yang selalu berubah-ubah dalam setiap periodenya di perlukan perencanaan yang tepat atas kebutuhan perencanaan pembelian persediaan bahan baku Kalender. Perencanaan kebutuhan material menggunakan metode MRP, dimana metode lot sizing yang digunakan adalah Lot for lot, Economic Order Quantity, Algoritma Wagner Whitin, dari beberapa metode peramalan diketahui bahwa metode yang terpilih yaitu Weighted Moving Average 2 dengan nilai 933,3333, dipilih karena menghasilkan MAD terkecil. Berdasarkan hasil perhitungan MRP dengan ketiga teknik lot sizing, metode Algoritma Wagner Whitin menghasilkan total biaya persediaan paling minimal, yaitu sebesar Rp. 136,226,26. Artinya metode AWW dapat digunakan sebagai solusi untuk pengendalian persediaan bahan baku pada CV. Angkasa Solo.

Kata Kunci: Peramalan (Forecasting), Bill of Material (BOM), MPS (Master Production Schedule), MRP (Material Requirement Planning), Persediaan bahan baku, Lot Sizing.

Abstract: CV Angkasa Solo is a company that does business in the field of printing and publishing. Serving various printing orders such as calendars, books, and magazines for kindergarten children. Problems found in CV. Angkasa Solo is about the availability of planning raw materials, especially Calendar products, with demand that always changes in each period, it requires proper planning for the planning needs of purchasing raw materials Calendar. Planning for material requirements using the MRP method, where the lot sizing method used is Lot-for-lot, Economic Order Quantity, Wagner Whitin Algorithm, from several forecasting methods it is known that the chosen method is Weighted Moving Average 2 with a value of 933.3333, chosen because it produces MAD smallest. Based on the results of the MRP calculation with the three lot sizing techniques, the Wagner Whitin algorithm method produces the minimum total inventory cost, which is Rp. 136,226,26. This means that the AWW method can be used as a solution for controlling raw material inventory on CV. Angkasa Solo.

Keywords: Forecasting, Bill of Materials (BOM), MPS (Master Production Schedule), MRP (Material Requirements Planning), Inventory, Lot Sizing.

1. Pendahuluan

Tantangan dalam industri percetakan sekarang adalah bagaimana meningkatkan kinerja perusahaan untuk memberikan barang-barang yang berkelas tinggi agar dapat bersaing di pasar dari segi kualitas produk, biaya, pelayanan, dan pengiriman tepat waktu. Suatu perencanaan dan pengendalian produksi yang baik dapat mewujudkan sistem produksi yang tepat guna agar dapat memenuhi kebutuhan bahan baku secara akurat dengan biaya yang rendah (Atmoko, 2018).

Perlu adanya pengendalian persediaan yang berguna untuk menjaga stok bahan baku agar memadai sehingga proses kegiatan operasional perusahaan tidak terhenti. Menurut Saputra *et al.*, (2020) aktivitas ini tidak sepenuhnya menghilangkan bahaya seluruhnya yang ditimbulkan oleh adanya stok yang terlalu besar atau terlalu sedikit, namun hanya dapat membantu mengurangi risiko yang terjadi”.

CV Angkasa Solo adalah perusahaan yang berbisnis di bidang percetakan dan penerbit, melayani berbagai order percetakan seperti kalender, buku, dan majalah anak TK. Bahan utama pembuatan kalender adalah Kertas *Art Paper* dan Tinta *Cyan, Magenta, Yellow, Black, Plate Cetak Offset*, Klem Besi. Salah satu faktor yang menjadi masalah yakni ada pada bagian bahan baku, selama pelaksanaan kegiatan di perusahaan dalam melakukan perencanaan belum menerapkan metode yang sesuai teori keilmuan, tetapi hanya berdasarkan metode perkiraan ataupun pengalaman sebelumnya.

Dalam proses produksinya, CV. Angkasa Solo menerapkan sistem *make to order* (MTO) artinya proses produksi barang mulai dikerjakan ketika ada pesanan dari pelanggan. Akan tetapi dalam memenuhi pesanan dari pelanggan sering mengalami kekurangan stok bahan baku, dimana ada penundaan dalam pengangkutan bahan baku, sehingga proses produksi yang sudah berjalan akan terganggu. Hal ini menyebabkan keterlambatan waktu produksi dan pengiriman kalender ke pelanggan, artinya CV. Angkasa Solo perlu merancang pembelian untuk stok bahan baku secara tepat.

Pada penelitian ini salah satu metode yang dapat diaplikasikan dalam memecahkan masalah perencanaan pembelian bahan baku yaitu *Material Requirement Planning* (MRP). Menurut Heizer & Barry (2005) MRP adalah model yang menggunakan daftar kebutuhan material, status *stock*, penerimaan yang diperkirakan, dan jadwal produksi induk yang digunakan untuk memutuskan kebutuhan material yang akan dipakai. Oleh karena itu, penelitian ini dimaksud untuk mengetahui

rencana pembelian bahan baku Kalender pada CV. Angkasa Solo dan untuk mengetahui ukuran pembelian dengan metode *Algoritma Wagner Whitin* dalam meminimalkan biaya persediaan bahan baku.

2. Landasan Teori

2.1. Persediaan

Anggriana (2015) menyimpulkan bahwa persediaan adalah produk jadi, produk setengah jadi, dan bahan baku yang disimpan dan dirawat dalam gudang sehingga selalu siap digunakan dalam mencukupi kebutuhan. Dalam hal ini fungsi persediaan menurut Rangkuti (2004) terbagi menjadi 3 unsur, yaitu (*Lot Size Inventory*) untuk efisiensi produksi yang disebabkan oleh proses produksi yang lama. (*Decoupling*) untuk melaksanakan sediaan *decouple*. (Antisipasi), sebagai pengaman apabila terjadi penundaan pesanan bahan baku dari pemasok.

2.2. Biaya Persediaan

Heizer & Render (2015) mengungkapkan ada dua jenis biaya dalam persediaan, yaitu:

- a. Biaya penyimpanan atau *holding cost* adalah biaya yang ditimbulkan karena menyimpan *stock* dengan tujuan akhir untuk persediaan mendatang dan menjaga *stock* dari kerusakan (Rasjidin *et al.*, 2007).
- b. Biaya pemesanan atau *ordering cost* adalah *cost* yang biasanya tidak naik apabila jumlah pesanan bertambah banyak. Contoh biaya pesan antara lain biaya *purchase order*, telepon, proses pesanan, pembelian, administrasi, transportasi dan lain sebagainya (Katias & Affandi, 2018).

2.3. Peramalan

Menurut Purnomo (2004) peramalan merupakan alat pengukur atau perkiraan tingkat permintan suatu barang untuk periode mendatang, yang berarti meramalkan sesuatu dikemudian hari tergantung pada data transaksi mas lalu yang ditelaah dengan teknik tertentu. Menurut Makridakis *et al.*, (1999) peramalan ada dua macam, yaitu 1. Peramalan kuantitatif, 2. Peramalan Kualitatif. Santoso (2009) membagi menjadi dua jenis data peramalan kuantitatif, pertama adalah *Time Series*, yaitu data yang ditampilkan berdasarkan dalam waktu harian, mingguan, dan bulanan, kedua adalah *Cross Section*,

yaitu informasi yang ditampilkan tidak bergantung waktu tertentu tetapi informasi pada satu waktu tertentu.

Dalam menentukan pola peramalan, ada berbagai jenis pola yang ada pada data *Time Series*, yaitu Pola *Trend*, *Seasonal*, *Cycles*, dan *Horizontal* masing-masing dari setiap pola memiliki karakteristik data yang unik yang dapat digambarkan dalam bentuk grafik (Seto *et al.*, 2016).

Menurut Sofyan (2013) metode *time series* terbagi menjadi 5 metode, 1. *Smoothing*, terdapat dua metode yaitu metode pertama adalah *Moving Average*, yang terbagi menjadi dua yaitu *Simple Moving Average* (SMA) dan *Weighted Moving Average* (WMA). Metode kedua adalah *Exponential Smoothing*, terbagi menjadi dua yaitu *Single Exponential Smoothing* (SES) dan *Double Exponential Smoothing* (DES), dalam metode DES terdapat dua parameter, yaitu satu parameter (*Brown's linear method*) dan dua parameter (*Holt's method*), 2. Proyeksi Kecenderungan dengan Regresi, jenis ini digunakan dalam perhitungan peramalannya berdasarkan garis kecenderungan, 3. Musiman (*seasonal*), jenis semacam ini sangat dipengaruhi melalui keadaan musiman, 4. *Trend*, jenis ini melihat apakah pola data memiliki kecenderungan naik/turun, 5. Dekomposisi.

Menurut Lindawati (Anggriana, 2015) Ada beberapa indikator dalam memperkirakan ketidaktepatan peramalan, yaitu MAD (*Mean Absolute Demand*), MSE (*Mean Square Error*), MFE (*Mean Forecast Error*), MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*). Semakin besar nilai kesalahan MAD, MSE, MFE, dan MAPE maka tingkat ketepatan peramalan semakin rendah.

2.4. Material Requirement Planning (MRP)

Anggriana (2015) mendefinisikan MRP adalah sebuah metode untuk mengatur dan mengendalikan seperti bahan baku, *parts* ataupun komponen yang melekat pada unit produksi yang dihasilkan nantinya, dengan memanfaatkan sistem kerja terpadu. Purnomo (2004) menjelaskan sistem MRP mempunyai tujuan, yaitu meminimalkan persediaan, mengurangi risiko penundaan produksi atau pengangkutan barang, dapat menentukan pelaksanaan rencana pemesanan ulang dan juga dapat memutuskan penjadwalan ulang atau pembatalan jadwal yang telah diatur oleh perusahaan.

Diperlukan lima informasi dalam sistem MRP, yaitu *Master Production Schedule* (MPS), Struktur Produk (*Bill of Materials*), Item *Master/Inventory Status/Record Files*, Pesanan (*Orders*), Kebutuhan (*Requirement*) (Purnomo, 2004).

Proses perhitungan MRP menurut Purnomo (2004) memiliki empat tahapan dasar yang harus diterapkan satu per satu pada setiap item dan pada periode perencanaan, yaitu:

1. *Netting* (Kebutuhan Bersih)
2. *Lotting* (Ukuran Lot)
3. *Offsetting* (Ukuran Pemesanan)
4. *Exploding/Explosion*

2.5. Lot Sizing

Menurut Rizki & Susatyo (2016) dalam menentukan ukuran lot untuk satu tingkat (*single level*) dengan daya tampung tidak terbatas, metode yang biasa digunakan antara lain: *Fixed Order Quantity*, *Economic Order Quantity*, *Period Order Quantity*, *Lot for Lot*, *Least Unit Cost*, *Least Total Cost*, *Fixed period Requirement*, *Algorithm Wagner Within*.

- **Lot For Lot (LFL)**, bertujuan untuk meminimalisasikan biaya simpan setiap unit menjadi nol dengan alasan bahwa ukuran pembelian disesuaikan dengan kebutuhan (Rizki & Susatyo, 2016).
- **Economic Order Quantity**, memanfaatkan gagasan membatasi biaya pesan & simpan dimana ukuran pembelian tetap tergantung pada perhitungan minimasi (Rizki & Susatyo, 2016).
- **Algoritma Wagner Whitin**, menghasilkan biaya total yang ideal dari *stock* bahan baku meskipun fakta bahwa biaya yang tepat bermacam-macam dimulai dengan satu periode kemudian ke periode berikutnya. teknik ini meminimalkan total gabungan biaya persediaan dari biaya pesan & simpan dengan hasil yang mengarah ke arah yang sama untuk setiap jumlah pesanan (Katias & Affandi, 2018).

3. Metode Penelitian

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan di CV. Angkasa Solo yang berada di Jalan Batara Guru Blok I No. 1 Gentan

Wiyakta Sukoharjo pada Bulan September 2020.

3.2 Jenis dan Sumber Penelitian

Jenis penelitian ini adalah penelitian deskriptif menggunakan pendekatan kuantitatif, dengan sumber penelitian berasal dari internal CV. Angkasa Solo.

3.3 Metode Pengumpulan Data

1. Observasi, pengamatan dilakukan secara langsung dengan melihat kegiatan yang sedang berjalan pada CV. Angkasa Solo.
2. Wawancara, bertanya dengan pihak Admin CV. Angkasa Solo dalam rangka memperoleh informasi yang dibutuhkan.
3. Dokumentasi, mencatat dokumen yang diperoleh perusahaan atau meminta data pendukung yang dibutuhkan. Pengumpulan data lainnya didapat dari jurnal serta literatur yang berkaitan dengan permasalahan penelitian, serta buku-buku perkuliahan.

3.4 Tahapan Penelitian

Tahap-tahap yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi:

1. Studi lapangan, didapat permasalahan yang ada pada CV. Angkasa Solo yaitu tentang perencanaan pembelian bahan baku kalender.
2. Studi literatur, metode yang tepat untuk menyelesaikan permasalahan yang dihadapi adalah dengan menggunakan metode *Material Requirement Planning* (MRP).
3. Identifikasi masalah, Permasalahan yang teridentifikasi adalah tentang penumpukan maupun kekurangan persediaan bahan baku yang menyebabkan pembengkakan biaya mengakibatkan tidak berjalannya proses produksi, karena selama ini perusahaan hanya melakukan perencanaan berdasarkan pengalaman sebelumnya.
4. Perumusan masalah, didapat rumusan masalah penelitian ini adalah 1. Bagaimana merencanakan pembelian bahan baku Kalender dengan metode *Material Requirement Planning* pada CV. Angkasa Solo? 2. Bagaimana menentukan ukuran pembelian dengan metode *Algoritma Wagner Whitin* untuk meminimalkan total biaya persediaan pada CV. Angkasa Solo?
5. Pengumpulan data, data yang dibutuhkan adalah data mengenai *Demand* historis perusahaan bulan Nov 2019 – Okt 2020, *Bill of Materials* (BOM Tree), Data Persediaan & *Lead Time*, Data Harga Bahan Baku Pembuatan Kalender, dan data Biaya Pesan & Simpan.
6. Pengolahan data dilakukan dalam merencanakan pembelian bahan baku kalender
 - Peramalan, dalam melakukan peramalan perlu dilakukan uji pola data menggunakan software Minitab 18 dengan berdasarkan data *demand* historis/permintaan. Untuk dapat mengetahui pola

data tersebut bersifat stasioner atau tidak, apakah pola data terdapat *trend*, *seasonal*, atau acak (*random*), agar dapat dilakukan peramalan dengan metode yang sesuai. Selanjutnya melakukan peramalan menggunakan software WinQSB, dengan membandingkan MAD (*Mean Absolute Demand* = rata-rata penyimpangan absolut) terkecil.

- *Material Requirement Planning*, dalam penyusunan MRP perlu diketahui jadwal induk produksi dan kebutuhan bersih (*net requirement*) harian, mingguan atau bulanan, selanjutnya dilakukan perhitungan *lot sizing* menggunakan software POM-QM for Windows dengan tiga metode yaitu *Lot for Lot*, *Economic Order Quantity*, dan *Algoritma Wagner Whitin* nantinya akan dipilih metode yang menghasilkan biaya persediaan paling minimal. Untuk perhitungan *Net Requirement* dan penyusunan tabel MRP dilakukan secara manual dengan Microsoft Excel.
7. Tahap terakhir yaitu menganalisis dari data-data yang telah diolah sehingga didapatkan kesimpulan yang sesuai dengan tujuan penelitian yang telah ditentukan sebelumnya, berdasarkan hasil pengolahan data yang sudah dilakukan metode mana yang mempunyai biaya paling minimum.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Pengumpulan Data

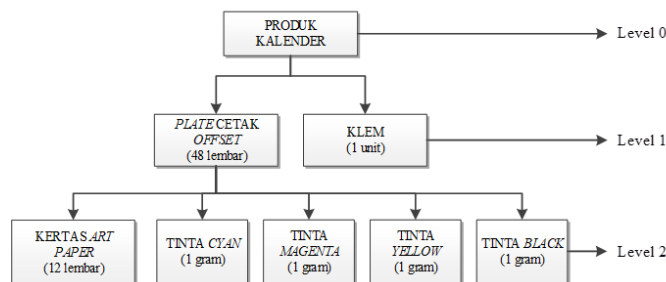
Berikut merupakan data-data yang dibutuhkan dalam melakukan penelitian ini:

4.1.1 Data Demand Historis Bulan November 2019-2020

Tabel 1. *Demand* Historis Bulan November 2019 – Oktober 2020

Periode	Bulan	<i>Demand</i> Historis
1	November	1500
2	Desember	2000
3	Januari	1800
4	Februari	2200
5	Maret	2100
6	April	900
7	Mei	1150
8	Juni	1000
9	Juli	1460
10	Agustus	1220
11	September	800
12	Oktober	1000

4.1.2 Bill of Materials



Gambar 1. Struktur Produk Kalender

Pembahasan penelitian ini dititikberatkan pada perencanaan kebutuhan bahan baku yang berada pada level 2. Berikut daftar kebutuhan komponen produk kalender per satu unit, dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2.
Daftar Kebutuhan Komponen Kalender Per 1 Unit

No	Level Komponen	Komponen	Jumlah Kebutuhan
1	0	Kalender	1 Unit
2	1	Plate Cetak Offset	48 Lembar
3	1	Klem Besi	1 Unit
4	2	Kertas <i>Art Paper</i>	12 Lembar
5	2	Tinta <i>Cyan</i>	1 gram
6	2	Tinta <i>Magenta</i>	1 gram
7	2	Tinta <i>Yellow</i>	1 gram
8	2	Tinta <i>Black</i>	1 gram

4.1.3 Data Persediaan dan Lead Time

Tabel 3.
Data Persediaan dan *Lead Time* Bahan Baku Kalender

No	Nama	Persediaan di	<i>Lead Time</i>
1	Kalender	0	-
2	Kertas <i>Art Paper</i>	7.000	1 hari
3	Tinta <i>Cyan</i>	0	1 hari
4	Tinta <i>Magenta</i>	0	1 hari
5	Tinta <i>Yellow</i>	0	1 hari
6	Tinta <i>Black</i>	0	1 hari

4.1.4 Data Harga Bahan Baku

Tabel 4.
Data Harga Bahan Baku Kalender

No	Bahan Baku	Jumlah	Harga
1	Kertas <i>Art Paper</i>	12 lembar	Rp 10.680,00
4	Tinta <i>Cyan</i>	1 gram	Rp 67,00
5	Tinta <i>Magenta</i>	1 gram	Rp 67,00
6	Tinta <i>Yellow</i>	1 gram	Rp 67,00
7	Tinta <i>Black</i>	1 gram	Rp 67,00
Total			Rp 10.948,00

4.1.5 Data Biaya

a. Biaya Pesan (*Setup Cost*)

Tabel 5.
Biaya Pemesanan Bahan Baku Kalender

No	Bahan Baku	Jenis Biaya	Biaya
1	Kertas <i>Art Paper</i>	Telepon	Rp 1.200,00
		Administrasi	Rp 2.000,00
2	Tinta	Transportasi	Rp 20.000,00
		Total	

b. Biaya Simpan (*Holding Cost*)

Perhitungan biaya simpan dilakukan mengikuti persentase dari harga simpan pada gudang setiap bulannya. Biaya penyimpanan yang telah ditetapkan oleh CV. Angkasa Solo adalah 20 % dari harga bahan baku, biaya listrik sebesar Rp. 435.240,00-. Berikut susunan harga pembelian bahan baku yang dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6.
Biaya Penyimpanan Setiap Bahan Baku Kalender

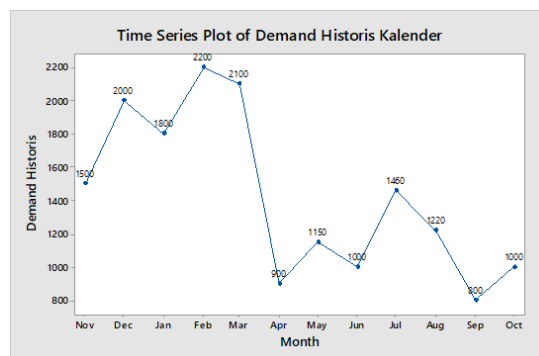
No	Bahan Baku	Harga	Biaya Penyimpanan (Rp/Minggu)
1	Kertas <i>Art Paper</i>	10.680 / 12 lembar	Rp 534
2	Tinta <i>Cyan</i>	67,00 / 1 gram	Rp 3,35
3	Tinta <i>Magenta</i>	67,00 / 1 gram	Rp 3,35
4	Tinta <i>Yellow</i>	67,00 / 1 gram	Rp 3,35
5	Tinta <i>Black</i>	67,00 / 1 gram	Rp 3,35
Total			Rp 547,40

4.2 Pengolahan Data

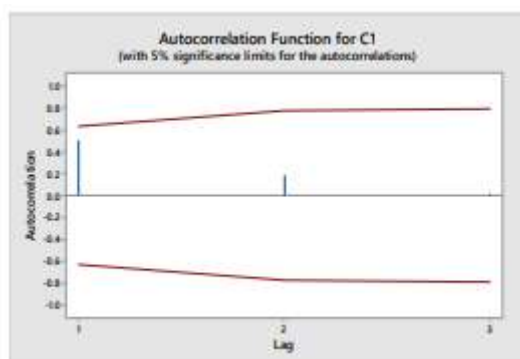
4.2.1 Peramalan

- Uji Pola Data

Dalam membuat plot data menggunakan software Minitab 18 berdasarkan Tabel 1 jumlah *demand historis*, didapat pola permintaan pada gambar 2.



Gambar 2.
Plot Data *Demand* Historis Kalender



Gambar 3.
Grafik Autokorelasi *Demand* Historis Kalender

Pada grafik gambar 3 diketahui pola data bersifat *random*/acak. Hal ini dibuktikan dari tidak adanya garis-garis warnaabiru yang melebihi garis merah yang berada di atas atau di bawah, dapat disimpulkan tidak ada korelasi sehingga terbukti tidak ada *trend* dan data bersifat *random*/acak. Maka pengolahan data peramalan yakni menggunakan lima metode peramalan, yaitu: *Simple Average*, *Moving Averag 2*, *Weighted Moving Average 2*, *Single Exponential Smoothing*, dan *Double Exponential Smoothing*.

- Peramalan Permintaan Kalender

Perhitungan peramalan menggunakan software WinQSB, dari ke-5 metode tersebut akan dipilih metode yang menghasilkan MAD terkecil, Berikut adalah hasil rekapan dari software Excel 2019 dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7.
Hasil Penerapan Metode Peralaman Permintaan Kalender

No	Bulan	De mand His toris	UJI KETEPATAN RAMALAN				
			SA	MA 2	WMA 2	SES	DES
1	Nov	1500					
2	Dec	2000	1500			1500	1500
3	Jan	1800	1750	1750	1833,333	1870	1869,8
4	Feb	2200	1766,6667	1900	1866,667	1818,2	1825,424
5	Mar	2100	1875	2000	2066,667	2100,732	2101,59
6	Apr	900	1920	2150	2133,333	2100,19	2105,827
7	May	1150	1750	1500	1300	1212,05	1214,081
8	Jun	1000	1664,2857	1025	1066,667	1166,133	1149,209
9	Jul	1460	1581,25	1075	1050	1043,195	1037,583
10	Aug	1220	1567,7778	1230	1306,667	1315,63	1347,814
11	Sep	800	1533	1340	1300	1254,224	1259,364
12	Oct	1000	1466,3636	1010	940	918,0984	917,8851
13	Nov-20		1427,5	900	933,3333	978,7056	971,9241
	MAD		469,1828	302	290,6667	315,0424	314,2539

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan diketahui bahwa teknik yang tepat adalah *Weighted Moving Average 2* dipilih karena memiliki nilai MAD terkecil.

4.2.2 Master Production Schedule (MPS)

Dari hasil peramalan yang diperoleh nantinya akan digunakan sebagai *master production schedule* (MPS). Dari hasil menggunakan metode *Weighted Moving Average 2*, hasil peramalan di bulan November tahun 2020, yaitu 933,3333. Hasil peramalan permintaan bulan November 2020 dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9.
Master Production Schedule Kalender Bulan Nov-2020

Bulan	Jumlah permintaan(unit)	Round Number
Nov-20	933,3333	933

Hasil dari MPS bulanan akan dibagi menjadi MPS mingguan atau harian. Diasumsikan bahwa dalam satu bulan terdapat 4 minggu, minggu pertama lebih besar dari minggu kedua, ketiga, dan keempat, Hasil MPS mingguan dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10.
Master Production Schedule Mingguan Kalender Bulan Nov-2020

Produk	Minggu				Total
	1	2	3	4	
Kalender	234	233	233	233	933

4.2.3 Perhitungan Net Requirement

Dalam perhitungan *net requirement* dapat diketahui dari hasil pengurangan antara *gross requirement* dan persediaan *on hand*. Hasil perhitungan *net requirement* dapat dilihat pada Tabel 11.

Tabel 11.
Net Requirement Bulan Nov-2020

Kalender	Minggu 1	Minggu 2	Minggu 3	Minggu 4
	Hari-6	Hari-6	Hari-6	Hari-6
<i>Gross Requirement</i>	234	233	233	233
OH	-			
<i>Net Requirement</i>	234	233	233	233
Kertas Art Paper	Minggu 1	Minggu 2	Minggu 3	Minggu 4
	Hari-6	Hari-6	Hari-6	Hari-6
<i>Gross Requirement</i>	2808	2796	2796	2796
OH	7000	4192	1396	
<i>Net Requirement</i>			2796	2796
Tinta Cyan	Minggu 1	Minggu 2	Minggu 3	Minggu 4
	Hari-6	Hari-6	Hari-6	Hari-6
<i>Gross Requirement</i>	234	233	233	233
OH	-			
<i>Net Requirement</i>	234	233	233	233
Tinta Magenta	Minggu 1	Minggu 2	Minggu 3	Minggu 4
	Hari-6	Hari-6	Hari-6	Hari-6
<i>Gross Requirement</i>	234	233	233	233
OH	-			
<i>Net Requirement</i>	234	233	233	233
Tinta Yellow	Minggu 1	Minggu 2	Minggu 3	Minggu 4
	Hari-6	Hari-6	Hari-6	Hari-6
<i>Gross Requirement</i>	234	233	233	233
OH	-			
<i>Net Requirement</i>	234	233	233	233

4.2.4 Perhitungan Lot Sizing

Perhitungan *Algoritma Wagner Whitin* menggunakan software *POM-QM V5 for Windows (Production/Operations Management, Quantitative Methods)*, tahap selanjutnya adalah menentukan jumlah dan waktu pembelian setiap bahan baku yang akan ditentukan menggunakan teknik *lot sizing*, yaitu *Lot for Lot*, *Economic Order Quantity*, dan *Algoritma Wagner Whitin*. Pemilihan ketiga teknik yang diterapkan nantinya akan dijadikan sebagai tolak ukur dalam menentukan biaya paling minimal.

1. Hasil perhitungan biaya pembelian dengan metode *Lot for* (LFL), Berikut adalah total biaya persediaan tiap bahan baku dengan metode *Lot for Lot*, dapat dilihat pada Tabel berikut:

Tabel 12.
LFL Biaya Persediaan Kertas Art Paper Bulan Nov-2020

Kertas Art Paper		<i>Demand</i>	<i>Order Receipt</i>	<i>Inventory</i>	<i>Holding Cost</i>	<i>Setup Cost</i>
<i>Period</i>						
<i>Initial Inventory</i>						
Nov-20	Week 1	-	-	-	-	-
	Week 2	-	-	-	-	-
	Week 3	2.796	2.796	-	534	23.200,00
	Week 4	2.796	2.796	-	534	23.200,00
<i>Total</i>		5.592	5.592	-	1068	46.400,00
<i>Average Demand</i>		1.398				
<i>Total Cost</i>		47.468,00				

Tabel 13.
LFL Biaya Persediaan Tinta Cyan Bulan Nov-2020

Tinta Cyan		<i>Demand</i>	<i>Order Receipt</i>	<i>Inventory</i>	<i>Holding Cost</i>	<i>Setup Cost</i>
<i>Period</i>						
<i>Initial Inventory</i>						
Nov-20	Week 1	234	234	-	3,35	23.200,00
	Week 2	233	233	-	3,35	23.200,00
	Week 3	233	233	-	3,35	23.200,00
	Week 4	233	233	-	3,35	23.200,00
<i>Total</i>		933	933	-	13,400	92.800,00
<i>Average Demand</i>		233,25				
<i>Total Cost</i>		92.813,40				

2. Hasil perhitungan biaya pembelian dengan metode *Economic Order Quantity*, Berikut adalah total biaya persediaan tiap bahan baku dengan metode *Economic Order Quantity*, dapat dilihat pada Tabel berikut:

Tabel 12.
EOQ Biaya Persediaan Kertas Art Paper Bulan Nov-2020

Kertas Art Paper		<i>Demand</i>	<i>Order Receipt</i>	<i>Inventory</i>	<i>Holding Cost</i>	<i>Setup Cost</i>
<i>Period</i>						
<i>Initial Inventory</i>						
Nov-20	Week 1	-	-	-	-	-
	Week 2	-	-	-	-	-
	Week 3	2.796	11.022	8226	4392,684	23.200
	Week 4	2.796		5430	2899,62	
Total		5.592	11.022	13656	72	23.200
<i>Average Demand</i>		1.398				
Total Cost		30.492,30				

Tabel 12.
EOQ Biaya Persediaan Tinta Cyan Bulan Nov-2020

Tinta Cyan		<i>Demand</i>	<i>Order Receipt</i>	<i>Inventory</i>	<i>Holding Cost</i>	<i>Setup Cost</i>
<i>Period</i>						
<i>Initial Inventory</i>						
Nov-20	Week 1	234	1797	1563	5236,05	23.200
	Week 2	233		1330	4455,5	
	Week 3	233		1097	3674,95	
	Week 4	233		864	2894,4	
Total		933	11.022	4.854	16260,9	23.200
<i>Average Demand</i>		233				
Total Cost		39.460,90				

3. Hasil perhitungan biaya pembelian dengan metode *Algoritma Wagner Whitin (AWW)*, Berikut adalah total biaya persediaan tiap bahan baku menggunakan metode AWW, hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel berikut.

Tabel 17.
AWW Bahan Baku Kertas Art Paper Bulan Nov-2020

Kertas Art Paper		<i>Demand</i>	<i>Order Receipt</i>	<i>Inventory</i>	<i>Holding Cost</i>	<i>Setup Cost</i>
<i>Period</i>						
<i>Initial Inventory</i>						
Nov-20	Week 1					
	Week 2					
	Week 3	2.796	5.592	2796	1493,064	23.200,00
	Week 4	2.796				
Total		5.592	5.592	2796	1493,064	23.200,00
<i>Average Demand</i>		1.398				
Total Cost		24.693,06				

Tabel 18.
AWW Bahan Baku Tinta Cyan Bulan Nov-2020

Tinta Cyan		<i>Demand</i>	<i>Order Receipt</i>	<i>Inventory</i>	<i>Holding Cost</i>	<i>Setup Cost</i>
<i>Period</i>						
<i>Initial Inventory</i>						

Tinta Cyan		Demand	Order Receipt	Inventory	Holding Cost	Setup Cost
Period						
Nov-20	Week 1	234	933	699	2341,65	23.200,00
	Week 2	233		466	1561,1	
	Week 3	233		233	780,55	
	Week 4	233		0		
Total		933	933	1398	4683,3	23.200,00
Average Demand		233,25				
Total Cost		27.883,30				

4.2.5 Hasil metode LFL, EOQ, dan AWW

Tabel 19.
Perbandingan Hasil Ukuran Pembelian

No	Bahan Baku	Metode		
		Lot For Lot	Economic Order Quantity	Algoritma Wagner Whitin
1	Kertas Art Paper	Rp 46.400,00	Rp 30.492,30	Rp 24.693,06
2	Tinta Cyan	Rp 92.800,00	Rp 39.460,90	Rp 27.883,30
3	Tinta Magenta	Rp 92.800,00	Rp 39.460,90	Rp 27.883,30
4	Tinta Yellow	Rp 92.800,00	Rp 39.460,90	Rp 27.883,30
5	Tinta Black	Rp 92.800,00	Rp 39.460,90	Rp 27.883,30
Total		Rp 417.600,00	Rp 188.335,90	Rp 136.226,26

Dari hasil perbandingan ketiga metode tersebut diketahui bahwa metode yang akan dipilih untuk penyusunan MRP tiap-tiap bahan baku adalah *Algoritma Wagner Whitin* karena menghasilkan biaya minimal dalam persediaan bahan baku. Selanjutnya penyusunan MRP tiap-tiap bahan baku adalah menggunakan metode *Algoritma Wagner Whitin*.

4.2.6 Penyusunan Material Requirement Planning (MRP)

Pengisian tabel MRP tergantung pada informasi *stock* bahan baku meliputi jumlah kebutuhan bersih, ukuran pembelian setiap pemesanan bahan baku, dan *lead time* bahan baku dengan ukuran pembelian menggunakan *Algoritma Wagner Whitin*. Berikut adalah tabel penyusunan MRP tiap-tiap bahan baku:

Tabel 20.
MRP Bahan Baku Kertas Art Paper Bulan Nov-2020

LT : 1 hari									
Kertas Art Paper		Minggu 1		Minggu 2		Minggu 3		Minggu 4	
		Hari-5	Hari-6	Hari-5	Hari-6	Hari-5	Hari-6	Hari-5	Hari-6
GR			2808		2796		2796		2796
OH	7000		4192		1396		5592		2796
NR									
PORec							5592		
PORel						5592			

Untuk bahan baku kertas *art paper*, kebutuhan kotor pada minggu pertama yaitu 2808, minggu kedua sebesar 2796, karena pada minggu sebelumnya masih ada persediaan (OH) sebesar 7000 artinya minggu pertama dan kedua terpenuhi, pada minggu ketiga persediaan sudah habis, sehingga butuh 1400, maka membeli bahan baku sebesar 5592, hal ini sesuai ukuran lot menggunakan metode *algoritma wagner whitin*.

Tabel 21.
MRP Bahan Baku Tinta Cyan Bulan Nov-2020

LT : 1 hari		Minggu 1		Minggu 2		Minggu 3		Minggu 4	
Tinta Cyan		Hari-5	Hari-6	Hari-5	Hari-6	Hari-5	Hari-6	Hari-5	Hari-6
GR			234		233		233		233
OH	-		699		466		233		0
NR									
PORec			933						
PORel		933							

Untuk bahan baku kertas tinta *cyan*, kebutuhan kotor pada minggu pertama yaitu 234, minggu kedua, ketiga, dan keempat membutuhkan 233 kalender, karena tidak ada persediaan (OH) artinya minggu pertama melakukan pembelian bahan baku sebesar 933, hal ini sesuai ukuran lot menggunakan metode *algoritma wagner whitin*, selanjutnya kebutuhan kotor minggu kedua, ketiga dan keempat masih terpenuhi. Untuk hasil penyusunan MRP pada bahan baku tinta *Magenta, Yellow, dan Black* mendapatkan hasil yang sama seperti tinta *Cyan*, yaitu minggu pertama melakukan pembelian bahan baku sebesar 933.

5. Kesimpulan, Implikasi, Keterbatasan, dan Saran

5.1 Kesimpulan

Dari hasil analisis penelitian perencanaan persediaan bahan baku menggunakan metode *Material Requirement Planning* (MRP) yang telah dilakukan pada CV. Angkasa Solo, dengan menggunakan metode *Algoritma Wagner Whitin*, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Dalam merencanakan pembelian persediaan bahan baku dengan metode *Material Requirement Planning* (MRP) perlu dilakukan beberapa tahapan, yaitu:
 - Peramalan kebutuhan, didapat metode peramalan terbaik yang digunakan untuk memprediksi permintaan bulan November 2020 adalah metode *Weighted Moving Average*
 - 2.
 - Pembuatan *Master Production Schedule* (MPS) didapat hasil MPS bulan November 2020 adalah 933 kalender.
 - Perhitungan *Net Requirement*, untuk bahan baku Kertas *Art Paper* membutuhkan sebanyak

5529 lembar, dan bahan baku tinta *Cyan, Magenta, Yellow*, dan *Black* masing-masing membutuhkan 933 gram.

- Penentuan Ukuran Pembelian, hasil metode *Lot for Lot* mendapatkan hasil Rp. 417,600,00. *Economic Order Quantity* mendapatkan hasil Rp. 188,335,90. *Algoritma Wagner Whitin* mendapatkan hasil Rp. 136,226,26.
- 2. Dalam hal ini hasil dari penentuan ukuran pembelian dengan menggunakan metode *Algoritma Wagner Whitin* yakni menghasilkan total biaya persediaan sebesar Rp. 136,226,26, dipilih karena menghasilkan total biaya persediaan bahan baku paling minimal, untuk bahan baku kertas ukuran lot pembeliannya adalah 5592 kertas, untuk bahan baku tinta *cyan, magenta, yellow*, dan *black* adalah 933 gram.

5.2 Implikasi

Dari hasil analisis penelitian dapat diketahui bahwa dengan metode *Material Requirement Planning* (MRP) dengan teknik lot sizing metode *Algoritma Wagner Whitin* dapat meminimalkan total biaya persediaan untuk setiap bahan baku pembuatan kalender.

5.3 keterbatasan

Keterbatasan dalam penelitian ini yaitu: kesulitan menemukan informasi stok bahan baku karena terkendala kebijakan perusahaan.

5.4 Saran

Dalam merencanakan pembelian bahan baku dapat menggunakan metode ukuran lot yang lainnya, sehingga dapat meminimalkan total biaya persediaan bahan baku meliputi biaya pesan dan biaya simpan.

Referensi

- Anggriana, K. (2015). Analisis Perencanaan Dan Pengendalian Persediaan Busbar Berdasarkan Sistem Mrp (Material Requirement Planning) Di Pt. Tis. *Penelitian Dan Aplikasi Sistem Dan Teknik Industri*, 9(3), 320–337.
- Atmoko, B. M. W. (2018). *ANALISIS PENGENDALIAN PERSEDIAAN BAHAN BAKU DENGAN PENDEKATAN LOT SIZING DALAM MENDUKUNG SISTEM MRP (MATERIAL REQUIREMENT PLANNING)*. 105(3), 129–133.
- Heizer, J., & Barry, R. (2005). *Manajemen Operasi* (Edisi ke-7). Jakarta : Salemba Empat.
- Heizer, J., & Render, B. (2015). *Operational Management* (Sebelas). Salemba Empat.
- Katias, P., & Affandi, A. (2018). Implementasi Algoritma Wagner-Within pada Manajemen Inventori di PT X. *Business and Finance Journal*, 3(1), 63–76.
- Makridakis, S., Wheelright, S. ., & McGee, V. E. (1999). *Metode dan Aplikasi Peramalan*. Erlangga. Purnomo, H. (2004). *Pengantar Teknik Industri* (Edisi ke-2). Graha Ilmu.
- Rangkuti, F. (2004). *Manajemen Persediaan Aplikasi di Bidang Bisnis*. Jakarta : Erlangga.
- Rasjidin, R., Ras, S. A., & Futihat. (2007). Penentuan Kombinasi Metode Lot Sizing Berbagai Level Pada Struktur Produk Spion 7024 Untuk Meminimasi Biaya Persediaan Di Pt. Cipta Kreasi Prima Muda. *Jurnal InovisiTM*, 6(2).
- Rizki, M. A., & Susatyo. (2016). Analisis Penentuan Ukuran Lot Pesan Dan Interval Order Dalam Pengendalian Persediaan Kebutuhan Bahan Baku Tri Untuk Pembuatan Produk Alkyd 9937 Pada PT. Pardic Jaya Chemical. *Industrial Engineering Online Journal*, 5(4).Santoso, S. (2009). *Business Forecasting Metode Peramalan Bisnis Masa Kini dengn Minitab dan SPSS*. PT. Elex Media Komputindo.
- Saputra, R. A., Kholidasari, I., Sundari, S., & Setiawati, L. (2020). Analisis Perencanaan Bahan Baku Di Ud. Aa Dengan Menerapkan Metode Material Requirement Planning (Mrp). *Jurnal Logistik Indonesia*, 5(1), 1–12.
- Seto, S., Nita, Y., & Triana, L. (2016). *Manajemen Farmasi : Lingkungan Apotek, Farmasi Rumah Sakit, Indutri Farmasi, Pedagang Besar Farmasi*.
- Sofyan, D. . (2013). *PERENCANAAN & PENGENDALIAN PRODUKSI*. Graha Ilmu.

Deteksi Manajemen Risiko Pada Simak Menggunakan Metode OCTAVE Allegro (Studi Kasus STMIK BI Balikpapan)

Deasylia Aryanti

Sistem Informasi, STMIK Borneo
Internasional Balikpapan, Jl.
AW.Syahrani No.04, RT.32, Batu
Ampar, Kec.Balikpapan Utara,Kota
Balikpapan, Kalimantan Timur
26136, Indonesia
deasylia.18@stmik-borneo.ac.id

Nurazizah Amelia M

Sistem Informasi, STMIK Borneo
Internasional Balikpapan, Jl.
AW.Syahrani No.04, RT.32, Batu
Ampar, Kec.Balikpapan Utara,Kota
Balikpapan, Kalimantan Timur
26136, Indonesia
nurazizah_amelia.18@stmik-borneo.ac.id

Joy Nashar Utamajaya

Sistem Informasi, STMIK Borneo Internasional Balikpapan, Jl.
AW.Syahrani No.04, RT.32, Batu Ampar, Kec.Balikpapan Utara,Kota
Balikpapan, Kalimantan Timur 26136, Indonesia
joy.nashar@stmik-borneo.ac.id

Abstract : *OCTAVE Allegro is a framework that uses the OCTAVE approach and is designed to conduct a risk assessment of an organization's or company's operations with the aim of producing faster results without requiring in-depth knowledge of risk assessment. In this study, researchers tried to use the OCTAVE (Operationally Critical Threat, Assets and Vulnerability Evaluation) method, which is a set of tools, techniques and methods for risk-based information system security assessment and planning. This process begins with identifying possible future events, assessing the risks they pose, determining responses to them, and monitoring the progress of those responses. STMIK BI is a higher education institution that produces superior, independent, and characterized human resources in the field of Computer Science and business. This study focuses on the detection of risk management in SIMAK at STMIK BI Balikpapan. The results of this study are to identify, analyze and manage the risks of academic information systems so as to reduce the risk of damage to the academic information system and its assets and to improve the security of academic information systems.*

Keyword : *Risk Management, OCTAVE Allegro, STMIK BI*

Abstrak : *OCTAVE Allegro merupakan sebuah framework yang menggunakan pendekatan OCTAVE dan di desain untuk melakukan penilaian risiko terhadap operasional organisasi atau perusahaan dengan tujuan untuk menghasilkan hasil yang lebih cepat tanpa memerlukan pengetahuan mendalam terkait penilaian risiko. Pada penelitian ini, peneliti mencoba menggunakan metode OCTAVE (Operationally Critical Threat, Assets and Vulnerability Evaluation) yang merupakan seperangkat peralatan, teknik dan metode untuk penilaian dan perencanaan keamanan sistem informasi berbasis risiko. Proses ini dimulai dengan mengidentifikasi kemungkinan kejadian di masa depan, penilaian risiko yang ditimbulkannya, penentuan respons terhadapnya, dan pengawasan keberjalanan respons*

tersebut. STMIK BI merupakan lembaga pendidikan tinggi yang menghasilkan sumber daya manusia di bidang Ilmu Komputer dan bisnis yang unggul, mandiri, dan berkarakter. Penelitian ini berfokus pada deteksi manajemen risiko pada SIMAK di STMIK BI Balikpapan. Hasil dari penelitian ini yaitu untuk mengidentifikasi, menganalisis dan mengelola risiko sistem informasi akademik sehingga dapat mengurangi risiko terjadinya kerusakan pada sistem informasi akademik beserta asetnya serta dapat meningkatkan keamanan sistem informasi akademik.

Kata Kunci: *Manajemen Risiko, OCTAVE Allegro, STMIK BI*

1. Pendahuluan

STMIK BI Balikpapan (Sekolah Tinggi Manajemen Informasi dan Komunikasi Borneo Internasional Balikpapan) merupakan salah satu Perguruan Tinggi yang berada di kota Balikpapan. Perguruan Tinggi ini telah memanfaatkan teknologi web sebagai sarana untuk melayani mahasiswa(i) dalam bidang akademik. STMIK BI memiliki visi dimana menjadikan STMIK BI sebagai lembaga pendidikan tinggi yang menghasilkan sumber daya manusia di bidang Ilmu Komputer dan bisnis yang unggul, mandiri, dan berkarakter. Adapun salah satu misi STMIK BI yaitu Menyelenggarakan pendidikan tinggi berbasis kompetensi yang sesuai dengan ilmu komputer dan dinamika kebutuhan masyarakat akan teknologi informasi dan komunikasi berbasis komputerisasi.

Risiko kerusakan fisik berkaitan dengan perangkat keras seperti bencana alam (*naural disaster*), pencurian (*theft*), kebakaran (*fires*), lonjakan listrik (*power surge*), dan perusakan (*vandalism*). Risiko kerusakan logic mengacu pada akses yang tidak sah (*anauthorized access*), kerusakan secara sengaja maupun tidak sengaja pada sistem informasi dan data[1]. Untuk itu perlu dilakukan identifikasi ancaman dan analisis risiko untuk meningkatkan keamanan dan mengurangi risiko kerusakan sistem informasi. Sehingga dapat ditarik masalah yang ingin diteliti yaitu mendeteksi risiko TI yang ada pada sistem informasi akademik (SIMAK).

Di satu sisi sistem informasi merupakan bagian yang sulit untuk dipisahkan pada hampir setiap proses bisnis institusi. Dan di sisi lain juga terdapat gangguan pada sistem informasi yang mengganggu keberlangsungan proses bisnis institusi terkait. Pada penelitian ini, peneliti mencoba menggunakan metode OCTAVE (*Operationally Critical Threat, Assets and Vulnerability Evaluation*) yang merupakan seperangkat peralatan, teknik dan metode untuk penilaian dan perencanaan keamanan sistem informasi berbasis risiko. Penelitian ini dilakukan untuk mengidentifikasi, menganalisis dan mengelola risiko sistem informasi akademik sehingga dapat mengurangi risiko terjadinya kerusakan pada sistem informasi akademik beserta asetnya serta dapat meningkatkan keamanan sistem informasi akademik.

Dalam penelitian ini permasalahan mencakup:

1. Cakupan permasalahan pada penelitian ini adalah mendefinisikan komponen-komponen penting secara komprehensif, sistematis, berbasis *konteks (context-driven)* evaluasi risiko keamanan informasi dengan menggunakan metode OCTAVE Allegro.
2. Penelitian ini berfokus pada deteksi manajemen risiko pada SIMAK di STMIK BI Balikpapan menggunakan metode OCTAVE Allegro
3. Hasil dari penelitian ini yaitu untuk mengidentifikasi, menganalisis dan mengelola risiko sistem informasi akademik sehingga dapat mengurangi risiko terjadinya kerusakan pada sistem informasi akademik beserta asetnya serta dapat meningkatkan keamanan sistem informasi akademik.

2. Kerangka Teoritis

2.1 Keamanan Sistem Informasi

Keamanan informasi menurut G.J Simons adalah bagaimana kita dapat mencegah penipuan (*cheating*) atau paling tidak mendeteksi adanya penipuan di sebuah sistem yang berbasis informasi, dimana informasinya sendiri tidak memiliki arti fisik.

2.2 Risiko Sistem Informasi

Yang termasuk risiko sistem informasi terdapat pada aset sistem informasi, berkembangnya sistem informasi sebagai bagian dalam pengelolaan bisnis, hingga bencana yang disebabkan oleh sistem informasi yang dapat mengakibatkan terhentinya proses bisnis. Mengurangi aspek kerentanan dari sistem informasi dapat mengurangi risiko ancaman pada sistem informasi. Kerentanan dapat dinilai sesuai dengan tingkat risiko terhadap organisasi, baik secara internal maupun eksternal.

2.3 Manajemen Risiko Teknologi Informasi

Manajemen risiko merupakan proses yang memungkinkan manajer TI untuk menyeimbangkan biaya operasional dan biaya ekonomi untuk tindakan pengamanan dalam upaya melindungi sistem TI dan data yang mendukung misi organisasi manajemen risiko dalam suatu proses identifikasi, mengukur risiko, serta membentuk strategi untuk mengelolanya melalui sumber daya yang tersedia.

2.4 Penilaian Risiko

Penilaian risiko (*Risk Assessment*) merupakan bagian dari manajemen risiko, penilaian risiko adalah proses untuk menilai seberapa sering risiko terjadi atau seberapa besar dampak dari risiko. Penilaian risiko adalah keseluruhan proses yang meliputi identifikasi risiko, analisis risiko dan evaluasi risiko.

2.5 OCTAVE Allegro

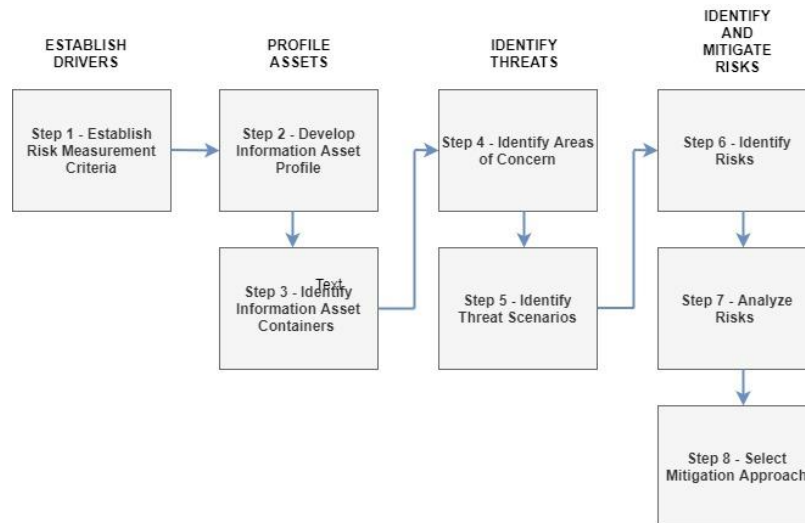
OCTAVE Allegro merupakan sebuah *framework* yang menggunakan pendekatan OCTAVE dan di desain untuk melakukan penilaian risiko terhadap operasional organisasi atau perusahaan dengan tujuan untuk menghasilkan hasil yang lebih cepat tanpa memerlukan pengetahuan mendalam terkait penilaian risiko.

Operationally Critical Threat, Asset, and Vulnerability Evaluation (OCTAVE) mendefinisikan komponen-komponen penting secara komprehensif, sistematis, berbasis konteks (*context-driven*) evaluasi risiko keamanan informasi. Dengan menggunakan metode OCTAVE, organisasi dapat membuat perlindungan terhadap informasi berbasis pengambilan keputusan risiko berdasarkan CIA (*Confidentiality, Integrity, Authentication*) untuk aset teknologi informasi kritis.

3. Metode Penelitian

OCTAVE Allegro merupakan metode yang di sederhanakan dengan fokus pada aset informasi. OCTAVE Allegro dapat dilakukan dengan metode *workshop-style* dan kolaboratif. OCTAVE Allegro terdiri dari delapan langkah dan dibagi dalam empat fase.

Gambar 1 :
Langkah-langkah OCTAVE Allegro



4.1. Langkah 1 – Membangun Kriteria Pengukuran Risiko

Langkah ini terdapat dua aktivitas, diawali dengan membangun *organizational drivers* digunakan untuk mengevaluasi dampak risiko pada misi dan tujuan bisnis, serta mengenali *impact area* yang paling penting. Aktivitas pertama yaitu membuat definisi ukuran kualitatif yang didokumentasikan pada *Risk Measurement Criteria Worksheet*. Aktivitas kedua melakukan pemberian nilai prioritas *impact area* menggunakan *Impact Area Ranking Worksheet*.

4.2. Langkah 2 – Mengembangkan Profil Aset Informasi

Terdiri dari delapan aktivitas, diawali dengan identifikasi aset informasi selanjutnya dilakukan penilaian risiko terstruktur pada aset yang kritis.

4.3. Langkah 3 – Mengidentifikasi Kontainer dari Aset Informasi

Hanya ada satu aktivitas pada langkah ketiga, perhatikan poin penting terkait dengan keamanan dan konsep dari kontainer aset informasi yaitu cara aset informasi dilindungi, tingkat perlindungan atau pengamanan aset informasi dan kerentanan serta ancaman terhadap kontainer dari aset informasi.

4.4. Langkah 4 – Mengidentifikasi Area Masalah

Aktivitas pada langkah keempat yaitu diawali dengan pengembangan profil risiko dari aset informasi dengan cara bertukar pikiran untuk mencari komponen ancaman dari situasi yang mungkin mengancam aset informasi. Berpedoman pada dokumen *Information Asset Risk Worksheet* lakukan *review* dari kontainer untuk membuat *Area of Concern* dan mendokumentasikan setiap *Area of Concern*.

4.5. Langkah 5 – Mengidentifikasi Skenario Ancaman

Aktivitas pada langkah kelima yaitu melakukan identifikasi skenario ancaman tambahan pada aktivitas ini dapat menggunakan *Appendix C-Threat Scenarios Questionnaires*. Aktivitas dua melengkapi *Information Asset Risk Worksheet* untuk setiap *Threat Scenario* yang umum.

4.6. Langkah 6 – Mengidentifikasi Skenario

Aktivitas pada langkah keenam yaitu menentukan *threat scenario* yang telah di dokumentasikan di *Information Asset Risk Worksheet* dapat memberikan dampak bagi organisasi.

4.7. Langkah 7 – Menganalisis Risiko

Aktivitas dimulai dengan melakukan *review Risk Measurement Criteria* dilanjutkan dengan aktivitas kedua menghitung nilai risiko relatif yang dapat digunakan untuk menganalisis risiko dan memutuskan strategi terbaik dalam menghadapi risiko.

4.8. Langkah 8 – Memilih Pendekatan Pengurangan

Aktivitas pertama pada langkah kedelapan yaitu mengurutkan setiap risiko yang telah diidentifikasi berdasarkan nilai risikonya. Aktivitas kedua melakukan pendekatan mitigasi untuk setiap risiko dengan berpedoman pada kondisi yang unik di organisasi tersebut.

Berdasarkan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Deni, Teduh, dan Hendrik pada tahun 2013 mengenai “Manajemen Risiko Sistem Informasi Akademik Pada Perguruan Tinggi Menggunakan Metoda OCTAVE Allegro menyatakan bahwa proses penilaian risiko perlu dilakukan secara berkala sehingga dapat mengambil langkah-langkah pencegahan yang tepat untuk meminimalkan kemungkinan ancaman terjadi.

Beberapa tantangan yang mungkin dihadapi pada saat implementasi OCTAVE Allegro sebagai metodologi penelitian risiko sistem informasi antara lain :

- Perubahan Pola Pikir : Fokus Teknis menjadi Fokus Bisnis
- Lingkungan Universitas dengan Struktur Konfederasi
- Keterbukaan di Lingkungan Universitas
- Penyesuaian dengan Pihak Ketiga.

4. Hasil

Tahap pertama pelaksanaan dalam mendeteksi risiko pada sistem informasi akademik dimulai dengan menghubungi pihak-pihak pengelola sistem informasi akademik kampus untuk mendapatkan data atau informasi untuk mendapatkan data atau informasi yang diperlukan. Tahap selanjutnya adalah dengan melakukan wawancara untuk mendapatkan informasi mengenai aset operasional kritis bagi organisasi.

Langkah 1 – Setelah membangun *organizational drivers* maka dilakukan *impact area* yang paling penting serta memberikan nilai skala prioritas pada *impact area* yang ditentukan. Prioritas *impact area* yang dipilih pertama adalah reputasi dan kepercayaan pelanggan, finansial, produktivitas, keamanan dan kesehatan serta denda dan penalti. Berikut ini tabel-tabel yang berisi hasil penentuan *impact area* – reputasi dan kepercayaan pelanggan.

Tabel 1.
Kriteria Penilaian Risiko (Reputasi Dan Kepercayaan Karyawan)

Area yang berdampak	Low	Medium	High
Reputasi (karyawan/staff kampus)	Reputasi sedikit terpengaruh kecil atau tidak ada usaha sama sekali untuk pemulihan	Reputasi terkena dampak buruk, tidak lebih dari 50 juta untuk biaya pemulihan dalam waktu 3 bulan	Reputasi terkena dampak sangat buruk lebih dari 50 juta untuk biaya pemulihan dalam waktu 6 bulan

Tabel 2.
Kriteria Penilaian Risiko (Keuangan)

Area yang berdampak	Low	Medium	High
Biaya operasi	Peningkatan kurang dari 2,5% dalam biaya operasional tahunan	Peningkatan antara 2,5%-5% dalam biaya operasional tahunan	Peningkatan lebih dari 5% dalam biaya operasional tahunan
Kerugian	Kurang dari 100 juta pengurangan pendapatan kerugian tahunan	Setara 100 juta sampai 300 juta pengurangan pendapatan kerugian tahunan	Lebih dari 300 juta pengurangan pendapatan kerugian tahunan.

Tabel 3.
Kriteria Penilaian Risiko (Produktivitas)

Area yang berdampak	Low	Medium	High
Jam kerja karyawan	Jam kerja karyawan meningkatkan biaya pekerja kurang dari 5 juta.	Jam kerja karyawan meningkatkan biaya pekerja antara 5 juta sampai 10 juta.	Jam kerja karyawan meningkatkan biaya pekerja lebih dari 10 juta.
Keluar masuk karyawan	Tingkat keluar masuk karyawan menurun kurang dari 2%	Tingkat keluar masuk karyawan menurun antara 2%-4%	Tingkat keluar masuk karyawan menurun lebih dari 4%

Tabel 4.
Kriteria Penilaian Risiko (Kesehatan Dan Keselamatan)

Area yang berdampak	<i>Low</i>	<i>Medium</i>	<i>High</i>
Kehidupan	Tidak ada kerugian atau ancaman bagi kerugian	Ada karyawan yang kehidupannya terancam tetapi mereka sehat dan mengeluarkan biaya kurang dari 10 juta.	Hilangnya karyawan atau kehidupannya dan mengeluarkan biaya lebih dari 10 juta.
Kesehatan	Adanya risiko kesehatan karyawan dengan pemulihan beberapa hari dan biaya tidak lebih dari 5 juta.	Pemulihan kesehatan dengan batas biaya antara 5 juta sampai 10 juta.	Pemulihan permanen dengan melibatkan investigasi dan biaya di atas 10 juta.

Tabel 5.
Kriteria Penilaian Risiko (Denda Dan Penalty)

Area yang berdampak	<i>Low</i>	<i>Medium</i>	<i>High</i>
Denda	Denda yang dikarenakan kurang dari 10 juta	Denda yang dikarenakan antara 5 juta sampai 10 juta	Denda yang dikarenakan lebih dari 10 juta
Perkara hukum	Tuntutan hukum yang diajukan terhadap kampus kurang dari 15 juta.	Tuntutan hukum yang diajukan terhadap kampus antara 15 juta sampai 50 juta.	Tuntutan hukum yang diajukan terhadap kampus lebih dari 50 juta.
Investigasi	Tidak ada pertanyaan dari pemerintah	Adanya investigasi dari pemerintah perihal informasi atau data (profil rendah)	Adanya investigasi profil rendah dari pemerintah dengan investigasi mendalam ke dalam praktek kampus

Tabel 6. Dampak Area Prioritas Kerja

Prioritas	Area yang berdampak
5	Reputasi dan kepercayaan karyawan
4	Keuangan
3	Produktivitas
2	Kesehatan dan keselamatan
1	Denda dan penalty

Langkah 2 – Dalam *mengembangkan Information Asset Profile* harus ditentukan aset informasi kritis berdasarkan *core process* dari organisasi tersebut, yaitu dimulai dari data mahasiswa hingga laporan nilai akhir berbentuk transkrip. Aktivitas selanjutnya yaitu menentukan aset informasi kritikal yang dicatat pada *Critical Asset Information Worksheet*. Aset informasi yang dipilih harus mempertimbangkan hal-hal berikut :

- Aset informasi yang penting dan digunakan dalam kegiatan sehari-hari.
- Aset informasi yang jika hilang dapat mengganggu tujuan dan misi organisasi.

Dibawah ini merupakan penjelasan mengenai *Critical Asset Information*, terkait dengan *aspek rationale for selection, description, owner, security requirement, dan most important security requirement*. *Security requirement* dibagi menjadi tiga bagian, yaitu *confidentially, integrity* dan *availability*. Penjelasan dibawah ini merupakan hasil *mopping* dari *information asset profiling* yang telah dilakukan sebelumnya. Berikut ini merupakan *information asset profiling* (profil mahasiswa).

Tabel 7.
Information Asset Profiling (Profil Mahasiswa)

<i>Critical Asset</i>		Profil Mahasiswa
<i>Rationale for selection</i>		Digunakan untuk menunjukkan data pribadi mahasiswa
<i>Description</i>		Terdiri dari data pribadi sesuai kartu tanda penduduk, alamat mahasiswa, dan lain-lain.
<i>Owner</i>		Ketua STMIK BI Balikpapan
<i>Security requirement</i>	<i>Confidentially</i>	Data pribadi mahasiswa sangat penting bagi mahasiswa dan kampus. Bagian administrasi mahasiswa menggunakan data pribadi mahasiswa untuk mencetak kartu tanda mahasiswa dan

		keperluan lainnya.
	<i>Integrity</i>	Informasi harus benar dan akurat, dapat berubah dan diganti oleh mahasiswa. Hanya operator dibagian administrasi kemahasiswaan yang dapat memasukkan atau memodifikasikan data pribadi mahasiswa.
	<i>Availability</i>	Informasi harus selalu tersedia bagi mahasiswa, dosen dan bagian administrasi kemahasiswaan.
<i>Most important security requirement</i>		Data pribadi merupakan informasi penting bagi mahasiswa dan kampus, jika terdapat kesalahan akan merugikan kampus.

Langkah 3 – Identifikasi *Information Asset Container* yang terbagi menjadi tiga yaitu technical, phisical, dan people masing-masing memiliki sisi eksternal dan internal dibantu menggunakan *worksheet information asset risk environment map*.

Tabel 8.
Information Asset Risk Environment Map (Profil Mahasiswa) – Technical

<i>Allegro worksheet 9a</i>	<i>Information Asset Risk Environment Map (technical)</i>
<i>Internal</i>	
<i>Container description</i>	<i>Owner (s)</i>
1. Data disimpan di dalam menu “profil mahasiswa” dalam website SIMAK.	Operator administrasi kemahasiswaan
2. Database menu “profil mahasiswa” disimpan dalam satu server fisik.	Operator administrasi kemahasiswaan
<i>Eksternal</i>	
<i>Container description</i>	<i>Owner (s)</i>
1. Data dapat dilihat oleh mahasiswa, dosen, operator administrasi kemahasiswaan pada menu “profil mahasiswa” dalam website SIMAK.	Mahasiswa, dosen, operator administrasi kemahasiswaan.

Tabel 9.

Information Aseet Risk Environment Map (Profil Mahasiswa) – Physical

<i>Allegro worksheet 9b</i>	<i>Information Asset Risk Environment Map (physical)</i>
Internal	
<i>Container description</i>	<i>Owner (s)</i>
1. Data dalam bentuk kertas	Operator administrasi kemahasiswaan
Eksternal	
<i>Container description</i>	<i>Owner (s)</i>
1. Data dapat dicetak sebagai kartu tanda mahasiswa	Mahasiswa, dosen, operator administrasi kemahasiswaan.

Tabel 10.

Information Asset Risk Environment Map (Profil Mahasiswa) - People

<i>Allegro worksheet 9c</i>	<i>Information Asset Risk Environment Map (people)</i>
Internal Personel	
<i>Name or role/responsability</i>	<i>Departement or unit</i>
1. Operator administrasi kemahasiswaan	STMIK BI Balikpapan
Eksternal Personel	
<i>Name or role/responsability</i>	<i>Departement or unit</i>
1. Mahasiswa, dosen, operator administrasi kemahasiswaan.	STMIK BI Balikpapan

Langkah 4 – Identifikasi *Areas of Concern* dengan meninjau kembali setiap kontainer untuk melihat dan menentukan *Areas of Concern* yang potensial dilanjutkan dengan melakukan dokumentasi setiap *Areas of Concern* yang telah diidentifikasi. *Areas of Concern* diperluas untuk mendapatkan *threat scenarios* kemudian di dokumentasikan untuk melihat apakah mempengaruhi *security requirements*.

Tabel 11.

Areas Of Concern (Profil Mahasiswa)

<i>Area of Concern</i>
1. Jumlah data pribadi mahasiswa yang banyak bisa mengakibatkan operator administrasi kemahasiswaan melakukan kesalahan dalam pengimputan data.
2. Penyebaran <i>password</i> oleh operator administrasi kemahasiswaan.
3. Server rusak atau corup.
4. Penyebaran aset informasi oleh pihak-pihak yang dapat mengakses aset informasi.
5. Listrik padam.

<i>Area of Concern</i>
6. <i>Error/bug</i> pada aplikasi.

Langkah 5 – Identifikasi *threat scenario* yang memberikan gambaran secara rinci mengenai *property* dari *threat*, antara lain *actor*, *means*, *motives*, *outcome* dan *security requirement*. Melengkapi *Information Asset Risk Worksheet* untuk setiap *threat scenario* yang umum.

Tabel 12.
Properties Of Threat (Profil Mahasiswa)

	<i>Area of Concer</i>	<i>Threat of Properties</i>	
1	Penyebaran aset informasi oleh pihak-pihak yang dapat mengakses aset informasi	<i>Actor</i>	Operator administrasi kemahasiswaan
		<i>Means</i>	Operator menggunakan modul website SIMAK
		<i>Motives</i>	Aktor membocorkan aset informasi ke pihak luar
		<i>Outcome</i>	<i>Modification</i> dan <i>interruption</i>
		<i>Security requirements</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Memasang <i>tools</i> atau <i>software</i> anti <i>screenshot</i> - <i>Men-setting key warning</i> pada aplikasi - Memsang CCTV pada sudut yang tepat

Langkah 6 – identifikasi risiko yang bertujuan untuk menentukan bagaimana *threat scenario* memberikan dampak pada organisasi serta menentukan tingkatnya apakah *high*, *medium*, and *low*. Dilanjutkan dengan menghitung *relative score* untuk membantu organisasi dalam menganalisis risiko serta menentukan strategi yang tepat untuk menghadapi risiko.

Tabel 13.
Menghitung Score Impact Area

<i>Impact Areas</i>	<i>Priority</i>	<i>Low (1)</i>	<i>Medium (2)</i>	<i>High (3)</i>
Reputasi dan kepercayaan pelanggan	5	5	10	5
Keuangan	3	3	6	9
Produktivitas	4	4	8	2
Kesehatan dan keselamatan	2	2	4	6
Denda dan penalti	1	1	2	3

Langkah 7 – Analisis risiko dilakukan pada *setiap area of concern* dari *information asset* serta konsekuensi yang terjadi berdasarkan *relative risk score*. Di bawah ini adalah tabel analisis risiko – profil mahasiswa.

Tabel 14.
Analisis Risiko (1)

<i>Area of Concer</i>	<i>Risk</i>			
Jumlah data pribadi mahasiswa yang banyak bisa mengakibatkan operator administrasi kemahasiswaan melakukan kesalahan dalam pengimputan data.	<i>Consequen ces</i>	Mengoreksi data dan mengedit data yang salah satu persatu sehingga membutuhkan banyak waktu.		
	<i>Security</i>	<i>Impact Area</i>	<i>Value</i>	<i>Score</i>
		Reputasi dan kepercayaan pelanggan	<i>Medium</i>	10
		Keuangan	<i>Low</i>	3
		Produktivitas	<i>High</i>	12
		Kesehatan dan keselamatan	<i>Low</i>	2
		Denda dan penalti	<i>Low</i>	1
	<i>Relative Risk Score</i>			28

Tabel 15.
Analisis risiko (2)

<i>Area of Concer</i>	<i>Risk</i>			
Penyebaran <i>password</i> oleh operator administrasi kemahasiswaan	<i>Consequen ces</i>	Bertanggungjawab memperbaiki kesalahan yang dengan sengaja dilakukan, bisa dengan denda atau pemecatan.		
	<i>Security</i>	<i>Impact Area</i>	<i>Value</i>	<i>Score</i>
		Reputasi dan kepercayaan pelanggan	<i>High</i>	15
		Keuangan	<i>Medium</i>	6
		Produktivitas	<i>Low</i>	4
		Kesehatan dan keselamatan	<i>Low</i>	2
Denda dan penalti	<i>High</i>	3		
	<i>Relative Risk Score</i>			30

Tabel 16.
Analisis Risiko (3)

<i>Area of Concer</i>	<i>Risk</i>			
Server rusak atau corup	<i>Consequences</i>	Segala kegiatan administrasi tertunda		
	<i>Security</i>	<i>Impact Area</i>	<i>Value</i>	<i>Score</i>
		Reputasi dan kepercayaan pelanggan	<i>Low</i>	5
		Keuangan	<i>High</i>	9
		Produktivitas	<i>Medium</i>	8
		Kesehatan dan keselamatan	<i>Low</i>	2
		Denda dan penalti	<i>Low</i>	1
	<i>Relative Risk Score</i>			25

Tabel 17.
Analisis Risiko (4)

<i>Area of Concer</i>	<i>Risk</i>			
Penyebaran aset informasi oleh pihak-pihak yang dapat mengakses aset informasi.	<i>Consequences</i>	Bertanggungjawab memperbaiki kesalahan yang dengan sengaja dilakukan, bisa dengan denda atau pemecatan.		
	<i>Security</i>	<i>Impact Area</i>	<i>Value</i>	<i>Score</i>
		Reputasi dan kepercayaan pelanggan	<i>Medium</i>	0
		Keuangan	<i>Medium</i>	6
		Produktivitas	<i>Low</i>	
		Kesehatan dan keselamatan	<i>Low</i>	2
		Denda dan penalti	<i>High</i>	3
	<i>Relative Risk Score</i>			25

Tabel 18.
Analisis Risiko (5)

<i>Area of Concer</i>	<i>Risk</i>			
Liistrik padam	<i>Consequenes</i>	Segala kegiatan administrasi tertunda.		
	<i>Security</i>	<i>Impact Area</i>	<i>Value</i>	<i>Score</i>
		Reputasi dan kepercayaan pelanggan	<i>Low</i>	5
		Keuangan	<i>Low</i>	3
		Produktivitas	<i>Low</i>	4
		Kesehatan dan keselamatan	<i>Low</i>	2
		Denda dan penalti	<i>Low</i>	1
	<i>Relative Risk Score</i>			15

Tabel 19.
Analisis Risiko (6)

<i>Area of Concer</i>	<i>Risk</i>			
Error/bug pada aplikasi	<i>Consequenes</i>	Segala kegiatan administrasi tertunda dan membutuhkan biaya apabila ada kerusakan		
	<i>Security</i>	<i>Impact Area</i>	<i>Value</i>	<i>Score</i>
		Reputasi dan kepercayaan pelanggan	<i>Low</i>	5
		Keuangan	<i>Medium</i>	6
		Produktivitas	<i>Medium</i>	8
		Kesehatan dan keselamatan	<i>Low</i>	2
		Denda dan penalti	<i>Low</i>	1
	<i>Relative Risk Score</i>			22

Langkah 8 – Pemilihan pendekatan mitigasi dilakukan berdasarkan pengelompokkan risiko. Risiko-risiko yang telah teridentifikasi dikategorikan berdasarkan *relative risk score* yang dimiliki.

Tabel 20.
Matriks Risiko Relatif Dengan Probabilitas Ancaman

Probabilitas	Skor risiko relatif		
	30-45	16-29	0-15
<i>High</i>	Kategori 1	Kategori 2	Kategori 4
<i>Medium</i>	Kategori 2	Kategori 3	Kategori 4
<i>Low</i>	Kategori 3	Kategori 4	Kategori 4

Masing-masing kategori tersebut diatas dapat menggambarkan tingkat kerawanan informasi, yaitu sebagai berikut :

1. Kategori 1 merupakan tingkat yang paling rawan informasinya
2. Kategori 2 merupakan tingkat yang rawan informasinya
3. Kategori 3 merupakan tingkat yang cukup rawan informasinya
4. Kategori 4 merupakan tingkat yang tidak rawan informasinya.

Tabel 21.
Pendekatan Mitigasi

Kategori	Pendekatan mitigasi
Kategori 1	Mitigasi
Kategori 2	Transfer atau mitigasi
Kategori 3	Menunda atau mitigasi
Kategori 4	Menerima atau menunda

Berdasarkan nilai risiko yang sudah ditentukan diperoleh *Risk Mitigation* seperti dibawah ini :

Tabel 22.
Risk Mitigation (Profil Mahasiswa)

No.	<i>Risk Mitigation</i>	
1	<i>Area of Concern</i>	Jumlah data pribadi mahasiswa yang banyak bisa mengakibatkan operator administrasi kemahasiswaan melakukan kesalahan dalam pengimputan data.
	<i>Action</i>	Transfer atau mitigasi
2	<i>Area of Concern</i>	Penyebaran <i>password</i> oleh operator administrasi kemahasiswaan

<i>No.</i>	<i>Risk Mitigation</i>	
	<i>Action</i>	Mitigasi
3	<i>Area of Concern</i>	Server rusak atau corup
	<i>Action</i>	Transfer atau mitigasi
4	<i>Area of Concern</i>	Penyebaran aset informasi oleh pihak-pihak yang dapat mengakses aset informasi
	<i>Action</i>	Transfer atau mitigasi
5	<i>Area of Concern</i>	Listrik padam
	<i>Action</i>	Menunda atau mitigasi
6	<i>Area of Concern</i>	<i>Error/bug</i> pada aplikasi
	<i>Action</i>	Menunda atau mitigasi

Setelah menganalisa semua ancaman dan risiko menggunakan metode OCTAVE Allegro maka laporan akan dibuat sebagai dokumentasi dan hasil dari penelitian.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan di atas, maka dapat diambil kesimpulan yaitu hasil dari deteksi risiko yang dilakukan pada sistem informasi akademik SIMAK menggunakan kerangka kerja OCTAVE Allegro menunjukkan terdapat beberapa aset-aset kritis pada (SIMAK) STMIK BI Balikpapan yang teridentifikasi. Setelah mengetahui hasil yang telah dilakukan pada sistem informasi akademik (SIMAK) maka akan dilakukan mitigasi risiko sebagai suatu tindakan yang berkelanjutan agar bisa mengurangi dampak dari suatu masalah atau kejadian yang akan merugikan atau membahayakan sistem informasi tersebut.

6. Saran

Pengelolaan aset-aset informasi perlu ditingkatkan karena masih rentan akan terjadinya ancaman-ancaman terhadap aset informasi yang akan berpengaruh terhadap kinerja perguruan tinggi baik pada perangkat keras maupun perangkat lunak karena aset-aset tersebut sangat penting dalam proses atau sistem yang ada di perusahaan. Dari hasil penilaian risiko maka pembuat kebijakan dapat membuat perencanaan strategis untuk menjaga aset informasi kritikal secara tepat serta langkah-langkah pemulihan jika skenario ancaman benar-benar terjadi.

Daftar Pustaka

- Carilli R. A. et al. (2007). Introduction OCTAVE Allegro: Improving the Information Security Risk Assessment Process.
- Deni Ahmad Jakaria, et al. (2013). Manajemen Risiko Sistem Informasi Akademik pada Perguruan Tinggi Menggunakan Metoda Octave *Allegro*. *Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi (SNATI)*.
- Goldman E. (2009). Challenges and Concerns for Implementing OCTAVE Allegro in a University Environment. Ibis. (2011). Keamanan Sistem Informasi. Yogyakarta : CV Andi Offset.
- Maulana M. M., dan Supangkat S. H. (2006). Pemodelan Framework Manajemen Risiko Teknologi Informasi Untuk Perusahaan di Negara Berkembang. *Prosiding Konferensi Nasional Teknologi Informasi Dan Komunikasi untuk Indonesia*, 121-126.
- Pandey S. K., dan Mustafa K. (2012). A Comprative Study Of Risk Assessment Methodologies for Informaation Systems. *Buletin Teknik Elektro dan Informatika*, 1(2),111-112
- Rizky Ramadhan Saputra, et al. (2019) Manajemen Risiko Teknologi Informasi Menggunakan Metode OCTAVE Allegro pada PT. Hakiki Donarta. Universitas Narotama Surabaya.
- Stoneburner, G, Goguen A., dan Feringa A. (2002). Risk Management Guide for Information Technology Systems. *Recommendation of National Institute of Standards and Technology Special Publication 800-30*.
- Suduc, A. M., et al. (2010). Audit For Information Systems Security. *Journal Informatica Economica*, 14(1),43-48.
- Wanarta, et al. (2013). *IT Risk Assessment di PT. X*. *Jurnal Infra*. 1(2): 207-213.

PERBAIKAN KUALITAS PADA PROSES PRODUKSI DENGAN METODE *SIX SIGMA* DAN *KAIZEN* DI CV. INDRA DAYA SAKTI PUTRA

Dedy Adji Pangestu

Program Studi Teknik Industri,
Universitas Islam Batik Surakarta
dedyadjipangestu@gmail.com

Nancy Oktyajati

Program Studi Teknik Industri,
Universitas Islam Batik Surakarta
oktyajati.nancy@gmail.com

Ayudyah Eka Apsari

Program Studi Teknik Industri,
Universitas Islam Batik Surakarta
ayudyaheka2511@gmail.com

Abstract

Maintaining product quality is one way to face competition in the market so that it can be well received by consumers. Through quality improvement in the production aspect, effective and efficient working conditions will be created. CV Indra Daya Sakti Putra is currently not optimal in the production process, as evidenced by quite a lot of defective products produced in the production process. Efforts to fix these problems need to be carried out using the six sigma method with the DMAIC (Define-Measure-Analyze-Improve-Control) cycle and assisted by the Kaizen 5S concept. The purpose of this study is to improve the quality of the production process at CV-Indra-Daya-Sakti-Putra through the six sigma and kaizen 5S methods. The research data was obtained by conducting direct research at the CV-Indra-Daya-Sakti-Putra company for the period September to December 2020. Improvements were made by applying the 5S kaizen concept. Before repairing the sigma value was 3.83 and after repairing the sigma value was 3.98. Based on the results of the study, it was shown that efforts to improve quality through the six sigma method with the DMAIC cycle and assisted by the Kaizen 5S concept in the production process were successful because they were able to improve company performance.

Keywords : quality improvement, six sigma, DMAIC, kaizen 5S

Abstrak

Terjaganya kualitas produk adalah salah satu cara menghadapi persaingan di pasar agar dapat diterima baik oleh konsumen. Melalui perbaikan kualitas dalam aspek produksi akan tercipta kondisi kerja yang efektif dan efisien. CV Indra Daya Sakti Putra saat ini belum maksimal dalam proses produksi, terbukti dengan cukup banyak produk cacat yang dihasilkan pada proses produksi. Upaya perbaikan masalah tersebut perlu dilakukan dengan metode six sigma dengan siklus DMAIC (Define-Measure-Analyze-Improve-Control) serta dibantu dengan konsep Kaizen 5S. Tujuan penelitian ini adalah melakukan perbaikan kualitas proses produksi di CV Indra Daya Sakti Putra melalui metode six sigma dan kaizen 5S. Data penelitian diperoleh dengan melakukan penelitian langsung pada perusahaan CV Indra Daya Sakti Putra periode September sampai Desember 2020. Perbaikan dilakukan dengan menerapkan konsep kaizen 5S. Sebelum dilakukan perbaikan nilai sigma adalah 3.83 dan setelah dilakukan perbaikan nilai sigma menjadi 3.98. Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa upaya perbaikan kualitas

melalui metode *six sigma* dengan siklus DMAIC dan dibantu dengan konsep *Kaizen 5S* pada proses produksi dapat tercapai karena mampu meningkatkan performansi perusahaan.

Kata Kunci : perbaikan kualitas, *six sigma*, DMAIC, *kaizen 5S*

1. Pendahuluan

Kualitas adalah usaha dari produsen untuk memenuhi kepuasan pelanggan dengan memberikan kapak yang menjadi kebutuhan,ekspektasi,dan bahkan harapan dari pelanggan, dimanakupaya tersebutkterlihat dan terukur darikhasil produk (Tannady, 2015). Produktivitas serta kualitas dari produk yang dihasilkan menjadi kunci sukses pada sistem produksi di dunia industri (Parawati & Sakti, 2012).

Menurut Handy Tannady (2015) *Six sigma* adalah metode peningkatan kualitas yang banyak digunakan oleh perusahaan dan organisasi, dengan mengusung konsep memproduksi satu juta produk, produk yang dihasilkan hanya memiliki 3 atau 4 cacat. *Six sigma* merupakan salah satu metode yang paling umum digunakan sebagai alat untuk meningkatkan kualitas produk, yaitu konsep DMAIC (*Define-Measure-Analyze-Improve-Control*) (Ratnaningtyas & Surendro, 2013).

Menurut Al Musadieg Mochammad (2018) menyatakan *kaizen* adalah penyempurnaan berkesinambungan yang melibatkan setiap orang baik manajer maupun karyawan. Definisi *kaizen* merupakan perbaikan pekerjaan di setiap saat. Dengan terus melakukan perbaikan, setiap orang di dalam industri juga berkontribusi terhadap perbaikan dan perkembangan industri di masa yang akan datang.

CV. Indra Daya Sakti Putra adalah salah satu industri manufaktur yang beralamat di Batur, Ceper, Klaten. Industri ini adalah industri pengecoran logam yang menghasilkan produk-produk pengecoran logam, diantaranya, *main hole*, *main pulley*, dan kaki-kaki mesin jahit. Berdasarkan data historis perusahaan pada bulan Agustus tahun 2020, pada proses produksi terdapat 132 produk cacat dari total 3.062 produk yang dibuat. Produk pada proses produksi diantaranya *enom*, *pin hole*, *keropos* dan dimensi (salah ukuran). Dalam menangani masalah tersebut perlu dilaksanakan melalui metode *six sigma* dengan siklus DMAIC (*Define-Measure-Analyze-Improve-Control*) dan dibantu dengan konsep *Kaizen* untuk menjaga kualitas proses produksi, hal ini dijadikan upaya untuk perbaikan kualitas proses produksi di CV. Indra Daya Sakti Putra.

Berdasarkan penjelasan tersebut, dapat dirumuskan masalah sebagai berikut : “Bagaimana melakukan perbaikan kualitas proses produksi di CV Indra Daya Sakti Putra ?”. Tujuan penelitian adalah melakukan perbaikan kualitas proses produksi di CV-Indra-Daya-Sakti-Putra menggunakan metode *six sigma* dan *kaizen 5S*.

2. Landasan Teori

2.1 Kualitas

Menurut Toni Wijaya (2011) sesuatu hal dari keputusan pelanggan adalah kualitas, dilandaskan pada histori pelanggan pada produk atau jasa yang diukur berdasarkan persyaratan-persyaratan tersebut.

2.2 Hubungan Kualitas dan Produktivitas

Menurut Kholil dan Syukron (2013) semakin banyak kerusakan yang terjadi dan biaya rendah, atau sebaliknya maka semakin rendah kualitas produksi. Semakin tinggi kualitasnya, memerlukan pekerja ahli dibidangnya dan menimbulkan biaya tinggi. Nilai produktivitas dapat mengalami peningkatan pada tingkat kualitas yang rendah, dan pada titik tertentu akan mengalami nilai produktivitas bersih maksimum sebelum akhirnya menurun.

2.3 Pengendalian Kualitas

Menurut Nasution (2008) Pengendalian kualitas produk yaitu proses menjaga untuk realisasi yang sesuai rencana. Supaya hal ini terjadi sistem pengendalian kualitas mempunyai fungsi mengontrol proses produksi dari awal proses input hingga output yang dihasilkan.

2.4 Six Sigma

Konsep *six sigma* menurut Gasperz (2011) pada dasarnya pelanggan akan puas apabila mereka menerima nilai yang mereka harapkan. *Six sigma* menjadi tolak ukur tentang baik buruknya kualitas proses produksi. Semakin tinggi target *six sigma* yang dicapai, semakin baik kinerja proses industri.

2.5 DMAIC (Define, Measure, Analyse, Improve, Control)

Menurut Gasperz (2011), upaya peningkatan menuju target *six sigma* dapat dilakukan menggunakan dengan metode DMAIC (*Define, Measure, Analyse, Improve, Control*) , dalam perbaikan kualitas proses produksi.

2.6 Kaizen

Menurut (Al Musadieq Mochammad, 2018) *kaizen* bertujuan meningkatkan tiga parameter, yaitu kualitas, biaya serta penyerahan (*quality, cost, delivery*). Dapat disimpulkan bahwa *kaizen* berfokus pada peningkatan kualitas dari barang ataupun jasa, serta berjuang untuk mengurangi biaya pada setiap tahapan organisasi bisnis agar dapat mempersingkat waktu kerja

3. Metode Penelitian

3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di CV. Indra Daya Sakti Putra beralamat di Batur, Cepur, Klaten. Penelitian dilaksanakan di bulan September sampai dengan Desember 2020.

3.2 Jenis dan Sumber Penelitian

Penelitian ini termasuk kedalam jenis penelitian kuantitatif. Sedangkan sumber data yang digunakan adalah sumber data primer dan sekunder. Dimana data primer adalah data yang diperoleh secara langsung dari tempat penelitian dan data sekunder diperoleh dari data historis perusahaan.

3.3 Metode Pengumpulan Data

1. Wawancara, adalah teknik pengumpulan data dalam metode survey yang menggunakan pertanyaan secara lisan kepada subjek peneliti.
2. Observasi, pencatatan pola perilaku subjek, objek atau kejadian yang sistematis tanpa adanya pertanyaan atau komunikasi dengan individu-individu yang diteliti.
3. Dokumentasi adalah salah satu metode pengumpulan data dengan melihat atau menganalisis dokumen-dokumen yang dibuat oleh subjek atau orang lain tentang objek. Dalam hal ini mengumpulkan data historis perusahaan terkait produksi yang telah dilakukan.

3.4 Tahap Penelitian

Penelitian dilaksanakan melalui tahap-tahap sebagai berikut :

1. Identifikasi Masalah, adalah langkah awal dalam suatu penelitian. Melakukan identifikasi terhadap masalah yang terdapat pada perusahaan serta mempelajari masalah terjadi.
2. Perumusan Masalah, merupakan langkah merumuskan masalah dari perolehan data. Rumusan masalah adalah tentang perbaikan kualitas proses produksi di CV. Indra Daya Sakti Putra.
3. Tujuan Penelitian, Dari rumusan masalah, didapatkan tujuan dari penelitian yang dilakukan.
4. Pengumpulan data, mengumpulkan data historis perusahaan sesuai dengan permasalahan, yaitu data aliran proses produksi, data jumlah produksi dan jumlah produk cacat dan data total perjenis produk cacat
5. Pengolahan data, mengolah data menggunakan metode *six sigma* dengan DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve dan Control*) kemudian menggunakan metode *kaizen* dengan konsep 5S pada tahap *improve*.
6. Analisis data yang didapatkan dari pengolahan data, kemudian menarik kesimpulan dari hasil penelitian dan memberikan saran kepada perusahaan.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Pengumpulan Data

Berikut merupakan data yang diperlukan untuk melaksanakan penelitian.

4.1.1 Data Aliran Proses Produksi

Pada proses produksi di CV. Indra Daya Sakti Putra, alir proses produksi yang terjadi yaitu :

1. Bahan baku cor logam yang terdiri dari gram, besi rongsokan dan besi afkiran ditambahkan dengan bahan baku tambahan yaitu arang batok kelapa, pasir silika, slack remover dan batu kapur.
2. Proses peleburan
3. Proses pencetakan
4. Proses *Finishing*
5. Proses *Packing*

Dari hasil pengamatan yang dilakukan ,terdapat proses kunci dan unsur-unsur yang terlibat dalam proses produksi, yaitu :

1. *Supplier* : gudang bahan baku dan gudang peralatan
2. *Input* : bahan baku untuk proses produksi
3. *Process* : bahan baku dilakukan peleburan kemudian pencetakan produk, diakhiri dengan *finishing* dan *packing*.
4. *Output* : Produk jadi berupa produk-produk pengecoran logam.
5. *Customer* : Gudang produk jadi

4.1.2 Data Jumlah Produksi dan Jumlah Produk Cacat

Berdasarkan data historis perusahaan didapatkan data jumlah produksi dan jumlah produk cacat pada tanggal 1 September 2020 sampai dengan 8 Oktober 2020 :

Tabel 1.
Jumlah Produksi dan Jumlah Produk Cacat

No	Tanggal	Total Produksi	Total Produk Cacat
1	1-Sep-20	200	19
2	3-Sep-20	280	2
3	7-Sep-20	330	8
4	10-Sep-20	173	11
5	14-Sep-20	250	4
6	17-Sep-20	285	9
7	21-Sep-20	315	3
8	24-Sep-20	193	15
9	28-Sep-20	226	14
10	1-Oct-20	189	12
11	5-Oct-20	280	20
12	8-Oct-20	351	4

Sumber : CV. Indra Daya Sakti Putra (2020)

4.1.3 Data Total Perjenis Produk Cacat

Berdasarkan data historis perusahaan, produk cacat pada CV. Indra Daya Sakti Putra diklasifikasikan bermacam-macam jenis cacat, diantaranya enom, *pin hole*, keropos, dan

dimensi (salah ukuran). Berikut data total perjenis produk cacat yang diproduksi pada tanggal 1 September 2020 sampai dengan 8 Oktober 2020, sebagai berikut :

Tabel 2
Data Total Perjenis Produk Cacat

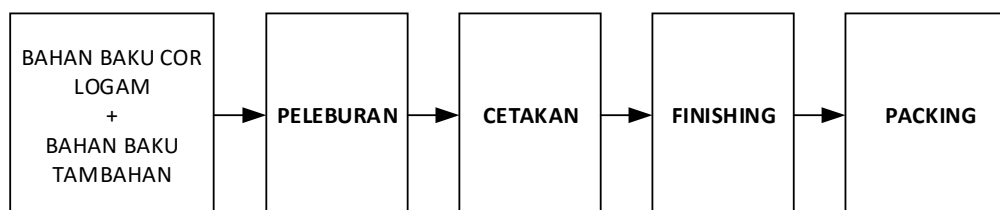
No	Tanggal	Total Produksi	Hasil					Total Produk Cacat
			Bagus	Enom	Pin Hole	Keropos	Dimensi	
1	1-Sep-20	200	181	8	7	4		19
2	3-Sep-20	280	265		1		1	2
3	7-Sep-20	330	325	3		5		8
4	10-Sep-20	173	158	1	5	5		11
5	14-Sep-20	250	239	1	2	1		4
6	17-Sep-20	285	279	1	2	4	2	9
7	21-Sep-20	315	308	2		1		3
8	24-Sep-20	193	185	7		8		15
9	28-Sep-20	226	217	7	7			14
10	1-Oct-20	189	177	3		9		12
11	5-Oct-20	280	273	8	7	5		20
12	8-Oct-20	351	334	2		2		4

Sumber : CV. Indra Daya Sakti Putra (2020)

4.2 Pengolahan Data

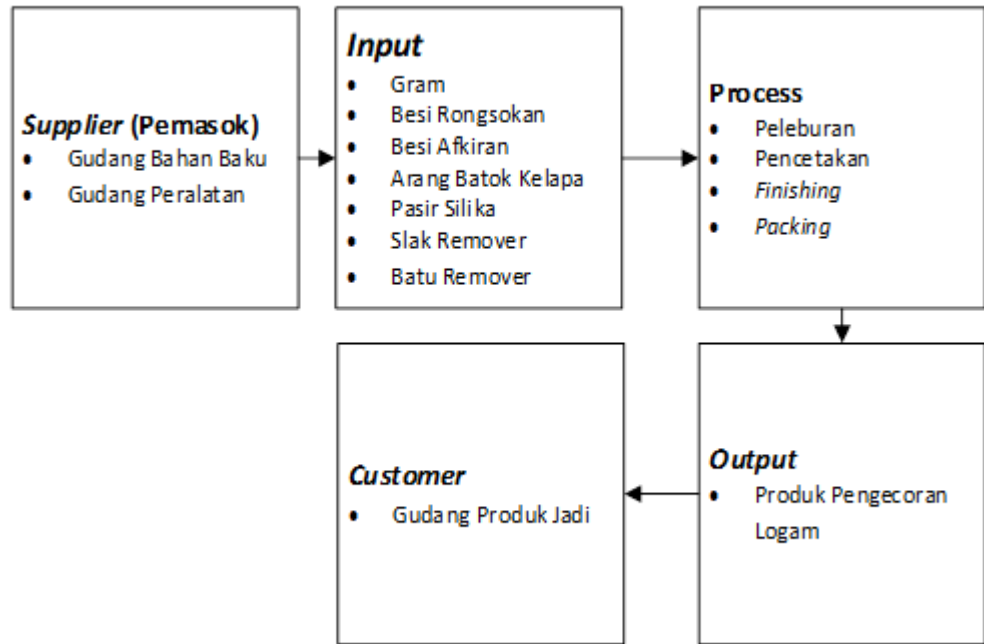
4.2.1 Define

Langkah awal dalam pengolahan data adalah mengenali aliran bahan baku dalam proses produksi di CV. Indra Daya Sakti Putra melalui pembentukan diagram alir proses untuk menggambarkan proses produksi.



Gambar 1.
Diagram Alir Proses

Berdasarkan diagram alir proses di atas dapat dilihat bahwa proses produksi adalah peleburan, cetakan, finishing dan packing. Selanjutnya membuat diagram SIPOC (*Supplier –Inputs–Process –Outputs–Customrr*). Diagram SIPOC menggambarkan informasi mengenai *Supplier*, *Input*, *Process*, *Output*, dan *Customer* yang terlibat dalam proses produksi dan juga untuk mengidentifikasi proses kunci beserta interaksinya.



Gambar 2.
Diagram SIPOC

Berdasarkan pemetaan proses produksi di CV. Indra Daya Sakti Putra terdapat 4 *Critical to Quality (CTQ)* yang didapatkan melalui pemetaan proses produksi beserta interaksinya. Penentuan *Critical to Quality (CTQ)* erdasarkan jenis cacat yang tidak dapat ditolerir dan diterima oleh pihak konsumen. Terdapat empat (4) *Critical to Quality (CTQ)* yaitu enom, *pin hole*, keropos dan dimensi (salah ukuran).

4.2.2 Measure

Tahap measure merupakan tahap kedua yaitu melakukan perhitungan jumlah dan persentase setiap jenis cacat dan kemudian menghitung nilai DPMO dan nilai *Sigma* untuk mengetahui performansi perusahaan sebelum dilakukan perbaikan.

4.2.2.1 Data Jumlah Cacat Sebelum Perbaikan

Data diambil pada proses produksi di CV Indra Daya Sakti Putra yang dilakukan mulai tanggal 1 September sampai dengan 8 Oktober 2020. Presentase Cacat dihitung dengan perhitungan :

$$\text{Presentase Cacat} = \frac{\text{Jumlah Cacat}}{\text{Total Jumlah Cacat}} \times 100\% \dots \dots \dots (1)$$

Tabel 3.
Data Produk Cacat Sebelum Perbaikan

No	Tanggal	Total Produksi	Hasil					Total Cacat	Presentase Cacat
			Bagus	Enom	Pin Hole	Keropos	Dimensi		
1	1-Sep-20	200	181	8	7	4		19	9.50%
2	3-Sep-20	280	265		1		1	2	0.71%
3	7-Sep-20	330	325	3				8	2.42%
4	10-Sep-20	173	158	1	5	5		11	6.36%
5	14-Sep-20	250	239	1	2	1		4	1.60%
6	17-Sep-20	285	279	1	2	4	2	9	3.16%
7	21-Sep-20	315	308	2		1		3	0.95%
8	24-Sep-20	193	185	7				15	7.77%
9	28-Sep-20	226	217	7	7			14	6.19%
10	1-Oct-20	189	177	3				12	6.35%
11	5-Oct-20	280	273	8	7	5		20	7.14%
12	8-Oct-20	351	334	2		2		4	1.14%
TOTAL		3072	2941	43	31	44	3	121	4.44%

4.2.2.2 Perhitungan DPMO dan Nilai Sigma Sebelum Perbaikan

Sesudah memperoleh data jumlah produksi dan jenis cacat dilanjutkan dengan pengukuran nilai *Defect per Million Opportunity* (DPMO) dan nilai *Sigma*. Untuk mendapatkan DPMO, diperoleh dengan menggunakan persamaan :

$$DPMO = \frac{\text{Banyak produk yang cacat}}{\text{Banyak Produk yang diperiksa} \times CTQ} \times 1.000.000 \dots \dots \dots (2)$$

Sedangkan untuk perhitungan nilai *Sigma* dapat dilihat pada tabel konversi nilai *sigma*. DPMO dan nilai *Sigma* dapat dilihat pada tabel berikut :

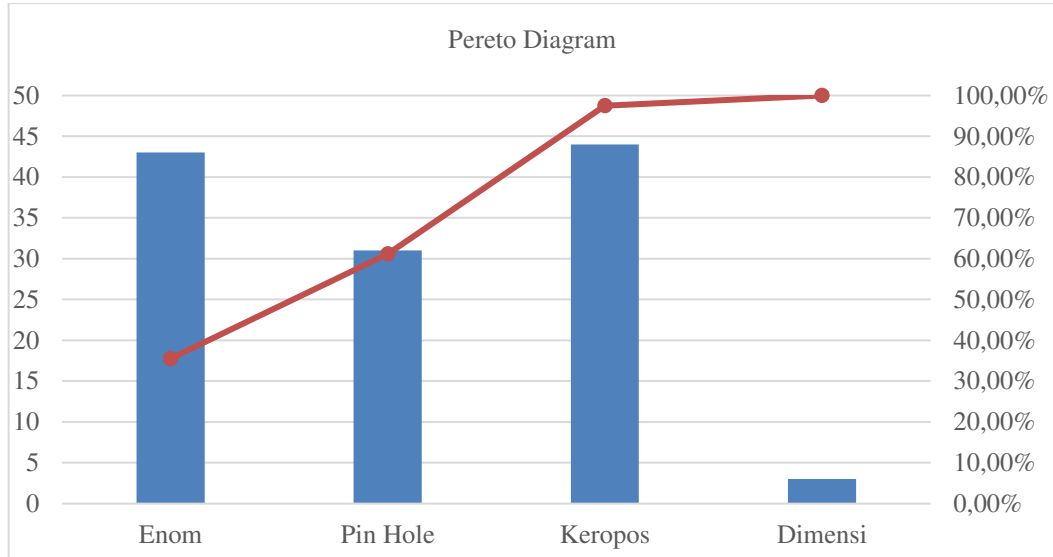
Tabel 4.
Pengukuran DPMO dan nilai sigma sebelum perbaikan

Tanggal	JUMLAH REJECT	CTQ	DPMO	SIGMA
1-9-20	9	4	11250	3.78
3-9-20	15	4	13393	3.71
7-9-20	5	4	3788	4.17
10-9-20	15	4	21676	3.52
14-9-20	11	4	11000	3.79
17-9-20	6	4	5263	4.06
21-9-20	7	4	5556	4.04
24-9-20	8	4	10363	3.81
28-9-20	9	4	9956	3.83
1-10-20	12	4	15873	3.65
5-10-20	7	4	6250	4.00
8-10-20	17	4	12108	3.75
	121	4	9847	3.83

Berdasarkan hasil perhitungan menunjukkan nilai *sigma* di CV. Indra Daya Sakti Putra menunjukkan 3,83 , didapatkan dari 12 kali produksi yang dilakukan pada tanggal 1 September sampai dengan 8 Oktober 2020.

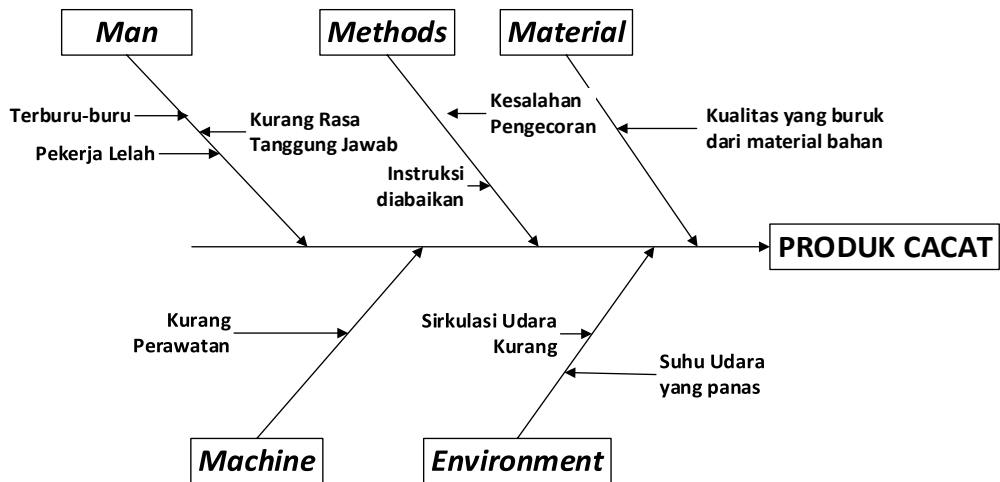
4.2.3 Analyze

Pada tahap *analyze*, akan menetapkan jumlah cacat terbesar menggunakan diagram pareto, kemudian akan diidentifikasi sebab akibat produk cacat menggunakan diagram sebab-akibat.



Gambar 3.
Diagram Pareto

Berdasarkan diagram pareto , maka dapat diketahui dan ditentukan 2 jenis cacat yang paling besar dengan presentase paling tinggi yaitu jenis cacat enom dan keropos. Maka perlu dilakukan pembahasan tentang sebab-akibat cacat yang terjadi.



Gambar 4.
Diagram Sebab Akibat

Dari diagram diatas dapat dilihat bahwa jenis cacat enom dan keropos disebabkan oleh beberapa faktor seperti :

- *Man* : terburu-buru, lelah, dan kurangnya rasa tanggung jawab

- *Methods* : Instruksi dadang diabaikan dan kesalahan pengecoran
- *Material* : kualitas yang buruh dari material barang
- *Machine* : kurangnya perawatan
- *Environment* : siklus udara kurang dan suhu udara yang panas

4.2.4 *Improve*

Tahap perancangan usulan perbaikan untuk pihak perusahaan. Dalam tahap ini menggunakan metode *kaizen 5S*.

4.2.4.1 Usulan Perbaikan

Tahap *improve* adalah tahap melakukan perbaikan untuk mengurangi masalah yang terjadi. Tahap ini menerapkan metode *kaizen*, definisinya adalah proses yang berjalan secara terus-menerus untuk menuju hasil yang diharapkan (Sari dan Sirait, 2016). Konsep 5S adalah proses perubahan sikap dengan menerapkan penataan, kebersihan dan kedisiplinan di tempat kerja (Jimantoro, 2016). Pada tabel berikut merupakan usulan perbaikan dengan penerapan metode *kaizen 5S*.

Tabel 5.
Usulan Perbaikan

No.	Metode 5S	Usulan Perbaikan
1	<i>Seiri</i>	Memilah barang-barang sesuai jenis dan fungsinya Membuat check list catatan proses produksi Mengatur kembali jadwal proses produksi.
2	<i>Seiton</i>	Menyusun serta meletakkan bahan dan barang sesuai dengan tempatnya agar mudah ditemukan kembali atau dijangkau bila diperlukan.
3	<i>Seiko</i>	Membersihkan alat-alat sehabis proses produksi Membuang barang ² yang tidak digunakan di area sekitar proses produksi
4	<i>Seiketsu</i>	Mengadakan pelatihan kembali kepada para operator produksi Membuat <i>SOP (Standar Operating Procedure)</i> untuk setiap proses produksi Membuat <i>SOP (Standar Operating Procedure)</i> digudang alat kerja
5	<i>Shitsuke</i>	Memberikan arahan di area produksi, yang diharapkan dapat memiliki rasa tanggung jawab terhadap pekerjaannya

Berdasarkan usulan perbaikan, perusahaan menerima beberapa tindakan perbaikan yang dapat diimplementasikan pada proses produksi. Tindakan perbaikan tersebut adalah :

Tabel 6.
Tindakan Perbaikan

No.	Konsep 5S	Tindakan Perbaikan
1	<i>Seiri</i>	Pemilihan barang-barang sesuai jenis dan fungsinya Penerapan <i>check list</i> catatan proses produksi
2	<i>Seiton</i>	Penataan kembali bahan baku, bahan tambahan dan peralatan

No.	Konsep 5S	Tindakan Perbaikan
		kerja
3	<i>Seiso</i>	Pembersihan alat-alat sehabis proses produksi Menyeleksi dan membuaang barang-barang yang sudah tidak digunakan
4	<i>Seiketsu</i>	Pengadaan pelatihan kepada para operator produksi Penerapan <i>SOP (Standar Operating Procedure)</i> pada proses produksi Penerapan <i>SOP (Standar Operating Procedure)</i> di gudang alat kerja
5	<i>Shitsuke</i>	Pengadaan pertemuan setiap sebelum dan sesudah memulai pekerjaan

4.2.4.2 Perhitungan DPMO dan Nilai Sigma Setelah Perbaikan

Data diambil pada proses produksi di CV Indra Daya Sakti Putra dilaksanakan pada tanggal 3 November sampai 8 Desember 2020. Data presentase Cacat ditunjukkan pada tabel berikut :

Tabel 7.

Data Produk Cacat Setelah Perbaikan

No	Tanggal	Total Casting	Hasil				Total Cacat	
			Bagus	Enom	Pin Hole	Keropos		
1	3-Nov-20	220	213	2	3	2	7	
2	5-Nov-20	280	273	5	2		7	
3	10-Nov-20	330	324	3	1	2	6	
4	12-Nov-20	173	164	5	2	1	9	
5	17-Nov-20	250	242	5	2	1	8	
6	19-Nov-20	285	281	3		1	4	
7	24-Nov-20	315	308	4	1	1	7	
8	26-Nov-20	193	189	1	2	1	4	
9	28-Sep-20	226	220		5		6	
10	1-Dec-20	189	182	2		5	7	
11	3-Dec-20	280	274		3	3	6	
12	8-Dec-20	351	341	4		5	10	
TOTAL		3092	3011	34	21	22	4	81

Tabel 8.
Hasil perhitungan SPMO dan Sigma setelah perbaikan

Tanggal	JUMLAH CACAT	CTQ	DPMO	SIGMA
03/11/20	7	4	7955	3.91
05/11/20	7	4	6250	3.99
10/11/20	6	4	4545	4.1
12/11/20	9	4	13006	3.72
17/11/20	8	4	8000	3.9
19/11/20	4	4	3509	4.19
24/11/20	7	4	5556	4.03
26/11/20	4	4	5181	4.06
28/09/20	6	4	6637	3.97
01/12/20	7	4	9259	3.85
03/12/20	6	4	5357	4.05
08/12/20	10	4	7123	3.95
	81	4	6549	3.98

4.2.5 Control

Tahap ini merupakan tahap terakhir dalam metode *six sigma* setelah melalui tahap *define, measure, analyze* dan *improve*. Target pada tahap *control* ini adalah dapat mengatur proses produksi supaya masalah lama tidak hadir kembali

4.3 Analisis Data

4.3.1 Analisis Tahap *Define*

Pada tahap *define* menghasilkan 4 (empat) *critical to quality* pada proses produksi di CV. Indra Daya Sakti Putra, *Critical to Quality* (CTQ) ini didapatkan melalui pemetaan proses produksi beserta interaksinya. Penentuan *Critical to Quality* (CTQ) berdasarkan jenis cacat yang tidak dapat ditolerir dan diterima oleh pihak konsumen serta permasalahan pada proses produksi. Terdapat empat (4) *Critical to Quality* (CTQ) yaitu Enom, *Pin Hole*, Keropos dan Dimensi (Salah Ukuran)

4.3.2 Analisis Tahap *Measure*

Pada tahap *measure* dilakukan perhitungan persentase produk cacat serta perhitungan DPMO (*defect per million opportunity*) dan nilai *sigma*, perhitungan ini terhitung sebelum dilakukannya perbaikan kualitas proses produksi. Pada perhitungan persentase produk cacat didapatkan hasil 4.44% dari 3072 produk yang dibuat, presentase tersebut didapat dari 12 kali produksi terhitung dari tanggal 1 September sampai dengan 8 Oktober 2020. Selanjutnya perhitungan DPMO (*defect per million opportunity*) dan nilai *sigma*. Perhitungan DPMO dalam 12 kali produksi adalah 9847, yang berarti banyaknya cacat sebesar 9847 produk per satu juta kesempatan. Nilai *sigma* dilihat dari nilai DPMO ke tabel konversi nilai *sigma* adalah 3.83.

4.3.3 Analisis Tahap *Analyze*

Pada tahap *analyze* terdapat pembuatan diagram pareto dan diagram sebab-akibat. Pembuatan Diagram pareto bertujuan untuk mengetahui jenis cacat terbesar yang terjadi pada proses produksi. Jenis cacat dengan presentase terbesar yaitu jenis cacat enom dan keropos, dengan persentase enom sebesar 35.54% dan 36.36%. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa jenis cacat yang paling kritis dengan presentase paling besar adalah jenis cacat enom dan keropos. Maka perlu dilakukan perbaikan kualitas proses produksi agar terhindar dari jenis cacat enom dan keropos.

Untuk mengetahui penyebab terjadinya cacat pada proses produksi, dibuatlah diagram sebab akibat. Dari hasil observasi dan wawancara didapatkan diagram sebab-akibat, didapatkan penyebab terjadinya jenis cacat yaitu :

- *Man*
Penyebab cacat nomor satu adalah karena faktor manusia yaitu operator produksi. Perlakuan operator yang menyebabkan cacat pada produk diantaranya karena terburu-buru, lelah, dan kurangnya rasa tanggung jawab dari operator itu sendiri.
- *Methods*
Metode adalah faktor yang penting dalam melakukan proses produksi. Jika metode yang digunakan salah maka hasil akhir yang didapatkan salah. Penyebab terjadinya cacat karena faktor metode adalah diabaikannya instruksi sehingga metode tidak terlaksana dan kesalahan instruksi pada proses pengecoran.
- *Material*
Pada faktor material terdapat bahan baku dan bahan tambahan, penyebab terjadinya cacat adalah karena kualitas yang buruk dari material barang
- *Machine*
Faktor mesin dapat menjadi faktor penyebab cacat karena mesin kurang perawatan. Mesin yang kurang perawatan akan menghambat kerja dari operator.
- *Environment*
Faktor Lingkungan sangat berperan, dalam kasus ini ditemukan siklus udara yang kurang dan suhu udara yang panas yang sering menghambat operator dalam proses produksi.

4.3.4 Analisis Tahap *Improve*

4.3.4.1 Tindakan Perbaikan Yang Di Implementasikan

Tindakan Perbaikan dibuat dengan menggunakan konsep 5S dari metode kaizen. Tindakan Perbaikan yang di implementasikan adalah :

- Pemilihan barang-barang sesuai jenis dan fungsinya
- Penerapan check list catatan proses produksi
- Penataan kembali bahan baku, bahan tambahan dan peralatan kerja
- Pembersihan alat-alat sehabis proses produksi
- Menyeleksi dan membuang barang-barang yang sudah tidak digunakan
- Pengadaan pelatihan kepada para operator produksi
- Penerapan SOP (*Standar Operating Procedure*) pada proses produksi
- Penerapan SOP (*Standar Operating Procedure*) gudang alat kerja
- Pengadaan pertemuan setiap sebelum dan sesudah memulai pekerjaan

4.3.4.2 Analisis Perbandingan Hasil DPMO Dan Nilai Sigma Sebelum Dan Setelah Implementasi Perbaikan

Berikut hasil implementasi perbandingan nilai DPMO dan nilai *Sigma* sebelum dan setelah implementasi perbaikan.

Tabel 9.

Tabel hasil implementasi nilai DPMO dan nilai *Sigma*

Sebelum		Setelah	
DPMO	Nilai <i>Sigma</i>	DPMO	Nilai <i>Sigma</i>
9847	3.83	6549	3.98

Dengan hasil yang telah didapatkan menunjukkan bahwa usulan perbaikan yang diberikan dapat dikatakan berhasil, karena mampu meningkatkan kualitas proses produksi dengan mengurangi jumlah cacat pada produk yang dihasilkan. Hal ini dapat meningkatkan performansi perusahaan.

4.3.5 Analisis Tahap *Control*

Tahap *control* yang dapat dilakukan dan diterapkan untuk menjaga kualitas proses produksi adalah sebagai berikut :

- 1) Mempersiapkan pekerja yang mempunyai keahlian dibidang pengecoran logam.
- 2) Dilakukan pengecekan setiap proses produksi agar dapat terpantau kualitas produk yang dihasilkan setiap periode pembuatan produk.
- 3) Melakukan pengecekan terhadap kerapian penyimpanan barang.
- 4) Melakukan pengecekan kebersihan lingkungan kerja dan peralatan kerja yang bisa menurunkan kualitas produk .

5. Kesimpulan, Implikasi, dan Keterbatasan

5.1 Kesimpulan

- 1) Nilai *sigma* pada proses produksi di CV. Indra Daya Sakti Putra adalah 3.83 dengan DPMO 9847.
- 2) Perbaikan kualitas proses produksi di CV. Indra Daya Sakti Putra dilakukan dengan tindakan perbaikan dengan menggunakan metode *kaizen* 5S.
- 3) Nilai *sigma* pada proses produksi di CV. Indra Daya Sakti Putra setelah dilakukan perbaikan kualitas adalah 3.98 dengan DPMO 6549. Maka metode *six sigma* dan *kaizen* dapat melakukan perbaikan kualitas proses produksi di CV. Indra Daya Sakti Putra. Dibuktikan dengan DPMO sebelum dilakukan perbaikan sebesar 9847 dan sesudah perbaikan sebesar 6549. Sedangkan untuk nilai *sigma* setelah dilakukan perbaikan mengalami kenaikan dari nilai sebelumnya 3.83 menjadi 3.98. Dapat dilihat bahwa nilai DPMO mengalami penurunan sebesar 3298 dan nilai *sigma* mengalami peningkatan sebesar 0.15. Hal ini menunjukkan bahwa perbaikan kualitas proses produksi yang dilakukan dapat meningkatkan produktivitas perusahaan.

5.2 Implikasi

Dari hasil penelitian yang dilakukan ,didapatkan hasil bahwa dengan metode *six sigma* dan *kaizen* 5S dapat memperbaiki kualitas pada proses produksi di CV. Indra Daya Sakti Putra

5.3 Keterbatasan

Usulan perbaikan tidak dapat diterima semua oleh perusahaan, sehingga kurang maksimal dan selisih waktu perhitungan sebelum dan sesudah perbaikan hanya dapat 1 bulan karena terbatasnya waktu penelitian

5.4 Saran

1. menerapkan perbaikan berkelanjutan guna menjaga kualitas.
2. Membagikan fasilitas dan perlengkapan yang aman
3. Melaksanakan pelatihan untuk operator produksi.
4. Menerapkan instruksi dan standar operasional pekerjaan di setiap proses produksi.

Daftar Pustaka

- Al Musadieg Mochammad, R. P. N. N. (2018). *Analisis Penerapan Budaya Kaizen Pada Perusahaan Joint Venture Asal Jepang Di Indonesia*. *Jurnal Administrasi Bisnis*, 57(1), 188–197.
- Gaspersz, V., Fontana, A. 2011. *Lean Six Sigma For Manufacturing And Service Industries*. Bogor : Vinchristo Publication. Muis, S. 2011. *Metodologi 6 Sigma*. Yogyakarta : Graha Ilmu
- Jimantoro, R. (2016). Analisis penerapan budaya kerja kaizen pada PT Istana Mobil Surabaya Indah. *Agora*, 4(2), 127-132.
- Nasution, A. H. 2008. *Perencanaan dan Pengendalian Produksi*. Yogyakarta: Graha Ilmu
- Parawati, indri cyrilla, & Sakti, mandar rian. (2012). *Pengendalian Kualitas Produk Cacat Dengan Pendekatan Kaizen Dan Analisis Masalah Dengan Seven Tools*. *Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Sains & Teknologi (SNAST) Periode III*, ISSN: 1979-911x, 1–24.
- Ratnaningtyas, D. D., & Surendro, K. (2013). *Information Quality Improvement Model on Hospital Information System Using Six Sigma*. *Procedia Technology*, 9, 1166–1172.
- Sari, D. P. and Sirait, R. (2016) ‘Aplikasi Pendekatan Six Sigma Dan Kaizen Untuk Peningkatan Kualitas Pada Proses Produksi Produk Botol Minum Plastik Tipe Cb 061 Di Pt. Amp Demak’
- Syukron, A., Kholil, M. 2013. *SIX SIGMA Quality For Business Improvement*. Yogyakarta : Graha Ilmu.
- Tannady, H. (2015). *Pengendalian Kualitas*. Graha Ilmu.
- Wijaya, T. (2011). *Manajemen kualitas jasa*. Jakarta: PT. Indeks, 143.

Analisis Produktivitas Unit *Welding* dan *Painting* Menggunakan Metode OMAX (*Objective Matrix*) pada PT XYZ

Umi Tri Utami

Universitas Ahmad Dahlan
umi1800019089@webmail.uad.ac.id

Annie Purwani

Universitas Ahmad Dahlan
annie.purwani@ie.uad.ac.id

Susanto Sudiro

Universitas Pancasila
susantosudiro@yahoo.co.id

ABSTRACT

Productivity can be determined from various factors that exist in the company. PT XYZ has a high rate of lost hours so that it can affect the company's productivity. High employee lost hours also have an impact on production targets that are always not achieved every month. Lost hours of employees can occur due to sick employees, permission, leave, being late or absent. The research was conducted at the painting and welding unit of PT XYZ. The method used in this research is the objective matrix. Based on the results of the study, there are still ratios with bad status, these ratios are indicated by ratio 2, ratio 3, and ratio 5 where these ratios are the ratios that show the lost hours of employees and the production results achieved by PT XYZ. There is a match between the real data obtained and the results of calculations using the objective matrix method. The fix for this problem is to increase the production output with the same input value. In addition, by disciplining employees so that the value of lost hours employees can decrease. This can be a solution to increase the productivity value of XYZ company.

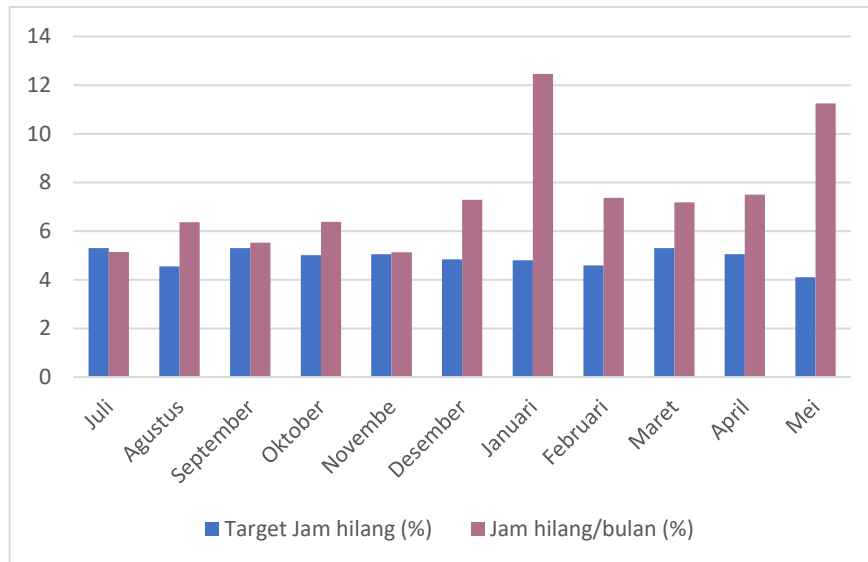
Keywords: lost hours of employees, objective matrix, productivity

1. Pendahuluan

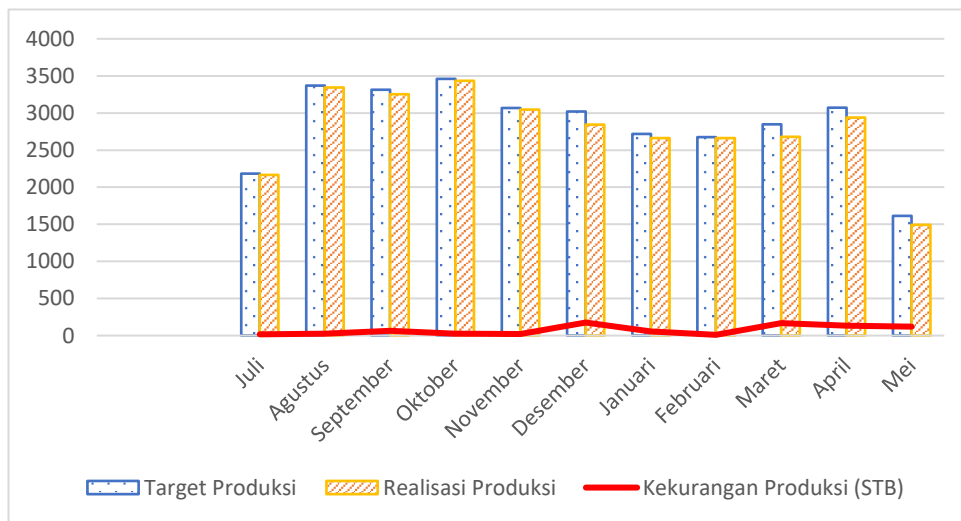
Perkembangan teknologi dan informasi di Indonesia yang semakin maju akan membawa dunia perindustrian yang semakin ketat. Persaingan tersebut terjadi terutama pada dunia manufaktur. Hal tersebut menjadikan acuan untuk merubah manajemen dan sumber daya yang telah ada menjadi lebih baik. Manajemen dan sumber daya yang baik sangat diperlukan bagi suatu perusahaan untuk bersaing dalam dunia perindustrian.

Produktivitas dalam suatu perusahaan harus selalu diperhatikan dan dipantau. Efektivitas dan efisiensi pada perusahaan dapat dijadikan tolak ukur bagi produktivitas karena tujuan dari produktivitas adalah efektivitas dan efisiensi itu sendiri. Sumber daya yang ada dalam suatu perusahaan harus digunakan secara efektif dengan cara memanfaatkan keterampilan organisator. Artinya, terdapat keseimbangan antara keluaran yang diperoleh dengan masukan yang diolah. Produktivitas yang baik akan membantu mengurangi pemborosan waktu, tenaga dan macam-macam masukan lainnya yang ada pada suatu perusahaan. Hal tersebut akan menghasilkan berbagai keuntungan bagi perusahaan seperti penghematan waktu, pemakaian tenaga secara efektif serta pencapaian tujuan usaha yang terlaksana dengan maksimal.

Menurut Ravianto (1998), produktivitas harus didefinisikan sebagai rasio antara efektivitas pencapaian tujuan pada tingkat tertentu (*output*) dan efisiensi penggunaan sumber-sumber daya (*input*). Efektivitas merupakan salah satu ukuran yang memberikan gambaran seberapa jauh target dapat tercapai baik secara kualitas maupun waktu. Hal ini berorientasi pada keluaran. Peningkatan efektivitas belum tentu diimbangi dengan peningkatan efisiensi dan sebaliknya. Efisiensi merupakan suatu ukuran dalam membandingkan penggunaan masukan (*input*) yang direncanakan dengan penggunaan masukan sebenarnya. Gambar 1. merupakan peformansi dari jam kerja karyawan, pada gambar tersebut terlihat tingginya jam hilang karyawan PT XYZ dan seringkali jam hilang karyawan melebihi target atau allowance jam hilang yang telah ditentukan oleh perusahaan. Hal tersebut dapat dikatakan bahwa efektivitas jam kerja karyawan masih kurang. Selain itu, hal lain yang timbul akibat tingginya jam hilang karyawan adalah target produksi yang tidak memenuhi target. Gambar 2. memperlihatkan target produksi, produksi, dan kekurangan produksi yang masih belum tercapai.



Gambar 1. Jam Hilang Karyawan



Gambar 2. Target, Realisasi dan Kekurangan Produksi

Terdapat penelitian terdahulu mengenai upaya peningkatan produktivitas pada PT Pardic Jaya Chemical yang dilakukan pada tahun 2012 dengan kurun waktu antara bulan Januari hingga September. Penelitian tersebut menghasilkan produktivitas sebesar 95% hingga 178%. Metode yang digunakan adalah *objective matrix*. Metode OMAX (*objective matrix*) merupakan suatu metode yang dibuat sebagai pengukuran produktivitas yang difokuskan guna memantau produktivitas dari setiap bagian atau unit yang ada pada perusahaan dengan mengacu pada kriteria produktivitas yang sesuai.

Berdasarkan permasalahan yang telah dikemukakan di atas dapat disimpulkan bahwa dibutuhkan pengukuran produktivitas pada PT XYZ agar dapat memberikan gambaran guna

meningkatkan produktivitas perusahaan menjadi lebih baik. Oleh karena itu, penelitian ini akan menganalisa produktivitas pada perusahaan menggunakan model penilaian *objective matrix* (OMAX) sebagai alat bantu untuk mengidentifikasi kriteria produktivitas dari PT XYZ.

2. Kerangka Teoritis dan Pengembangan Hipotesis

2.1. Pengertian Produktivitas

Ravianto (1998) mengungkapkan produktivitas merupakan sebuah prestasi seorang karyawan di lingkungan kerjanya. Selain itu, penggunaan sumber daya manusia secara efektif dan efisien merupakan sisi lain dari produktivitas kerja. Semakin tinggi produktivitas seorang karyawan akan semakin besar rasa puas karyawan akan pekerjaannya. Sinungan (1997) mendefinisikan produktivitas kerja sebagai kemampuan seseorang untuk menghasilkan sesuatu dari tugas dan pekerjaan yang diberikan oleh perusahaan. Produktivitas kerja menurut Ravianto (1998) secara teknis adalah rasio antara pencapaian dan total sumber daya yang dipergunakan. Sinungan (1997) menyatakan bahwa produktivitas kerja merupakan keahlian untuk mendapatkan manfaat yang maksimal dari fasilitas yang tersedia dengan menghasilkan keluaran yang optimal bahkan jika memungkinkan mencapai maksimal. Umar (2003) menyatakan bahwa produktivitas adalah sikap yang seringkali beracuan pada kualitas kehidupan hari ini harus lebih maksimal jika dibandingkan dengan hari kemarin.

International Labour Organization (ILO) yang dikutip oleh Hasibuan (2012:127) mengungkapkan secara lebih sederhana tujuan adanya produktivitas merupakan rasio secara ilmu hitung antara total yang dihasilkan dengan total setiap sumber yang digunakan pada saat produksi berlangsung. Sedangkan pengertian produktivitas kerja menurut Adianto (2014) adalah perbandingan antara hasil yang dicapai dengan keseluruhan daya atau faktor produksi yang dipergunakan. Pengukuran produktivitas karyawan dapat dilakukan dengan menggunakan kuantitas produk yang didapatkan (Simamora, 2006). Utami (2015) mengungkapkan bahwa produktivitas tenaga kerja dapat dipengaruhi oleh macam-macam faktor seperti usia, tingkat pendidikan, pengalaman kerja dan gaji.

2.2. Faktor-Faktor Pengukur Produktivitas

Produktivitas karyawan ditentukan atau dipengaruhi oleh macam-macam faktor yang berkaitan dengan karyawan itu sendiri ataupun yang berhubungan dengan lingkungan kerja dan kebijaksanaan pemerintah secara keseluruhan, seperti pendidikan, keterampilan, disiplin, sikap dan etika kerja, motivasi, gizi dan kesehatan, tingkat pendapatan, jaminan sosial, lingkungan kerja, hubungan industrial dan kebijaksanaan pemerintah mengenai produksi, investasi, perizinan, teknologi, fiskal, harga serta pengiriman (Wartana, 2011).

Menurut Hasanah, et al (2011) untuk mengukur produktivitas kerja karyawan dapat digunakan indikator sebagai berikut :

a. Keahlian menumbuhkan motivasi

- b. Meningkatkan rasa percaya diri
- c. Bertanggung jawab dalam pekerjaan
- d. Menyukai pekerjaan
- e. Mampu menyelesaikan persoalan
- f. Memberi kontribusi yang positif
- g. Mempunyai potensi dalam bidang yang diambil

Menurut R. Bagus, et al (2009) faktor-faktor yang digunakan dalam pengukuran produktivitas kerja antara lain :

- a. Kuantitas kerja merupakan hasil yang diperoleh oleh tenaga kerja dengan jumlah tertentu dan dibandingkan dengan standar yang telah menjadi ketetapan perusahaan
- b. Kualitas kerja merupakan suatu ketetapan hasil yang berhubungan dengan kualitas dari suatu produk yang dihasilkan oleh karyawan. Hal ini dapat dikatakan sebagai kemampuan karyawan untuk melakukan pekerjaan secara teknis dan membandingkan dengan ketetapan yang dibuat oleh perusahaan.
- c. Ketepatan waktu merupakan derajat suatu kegiatan diselesaikan dengan cepat dan dilihat dari segi kerjasama dengan hasil keluaran serta memanfaatkan waktu yang tersedia untuk kegiatan lain secara maksimal.

2.3. Siklus Produktivitas

Siklus ini dikenal dengan siklus MEPL. Siklus produktivitas adalah suatu rangkaian proses yang terjadi secara terus menerus dan melibatkan berbagai aspek seperti: pengukuran, penilaian, perencanaan, dan peningkatan produktivitas. Menurut konsep produktivitas, peningkatan produktivitas dapat dimulai dengan melakukan pengukuran dari sistem industri kemudian melakukan penilaian atau evaluasi tingkat produktivitas dan berdasarkan hasil evaluasi dapat disimpulkan kembali rencana pencapaian produktivitas atau target produktivitas (Sulaeman. 2014).

2.4 Cara Meningkatkan Produktivitas Kerja Karyawan

Terdapat empat bentuk penggolongan dalam melakukan pengembangan produktivitas kerja karyawan, diantaranya :

- a. Meminimalkan sumber daya secara tepat agar memperoleh jumlah produksi yang sama
- b. Meminimalkan sumber daya secara tepat agar memperoleh jumlah produksi yang lebih besar
- c. Meminimalkan sumber daya secara tepat agar memperoleh jumlah produksi yang jauh lebih besar
- d. Meminimalkan sumber daya dengan jumlah yang lebih besar agar memperoleh jumlah produksi yang jauh lebih besar

Secara lebih sederhana memaparkan mengenai cara meningkatkan produktivitas kerja dengan mengimplementasikan beberapa langkah, seperti :

- a. Seluruh tingkat organisasi di perusahaan mengembangkan ukuran produktivitas
- b. Membuat pencapaian-pencapaian yang berhubungan dengan peningkatan produktivitas
- c. Menetapkan perencanaan yang sesuai untuk mencapai tujuan yang telah ditentukan
- d. Menerapkan rencana dengan melihat dan mengevaluasi hasil yang telah didapatkan

2.5 Hubungan Antara Produktivitas dan Kualitas Hasil Kerja

Pengendalian kualitas terhadap produk yang dihasilkan perlu dilakukan ketika peningkatan produktivitas sedang dilakukan. Dalam memperbaiki produktivitas tidak hanya dapat dilakukan dengan menambahkan kecepatan kerja. Kerja yang memiliki kecepatan tidak wajar, akan menyebabkan kesalahan terhadap *output* produksi. Kecepatan kerja tidak wajar yang dimaksud adalah meminimalkan jam kerja hingga sebagai faktor *input* dipersingkat nilai waktunya dengan melakukan peningkatan pada performan kinerja manusia atau karyawan (Suyono, dkk. 2013).

2.6 Evaluasi Produktivitas

Evaluasi dilakukan apabila telah melakukan pengukuran terhadap sumber daya yang ada pada produktivitas. Tahapan ini sangat perlu dilakukan karena dengan adanya evaluasi dapat dipastikan penyebab produktivitas bernilai rendah dan dapat dilakukan adanya perbaikan (Sumanth, 1985)

Hasil dari analisa pada evaluasi yang telah dilakukan dapat dipergunakan untuk membuat suatu perencanaan peningkatan produktivitas (Gasperz, 2000). Produktivitas dapat dikatakan mengalami peningkatan jika:

- a. Total *output* produksi tetap atau mengalami peningkatan dengan adanya pengurangan sumber daya
- b. Total *output* produksi meningkat jauh lebih besar jika dibandingkan dengan penggunaan sumber daya yang meningkat
- c. Total *output* produksi mengalami peningkatan dengan penggunaan sumber daya dalam jumlah yang sama

Produktivitas yang mengalami kenaikan merupakan pendorong keuntungan perusahaan. Apabila suatu perusahaan tidak mengalami peningkatan pada produktivitas maka standar perusahaan akan menurun. Produktivitas didefinisikan sebagai relasi antara *input* dan *output* sistem produksi (Sumanth, 1985).

Sedarmayanti (2009) menyatakan kondisi fisik pada lingkungan kerja memiliki bentuk fisik yang ada pada sekitar tempat kerja dan dapat memberikan pengaruh kepada karyawan secara langsung maupun tidak langsung.

2.7 Metode *Objective Matrix* (OMAX)

Objective Matrix (OMAX) merupakan suatu model yang dikembangkan oleh Dr. James L. Riggs (*Departemen of Industrial Engineering di Oregon State University*) pada tahun 1980 an di Amerika Serikat. Metode ini adalah sistem pengukuran produktivitas untuk menjaga produktivitas agar tetap stabil pada setiap divisi yang ada pada perusahaan dengan kriteria yang cocok pada setiap divisi yang ada pada perusahaan.

Ciri dari model OMAX ini memiliki keunikan, seperti kriteria performansi kelompok kerja yang digabungkan pada satu matriks. Setiap kriteria yang ada mempunyai target berupa jalur khusus untuk perbaikan dan mempunyai nilai yang sesuai dengan peningkatan produktivitas. Dalam sistem OMAX sistem pengukurannya diserahkan ke bagian-bagian secara langsung.

a) Kegunaan dari OMAX adalah :

- 1) Sebagai sarana pengukuran produktivitas
- 2) Sebagai alat bantu pemecahan masalah produktivitas
- 3) Alat pemantau pertumbuhan produktivitas

b) Susunan metode OMAX terdiri atas beberapa bagian yakni sebagai berikut:

- 1) Kriteria produktivitas merupakan faktor-faktor yang mempengaruhi produktivitas unit kerja yang sedang melakukan pengukuran produktivitas.
- 2) Tingkat pencapaian merupakan hasil perbandingan yang dihitung menurut kriteria dalam pengukuran produktivitas, dan kemudian hasilnya ditempatkan pada kolom performansi.
- 3) Sel-sel skala matriks, untuk mengisi sel-sel skala matriks, terlebih dahulu kita tentukan level standar 3 (rata-rata), level 0 (performansi rasio terburuk), dan level 10 (target yang akan dicapai)
- 4) Skor adalah hasil dari pencapaian rasio performansi yang berkaitan apakah pencapaian tersebut berada pada bagian atas, bagian bawah atau tepat di skala standar (rasio 3)
- 5) Tingkat produktivitas yang diukur memiliki bobot dengan kriteria yang berbeda-beda
- 6) Nilai dari pencapaian yang telah dicapai didapatkan untuk setiap kriteria pada periode tertentu didapatkan dari perkalian antara skor pada kriteria tertentu dengan bobot kriteria tersebut.

c) Jenis rasio yang digunakan pada metode OMAX yakni sebagai berikut:

- 1) Rasio 1 merupakan perbandingan antara total produksi dengan produk baik (tidak cacat)
- 2) Rasio 2 merupakan perbandingan antara produk yang dihasilkan dengan jumlah tenaga kerja

- 3) Rasio 3 merupakan perbandingan antara produk yang dihasilkan dengan total jam kerja
- 4) Rasio 4 merupakan perbandingan antara jumlah jam lembur dengan total jam kerja
- 5) Rasio 5 merupakan perbandingan antara jumlah tenaga kerja absen dengan jumlah total tenaga kerja
- 6) Rasio 6 merupakan perbandingan antara jumlah produk cacat dengan jumlah produk yang dihasilkan

Pengukuran produktivitas OMAX digunakan sebagai solusi dari permasalahan dan kesulitan dalam mengukur produktivitas dengan cara menyatukan seluruh kriteria produktivitas dalam suatu matrik yang saling berkaitan (Jaaskelainen, 2009).

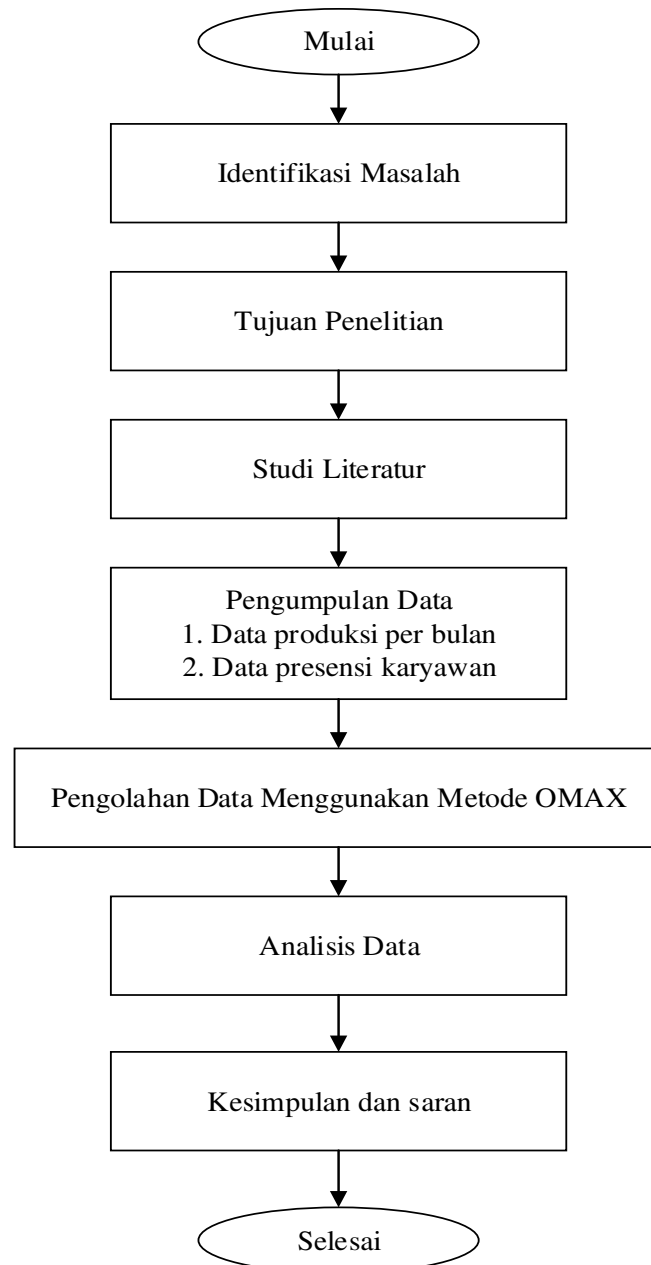
3. Metode Penelitian

3.1 Diagram Alir Penelitian

Diagram Alir penelitian menunjukkan rangkaian kegiatan yang dilakukan oleh peneliti hingga menemukan hasil dan kesimpulan yang diperoleh dari penelitian yang dilakukan. Gambar 3. merupakan tahapan penelitian yang dilakukan pada Unit Welding dan Painting PT XYZ.

3.2 Objek Penelitian

Dalam melakukan penelitian ini, objek yang diteliti adalah Unit *Painting* dan *Welding* PT XYZ. Pada unit tersebut peneliti memfokuskan pada jam hilang karyawan yang melebihi target yang telah ditentukan.



Gambar 3. Tahapan Penelitian

3.3 Metodologi Penelitian

Metode yang digunakan untuk mencapai tujuan penelitian adalah :

- 1) Studi Pustaka : studi ini dilakukan untuk mendapatkan landasan teori dengan tujuan untuk digunakan pada saat analisa data
- 2) Studi lapangan : studi dilakukan dengan cara langsung turun ke lapangan guna melakukan pengumpulan data terhadap objek penelitian dengan cara berikut :
 - a) *Interview* (Wawancara)

Penelitian secara langsung yang dilakukan melalui tanya jawab terhadap segala hal yang diperlukan berdasarkan pada tujuan penelitian.

b) Observasi (Pengamatan)

Kegiatan yang bertujuan untuk mengumpulkan data yang dilakukan secara langsung dan melakukan pencatatan terhadap hasil yang diperoleh dan dianggap perlu.

3.4 Analisa Data

Setelah diperoleh data dari perusahaan yang diteliti sebagai hasil dari studi lapangan maka selanjutnya dilakukan analisa data dengan metode atau teori-teori yang telah dipelajari dalam studi pustaka. Adapun data yang diambil pada perusahaan sebagai berikut :

1) Data primer

Data yang diperoleh secara langsung dari perusahaan dimana pengumpulan data atau informasi dilakukan langsung dari objek yang akan diteliti.

2) Data sekunder

Data yang diperoleh dari data yang tersedia dan telah lebih dahulu dikumpulkan dan dilaporkan oleh orang lain. Data sekunder yang diambil dari perusahaan yaitu data kehadiran dan jumlah karyawan Unit *Painting* dan *Welding*.

3.5 Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan menggunakan metode *objective matrix* dengan menggunakan data yang telah didapatkan dari pengumpulan data yang telah dilakukan. Berikut tahapan metode *objectiv matrix*:

1) Perhitungan rasio

Perhitungan rasio didapat dari data jumlah produksi, jumlah produk baik, dan kehadiran karyawan. Terdapat 6 rasio dengan kriteria yang berbeda-beda.

2) Menetapkan target standar

Target standar setiap rasio diperoleh dari nilai terbaik setiap rasio dijumlahkan dengan 25% dari nilai terbaik setiap rasio

3) Menetapkan bobot kriteria

Bobot kriteria diperoleh dari total bobot kuisisioner yang telah dibagikan kepada beberapa responden.

4) Perhitungan *objective matrix*

Perhitungan *objective matrix* dilakukan dari bulan Juli 2020 sampai bulan Mei 2021, *objective matrix* secara detail dapat dilihat pada lampiran.

5) Menghitung indeks produktivitas

Indeks produktivitas diperoleh dari nilai indikator pencapaian pada proses sebelumnya. Perhitungan indeks produktivitas dihasilkan dari nilai indikator dari bulan yang akan dicari dikurangi dengan nilai indikator awal kemudian dibagi dengan nilai indikator awal.

3.6 Tahapan Akhir

1) Analisis dan Pembahasan

Dari hasil pengolahan data yang dilakukan, maka dilakukan analisa hasil dari pengolahan data tersebut. Diharapkan pada hasil analisa dapat diperoleh sebuah usulan bagi PT XYZ dalam meningkatkan produktivitas di unit *Painting* dan *Welding*.

2) Kesimpulan dan Saran

Langkah terakhir yang dilakukan adalah penarikan kesimpulan dan saran berdasarkan hasil dari pengumpulan, pengolahan dan analisa data sehingga dapat diajukan beberapa saran yang mungkin dapat berguna bagi PT XYZ.

4. Hasil

4.1 Pengumpulan Data

1) Data jumlah produksi, produk baik dan produk cacat

Data jumlah produksi adalah jumlah produk yang dihasilkan dari bulan Juli 2020 sampai Mei 2021. Data jumlah produk yang baik adalah produk yang tidak cacat/sesuai dengan karakteristik produk yang dihasilkan. Sedangkan data produk cacat adalah jumlah produk yang cacat, baik karena kesalahan operator, kesalahan mesin, dsb.

Tabel 1.
Data jumlah produksi, produk baik dan produk cacat

Tahun	Bulan	Hasil Produksi	Produk Baik	Produk Cacat
2020	Juli	2432	2310	122
	Agustus	2331	2174	157
	September	2519	2308	211
	Oktober	3084	2897	187
	November	2794	2598	196
	Desember	2438	2311	127
2021	Januari	2397	2347	50
	februari	2597	2362	235
	Maret	1992	1755	237
	April	2039	1785	254
	Mei	1264	1128	136

2) Data jumlah jam kerja yang tersedia dan jam kerja lembur

Jam kerja disini adalah jam kerja yang didapat dari jumlah hari kerja dikali dengan jumlah jam kerja sebulan. Sedangkan jam kerja lembur adalah total jam lembur setiap bulannya.

Tabel 2.

Data jumlah jam kerja yang tersedia dan jam kerja lembur

Tahun	Bulan	Jam kerja per hari	Jam kerja normal (jam)	Jam kerja lembur (jam)	Total jam kerja (jam)
2020	Juli	8	176,50	65,80	242,30
	Agustus	8	151,75	64,66	216,41

Tahun	Bulan	Jam kerja per hari	Jam kerja normal (jam)	Jam kerja lembur (jam)	Total jam kerja (jam)
	September	8	176,50	39,13	215,63
	Oktober	8	167	55,13	222,13
	Novembe	8	168,25	43,48	211,73
	Desember	8	161,25	51,62	212,87
2021	Januari	8	160,00	39,3	199,30
	Februari	8	153	39,63	192,63
	Maret	8	176,50	45,68	222,18
	April	8	168,25	27,56	195,81
	Mei	8	136,50	26,65	163,15

3) Data jumlah dan absensi tenaga kerja

Data jumlah absensi tenaga kerja adalah data tenaga kerja yang tidak masuk dari seluruh karyawan. Absensi yang dimaksud adalah karyawan yang tidak masuk dengan alasan tertentu, seperti sakit dan izin.

Tabel 3.
Data jumlah dan absensi tenaga kerja

Tahun	Bulan	Jumlah total tenaga kerja (Orang)	Jumlah tenaga kerja yang absen (orang)
2020	Juli	138	30
	Agustus	138	35
	September	138	40
	Oktober	138	35
	Novembe	138	32
	Desember	138	25
2021	Januari	138	38
	Februari	138	18
	Maret	138	14
	April	138	24
	Mei	138	28

4.2 Pengolahan Data

1) Perhitungan rasio-rasio berdasarkan kriteria

a. Kriteria kualitas (mutu)

Rasio (1)

Tabel 4.
Rasio antar jumlah produk baik terhadap total produksi

Tahun	Bulan	Total Produksi	Produk baik	Rasio (1) (%)
2020	Juli	2432	2310	105,281
	Agustus	2331	2174	107,222
	Septemebr	2519	2308	109,142
	Oktober	3084	2897	106,455
	November	2794	2598	107,544
	Desember	2438	2311	105,495

Tahun	Bulan	Total Produksi	Produk baik	Rasio (1) (%)
2021	Januari	2397	2347	102,130
	Februari	2597	2362	109,949
	Maret	1992	1755	113,504
	Azpril	2039	1785	114,230
	Mei	1264	1128	112,057

b. Kriteria Efisiensi

Rasio (2)

Tabel 5.
Rasio jumlah produk yang dihasilkan terhadap jumlah TK

Tahun	Bulan	Total produk (buah)	Jumlah tenaga kerja (orang)	Rasio (2) (buah/orang)
2020	Juli	2432	138	17,623
	Agustus	2331	138	16,891
	September	2519	138	18,254
	Oktober	3084	138	22,348
	November	2794	138	20,246
	Desember	2438	138	17,667
2021	Januari	2397	138	17,37
	Februari	2597	138	18,819
	Maret	1992	138	14,435
	April	2039	138	14,775
	Mei	1264	138	9,159

Rasio (3)

Tabel 6.
Jumlah produk yang dihasilkan terhadap total jam kerja

Tahun	Bulan	Total produk yg dihasilkan (buah)	Total jam kerja (jam)	Rasio (3) (buah/jam)
2020	Juli	2432	242,3	10,037
	Agustus	2331	216,41	10,771
	September	2519	215,63	11,682
	Oktober	3084	222,13	13,884
	November	2794	211,73	13,196
	Desember	2438	212,87	11,453
2021	Januari	2397	199,3	12,027
	Februari	2597	192,63	13,482
	Maret	1992	222,18	8,966
	April	2039	195,81	10,413
	Mei	1264	163,15	7,747

c. Kriteria Efektivitas

Rasio (4)

Tabel 7.
Rasio jumlah jam lembur terhadap jumlah jam kerja

Tahun	Bulan	Jumlah jam lembur (jam)	Total jam kerja (jam)	Rasio (4) (%)
2020	Juli	65,80	242,3	27,156
	Agustus	64,66	216,41	29,878
	September	39,13	215,63	18,147
	Oktober	55,13	222,13	24,819
	November	43,48	211,73	20,536
	Desember	51,62	212,87	24,250
2021	Januari	39,3	199,3	19,719
	Februari	39,63	192,63	20,573
	Maret	45,68	222,18	20,560
	April	27,56	195,81	14,075
	Mei	26,65	163,15	16,335

Rasio (5)

Tabel 8.
Rasio jumlah TK absen terhadap jumlah TK total

Tahun	Bulan	Jumlah tenaga kerja absen (orang)	Jumlah total tenaga kerja (orang)	Rasio (5) (%)
2020	Juli	30	138	21,739
	Agustus	35	138	25,362
	September	40	138	28,986
	Oktober	35	138	25,362
	November	32	138	23,188
	Desember	25	138	18,116
2021	Januari	38	138	27,536
	Februari	18	138	13,043
	Maret	14	138	10,145
	April	24	138	17,391
	Mei	28	138	20,29

Rasio (6)

Tabel 9.
Rasio jumlah produk cacat terhadap jumlah produk baik

Tahun	Bulan	Jumlah produk cacat (buah)	Jumlah produk yang dihasilkan (buah)	Rasio (6) (%)
2020	Juli	122	2432	5,016
	Agustus	157	2331	6,735
	September	211	2519	8,376
	Oktober	187	3084	6,064
	November	196	2794	7,015
	Desember	127	2438	5,209
2021	Januari	50	2397	2,086
	Februari	235	2597	9,049
	Maret	237	1992	11,898
	April	254	2039	12,457
	Mei	136	1264	10,759

2) Pengukuran Kinerja Standar

Kinerja standar awal merupakan kinerja yang menunjukkan nilai pengukuran awal pelaksanaan pengukuran. Nilai pengukuran awal yang digunakan adalah nilai rata-rata dari keseluruhan periode pengukuran (Junli 2020-Mei 2021)

$$\text{Nilai pengukuran awal} = \frac{\text{Jumlah nilai tiap rasio}}{\text{Jumlah periode}}$$

Nilai pengukuran awal untuk rasio (1) adalah sebagai berikut :

$$\text{Nilai pengukuran awal} = \frac{\text{Jumlah nilai tiap rasio}}{\text{Jumlah periode}}$$

Hasil perhitungan nilai pengukuran awal untuk tiap rasio selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10.
Perhitungan nilai pengukuran awal

Tahun	Bulan	Rasio (1)	Rasio (2)	Rasio (3)	Rasio (4)	Rasio (5)	Rasio (6)
2020	Juli	105,281	17,623	10,037	27,156	21,739	5,016
	Agustus	107,222	16,891	10,771	29,878	25,362	6,735
	September	109,142	18,254	11,682	18,147	28,986	8,376
	Oktober	106,455	22,348	13,884	24,819	25,362	6,064
	Novembe	107,544	20,246	13,196	20,536	23,188	7,015
	Desember	105,495	17,667	11,453	24,25	18,116	5,209
2021	Januari	102,13	17,37	12,027	19,719	27,536	2,086
	Februari	109,949	18,819	13,482	20,573	13,043	9,049
	Maret	113,504	14,435	8,966	20,56	10,145	11,898
	April	114,23	14,775	10,413	14,075	17,391	12,457
	Mei	112,057	9,159	7,747	16,335	20,29	10,759
Jumlah		1193,009	187,587	123,658	236,048	231,158	84,664
Nilai pengukuran awal (rata-rata)		108,455	17,053	11,242	21,459	21,014	7,697

3) Menetapkan target sasaran pencapaian

Menetapkan sasaran adalah keputusan manajemen yang bermaksud untuk menentukan besarnya sasaran yang akan dicapai dalam upaya meningkatkan produktivitas. Dalam hal ini, sasaran upaya perbaikan ditetapkan sebesar 25% dari periode terbaik.

$$\text{Target} = \text{Nilai terbaik} + (25\% \times \text{nilai terbaik})$$

$$\text{Target} = 114,23 + (25\% \times 114,23)$$

$$= 142,787$$

Hasil selengkapnya seperti pada Tabel 11.

Tabel 11.
 Nilai target sasaran pencapaian untuk tiap rasio

Rasio	Nilai terburuk	Nilai terbaik	Target
1	102,13	114,23	142,787
2	9,159	22,348	27,935
3	7,747	13,884	17,355
4	14,075	29,878	37,347
5	10,145	28,986	36,232
6	2,086	12,457	15,571

4) Menetapkan bobot kriteria

Dalam pembobotan ini melibatkan para staf karyawan yang dapat dinyatakan pakar dibidangnya, sehingga keterlibatan mereka dapat menentukan terhadap keputusan produktivitas. Para karyawan melakukan penilaian terhadap 6 rasio. Adapun penilaiannya menggunakan bilangan 1 sampai dengan 6, semakin tinggi nilainya berarti menunjukkan tingkat kepentingan yang makin tinggi pula.

Adapun hasil penilaian dapat dilihat pada Tabel 12.

Tabel 12.
 Hasil kuisisioner penetapan bobot kepentingan

Responden Rasio	1	2	3	4	Jumlah
Rasio (1)	5	4	5	6	20
Rasio (2)	5	5	5	5	20
Rasio (3)	4	4	5	3	16
Rasio (4)	3	2	3	4	12
Rasio (5)	5	3	1	4	13
Rasio (6)	2	4	5	3	14
Jumlah total					95

Setelah dilakukan penilaian, langkah selanjutnya adalah mencari bobot untuk setiap rasio dengan cara menunjukkan penilaian dari setiap responden dibagi dengan total hasil penilaian dari para responden

$$\text{Nilai bobot} = \frac{\text{Jumlah bobot rasio (x)}}{\text{Total bobot}} \times 100\%$$

$$\text{Total bobot} = 20 + 20 + 16 + 12 + 13 + 14 = 95$$

Maka didapatkan hasil :

a) Bobot rasio (1) = $\frac{20}{95} \times 100\% = 21,053\%$

b) Bobot rasio (2) = $\frac{20}{95} \times 100\% = 21,053\%$

c) Bobot rasio (3) = $\frac{16}{95} \times 100\% = 16,842\%$

d) Bobot rasio (4) = $\frac{12}{95} \times 100\% = 12,632\%$

e) Bobot rasio (5) = $\frac{13}{95} \times 100\% = 13,684\%$

$$f) \text{ Bobot rasio (6)} = \frac{14}{95} \times 100\% = 14,737\%$$

5) Pembentukan matrik sasaran

Adapun nilai-nilai yang dimasukkan ke dalam matriks adalah :

- a) Keadaan produktivitas pada saat pengukuran dilakukan diberi angka tiga (level 3), dengan kata lain tahap awal yang didapat dari rata-rata periode data ditempatkan pada level 3.
- b) Nilai sasaran adalah nilai yang akan dicapai sebagai tujuan yang harus ditetapkan manajemen untuk setiap rasio yaitu sebesar 50% dari periode terbaik, diletakkan pada level 10.
- c) Nilai terendah yang merupakan nilai terburuk yang dicapai oleh masing-masing rasio, diletakkan pada level 0.
- d) Nilai antara level 0 sampai level 3 dan antara level 4 sampai level 10 diisi dengan menggunakan cara interpolasi.

Hasil selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 13.

6) Perhitungan Indikator Pencapaian

Perhitungan indikator pencapaian dilakukan untuk setiap bulan Juli 2020-Mei 2021. Karena rasio tidak sama persis dengan nilai yang ada pada matriks, maka perlu dilakukan penyesuaian, dengan cara pembulatan ke atas atau ke bawah. Jika range pembulatan tersebut sangat besar maka diambil nilai yang mendekati nilai yang dicapai. Dengan cara tersebut maka diperoleh skor untuk masing-masing rasio. Skor yang diperoleh kemudian dikalikan dengan bobot, sehingga diperoleh nilai indikator pencapaian pada periode tersebut diperoleh dengan menjumlahkan indikator pencapaian untuk masing-masing rasio. Bila dinyatakan dalam simbol matematis, maka :

$$IX = (S_i \times B_i) = \sum N_i$$

Dimana, X = indikator pencapaian produktivitas

S_i = skor rasio ke-i

B_i = bobot rasio ke-i

N_i = nilai

Tabel 13.
Matriks Sasaran

Kriteria mutu	Kriteria efisiensi			Kriteria efektivitas		
Rasio (1)	Rasio (2)	Rasio (3)	Rasio (4)	Rasio (5)	Rasio (6)	
142,787	27,935	17,355	37,347	36,232	15,571	Level 10
137,8824286	26,38042857	16,48171429	35,07728571	34,058	14,44614	Level 9
132,9778571	24,82585714	15,60842857	32,80757143	31,884	13,32129	Level 8
128,0732857	23,27128571	14,73514286	30,53785714	29,71	12,19643	Level 7
123,1687143	21,71671429	13,86185714	28,26814286	27,536	11,07157	Level 6
118,2641429	20,16214286	12,98857143	25,99842857	25,362	9,946714	Level 5
113,3595714	18,60757143	12,11528571	23,72871429	23,188	8,821857	Level 4
108,455	17,053	11,242	21,459	21,014	7,697	Level 3
106,3466667	14,42166667	10,077	18,99766667	17,391	5,826667	Level 2
104,2383333	11,79033333	8,912	16,53633333	13,768	3,956333	Level 1
102,13	9,159	7,747	14,075	10,145	2,086	Level 0
						skor
21,053	21,053	16,842	12,632	13,684	14,737	bobot
Indeks Pencapaian						nilai
201,05						

Nilai indikator pencapaian pada Bulan Juli 2020 adalah :

$$X = 21,053 + 63,159 + 33,684 + 75,792 + 41,052 + 29,474 = 201,05$$

Perhitungan OMAX periode berikutnya dapat dilihat pada lampiran. Hasil perhitungan pencapaian produktivitas selengkapnya berdasarkan perhitungan OMAX terlampir dapat dilihat pada Tabel 14.

Tabel 14.
Perhitungan OMAX Bulan Juli 2020

Kriteria mutu	Kriteria efisiensi			Kriteria efektivitas		
Rasio (1)	Rasio (2)	Rasio (3)	Rasio (4)	Rasio (5)	Rasio (6)	
105,281	17,623	10,037	27,156	21,739	5,016	
142,787	27,935	17,355	37,347	36,232	15,571	10
137,8824	26,3804	16,4817	35,0773	34,058	14,4461	9
132,9779	24,8259	15,6084	32,8076	31,884	13,3213	8
128,0733	23,2713	14,7351	30,5379	29,71	12,1964	7
123,1687	21,7167	13,8619	28,2681	27,536	11,0716	6
118,2641	20,1621	12,9886	25,9984	25,362	9,9467	5
113,3596	18,6076	12,1153	23,7287	23,188	8,8219	4
108,4550	17,053	11,242	21,459	21,014	7,697	3
106,3467	14,4217	10,077	18,9977	17,391	5,8267	2
104,2383	11,7903	8,912	16,5363	13,769	3,9563	1
102,13	9,159	7,747	14,075	10,145	2,086	0
1	3	2	6	3	2	skor
21,053	21,053	16,842	12,632	13,684	14,737	bobot
21,053	63,159	33,684	75,792	41,052	29,474	nilai
Indeks Pencapaian						
201,05						

7) Rekapitulasi Indikator Pencapaian Rasio Keseluruhan

Tabel 15. merupakan rekapitulasi hasil pengolahan data yang telah dilakukan. Langkah selanjutnya adalah menghitung nilai-nilai indikator pencapaian produktivitas dari bulan Juli 2020-Mei 2021, dengan bulan dasar yang digunakan adalah bulan Juli 2020. Secara matematis indeks indikator dapat dinyatakan dengan :

$$\text{Indeks indikator} = \frac{\text{Nilai bulan sekarang} - \text{Nilai bulan dasar}}{\text{Nilai bulan dasar}} \times 100\%$$

Tabel 15.
Nilai indikator pencapaian produktivitas

Tahun	Bulan	Nilai indikator pencapaian
2020	Juli	201,055
	Agustus	329,477
	September	377,897
	Oktober	417,898
	November	406,319
	Desember	263,161
2021	Januari	237,895
	Februari	373,688
	Maret	284,215
	April	290,529
	Mei	226,318

Indeks indikator pencapaian produktivitas bulan Juli 2020 :

$$\text{Indeks indikator} = \frac{201,055 - 201,055}{201,055} \times 100\% = 0\%$$

Indeks indikator pencapaian produktivitas Bulan Agustus 2020 :

$$\text{Indeks indikator} = \frac{329,477 - 201,055}{201,055} \times 100\% = 63,874\%$$

Hasil perhitungan indeks indikator pencapaian produktivitas selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 16.

Tabel 16.
Hasil indeks produktivitas

Tahun	Bulan	Nilai indikator pencapaian	Indeks produktivitas
2020	Juli	201,055	0%
	Agustus	329,477	64%
	September	377,897	88%
	Oktober	417,898	108%
	November	406,319	102%
	Desember	263,161	31%
2021	Januari	237,895	18%
	Februari	373,688	86%
	Maret	284,215	41%
	April	290,529	45%
	Mei	226,318	13%

8) Perbaikan Tingkat Produktivitas

Suatu unit produksi selalu berusaha untuk menghasilkan produk dengan cara yang efektif dan seefisien mungkin. Pengukuran produktivitas selalu berdasarkan pendekatan rasio output input. Oleh karena itu dalam proses produksi diusahakan dengan input yang minimal untuk menghasilkan output yang optimal.

Peningkatan produktivitas pada bagian welding dan painting tersebut, maka perlu dilakukan rencana perbaikan-perbaikan dalam sistem produksi yang ada dan yang telah diterapkan saat ini. Sasaran yang ingin dicapai dari rencana perbaikan tingkat produktivitas adalah memperbesar nilai yang diperoleh dari perbandingan output input. Oleh karena itu dalam proses produksi diusahakan dengan input yang minimal untuk memperoleh output yang optimal bahkan maksimal. Dengan melihat skor untuk tiap rasio pada matriks sasaran dapat dijadikan sebagai tolak ukur perlu tidaknya tingkat produktivitas dari setiap rasio diperbaiki.

Tabel 17.
Kriteria setiap rasio

Tahun	Bulan	Rasio (1)	Rasio (2)	Rasio (3)	Rasio (4)	Rasio (5)	Rasio (6)
2019	Juli	105,281	17,623	10,037	27,156	21,739	5,016
	Agustus	107,222	16,891	10,771	29,878	25,362	6,735
	September	109,142	18,254	11,682	18,147	28,986	8,376
	Oktober	106,455	22,348	13,884	24,819	25,362	6,064
	Novembe	107,544	20,246	13,196	20,536	23,188	7,015
	Desember	105,495	17,667	11,453	24,25	18,116	5,209
2020	Januari	102,13	17,37	12,027	19,719	27,536	2,086
	Februari	109,949	18,819	13,482	20,573	13,043	9,049
	Maret	113,504	14,435	8,966	20,56	10,145	11,898
	April	114,23	14,775	10,413	14,075	17,391	12,457
	Mei	112,057	9,159	7,747	16,335	20,29	10,759
Rata-rata		108,455	15,053	12,241	21,458	18,014	7,697
Keterangan		Standar	Buruk	Buruk	Standar	Buruk	Standar

Sebagai parameter pada matriks OMAX, dimana rasio dapat dikatakan buruk, standar, atau baik, yaitu :

- a) Kriteria buruk : skala skor pada matriks sasaran dimulai dari skala 0 sampai 2 atau dibawah skala 3 (tingkat pengukuran periode awal)
- b). Kriteria standar : skala skor sasaran berada pada skala 3 (tingkat pengukuran periode awal)
- c) Kriteria baik : skala skor pada matriks sasaran dimulai dari skala 4 sampai dengan 10 (target realitas yang dicapai dengan sumber dan sistem yang berlaku)

Keenam rasio yang berpengaruh terhadap peningkatan produktivitas pada PT XYZ dapat dilihat pada Tabel 17.

Berdasarkan data di atas, rasio (1) hingga rasio (6) termasuk dalam kriteria standar adalah rasio 1, rasio 4 dan rasio 6. Sedangkan rasio 2, rasio 3, dan rasio 5 termasuk dalam kriteria buruk. Perlu diperhatikan adanya target peningkatan produktivitas perusahaan, sehingga menjadikan rasio-rasio perusahaan masuk ke dalam kategori baik. Kondisi ini terjadi karena disebabkan oleh faktor internal misal efektivitas dan efisiensi tenaga kerja karena masih banyak tenaga kerja yang absen baik dengan alasan sakit maupun yang lainnya, jam lembur yang masih tinggi dan mesin yang sudah cukup lama digunakan. Namun, fokus pembahasan pada penelitian ini adalah mengenai jam hilang karyawan yang tinggi dan target produksi yang seringkali tidak memenuhi target. Jam hilang karyawan ditunjukkan pada rasio 5 dengan hasil perhitungan menunjukkan bahwa kriteria buruk ditunjukkan oleh bulan Agustus, September, Oktober, November dan Januari. Sedangkan jumlah produksi yang dihasilkan ditunjukkan pada rasio 2 dan 3. Rasio 2 dan 3 dengan kriteria buruk terjadi pada bulan Juli, Maret, April dan Mei. Dari analisis produktivitas yang telah dilakukan menunjukkan bahwa kriteria buruk pada rasio 2,3, dan 5 masih banyak terjadi antara rentang bulan Juli 2020-Mei 2021. Perbaikan terhadap produktivitas yang masih kurang memuaskan dapat dilakukan dengan menaikkan output produksi dengan nilai input yang masih sama. Selain itu, perusahaan dapat lebih mendisiplinkan karyawan untuk mengurangi waktu hilang yang masih tinggi.

5. Kesimpulan dan Implikasi

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisa mengenai produktivitas unit *welding* dan *painting* PT XYZ menghasilkan kriteria pada level standar (level 3) jika dilihat secara umum dari rasio 1 hingga 6. Namun jika difokuskan terhadap objek penelitian yang dilakukan yaitu jam hilang karyawan dan target produksi yang belum tercapai yaitu pada level 2, level 3 dan level 5 masih banyak yang berada pada katategori produktivitas buruk. Data mengenai target produksi yang tidak memenuhi target dan jam hilang karyawan yang tinggi dapat dilihat pada tabel 1 dan tabel 2 bagian pendahuluan. Terdapat kesesuaian antara data yang diperoleh dengan hasil analisis menggunakan *objective matrix*. Perbaikan guna meningkatkan nilai produktivitas dapat dilakukan dengan menaikkan output produksi dengan nilai input yang masih sama. Selain itu, untuk menurunkan nilai jam hilang karyawan yang masih tinggi perusahaan dapat lebih mendisiplinkan karyawan agar tingkat jam hilang karyawan dapat menurun.

5.2 Implikasi

Implikasi guna perencanaan peningkatan produktivitas di masa yang akan datang adalah dengan cara fokus meningkatkan rasio-rasio yang telah diteliti agar menjadi lebih baik. Khususnya untuk rasio yang dianggap paling penting dalam kaitannya dengan tingkat produktivitas perusahaan. Dimana nilai yang perlu ditingkatkan adalah :

- a. Meningkatkan rasio (2), yaitu rasio antara jumlah produk yang dihasilkan dengan jumlah tenaga kerja yang terpakai. Rasio ini menyatakan tingkat kecepatan produksi tenaga kerja. Usaha yang perlu dilakukan adalah dengan meningkatkan *skill* para pekerja dengan memberikan pelatihan-pelatihan dan melakukan perbaikan pada sistem kerja.
- b. Meningkatkan rasio (4), yaitu perbandingan antara jumlah jam kerja lembur dengan total jumlah jam kerja. Usaha yang dapat dilakukan adalah dengan mengurangi jam lembur yang terlalu besar dan mengoptimalkan jam kerja *regular*, yaitu dengan cara mengurangi jam kerja yang tidak efektif, meningkatkan kecepatan produksi tenaga kerja dan bila mungkin memperpendek waktu proses produksi.
- c. Meningkatkan rasio (5), yaitu rasio antara jumlah tenaga kerja yang absen dengan total jumlah tenaga kerja. Usaha yang dapat dilakukan adalah dengan memperketat peraturan serta memberikan inovasi yang tepat dengan tujuan dapat mendorong pekerja agar termotivasi untuk loyal kepada perusahaan, misalnya dalam bentuk intensif maupun pemenuhan fasilitas kerja yang lebih memadai

Langkah-langkah perbaikan yang perlu dilakukan untuk meningkatkan produktivitas perusahaan adalah :

- 1) Perlengkapan, material dan energi
 - a) Peningkatan produksi dengan meminimalkan penggunaan energi
 - b) Mengurangi jumlah produk cacat dengan meningkatkan pengawasan dan pelatihan tenaga kerja operasional
 - c) Melakukan peralatan yang intensif terhadap mesin-mesin yang ada
- 2) Tenaga Kerja
 - a) Mengurangi jam kerja yang tidak efektif
 - b) Meningkatkan kecepatan produksi tenaga kerja
 - c) Menciptakan kondisi lingkungan kerja yang baik
 - d) Mengadakan sistem intensif (sistem upah dan bonus)
- 3) Manajemen
 - a) Penetapan tujuan yang mempertimbangkan kondisi perusahaan
 - b) Membuat program peningkatan produktivitas

- c) Menetapkan satu sistem pengukuran produktivitas yang mempertimbangkan efektivitas biaya, batas pengukuran produktivitas dan sistem pengukurannya haruslah mudah dipraktikkan

Daftar Pustaka

- Adianto, A., Saryatmo, M., Gunawan, A. S. 2014. Analisis Pengukuran Kinerja Perusahaan dengan Metode Performance Prism dan Scoring Objective Matrix (OMAX) pada PT Bpas Sinergi
- Gasparz, V. 2020. Manajemen Produktivitas Total. Jakrta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Gina, R., Guntur, S, Supriyadi. 2020. Analisis Produktivitas dengan Metode *Objective Matrix* (OMAX) di Lantai Produksi Perusahaan Botol Minuman. Serang: Universitas Serang Raya.
- Ravianto, J. 1998. Materi Pokok Dasar-dasar Produktivitas. Jakarta: Penerbit Karnia Jakarta.
- R, Bagus Yoson, Muhammad, K, Purwanto. 2014. Pengukuran Produktivitas Perusahaan Menggunakan Metode *Objective Matrix*. Jakarta: Universitas Mercubuana Jakarta.
- Sedarmayanti. 2009. Sumber Daya Manusia dan Produktivitas Kerja. Bandung: CV. Mandar Maju
- Simamora, Henry. 2006. Manajemen Sumber Daya Manusia. Yogyakarta: STIE YKPN.
- Sinungan, Muchdarsyah. 1997. Produktivitas Apa dan Bagaimana. Jakarta: Bumi Aksara.
- Sulaeman, Ardika. 2014. Pengaruh Upah dan Pengalaman Kerja Terhadap Produktivitas Karyawan Kerajinan Ukiran Kabupaten Subang. *Jurnal Trikonomila*, vol 13.
- Sumanth, David J. 1985. *Productivity Engineering and management*. New York: McGraw Hill Book Co.
- Suyono, Bambang & Hermawan, Hery. 2013 Analisis Faktor-faktor yang Mempengaruhi Produktivitas Tenaga Kerja pada Industri Kerajinan Kulit di Kabupaten Magetan. *Jurnal Ekomaks*, vol.2.
- Umar, Husein. 2003. Riset Sumber Daya Manusia dalam Organisasi. Jakarta: Gramedia Pusaka Utama
- Utami, Annisa Wanda. 2015. Analisa Produktivitas Tenaga Kerja pada Usaha Domba *Analysis Farm Worker Productivity in Sheep Farm*. Jawa Barat: Universitas Padjajaran.
- Wartana, I Made Hedy. 2011. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Produktivitas Kerja Karyawan pada Como Shambala Estate at Begawan Giri Ubud Bali. *Jurnal Perhotelan dan Pariwisata*, vol.1, no.1, hal. 14.
- Hasanah, Erni Umami, Widowati, Puri. 2011. Analisis Produktivitas Tenaga Kerja pada Industri Rumah Tangga Krecek di Kelurahan Segoroyoso. *Efektif Jurnal Bisnis dan Ekonomi*, vol.2, no.2, hal. 169-182.

**PENGEMBANGAN RUMAH
SENSOR PENGUKUR SUHU
UDARA
(STUDI KASUS RUMAHKACA
BERVENTILASI ALAMI MENGGUNAKAN
SISTEM PENDINGINAN
PENGABUTAN)**

Moch Sopy Sunami Maranto

Mahasiswa Program Studi
Teknik Pertanian
sopysunami@gmail.com

Handarto, S.TP., M.Agr., Ph.D.

Dosen Program Studi
Teknik Pertanian
handarto@unpad.ac.id

Muhammad Saukat, S.TP., M.T.

Dosen Program Studi
Teknik Pertanian
msaukat@unpad.ac.id

Abstrak: *Sistem pendinginan pengabutan di dalam rumahkaca berventilasi alami, kabut bergerak mengikuti pergerakan udara. Jika kabut mengenai sensor pengukur suhu udara (termokopel tipe-k) maka pembacaan hasil pengukuran tidak akan akurat dengan sebenarnya. Pada penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan rumah sensor untuk meniadakan potensi stagnasi udara di dalam rumah sensor dan mengidentifikasi pergerakan udara di sekitar rumah sensor. Terdapat 12 rumah sensor dari rancangan yang dibuat, terdiri dari 6 rumah sensor menggunakan tabung dan 6 rumah sensor menggunakan jaring, masing-masing dipilih 1 terbaik berdasarkan kriteria (melindungi sensor dari percikan droplet maupun paparan radiasi matahari dan tidak menimbulkan stagnasi udara). Identifikasi pergerakan udara di sekitar rumah sensor yang menggunakan tabung menunjukkan pergerakan udara dari luar menuju ke dalam atau sebaliknya hanya melalui lubang atas dan bawah. Sedangkan identifikasi pergerakan udara di sekitar rumah sensor yang menggunakan jaring menunjukkan pergerakan udara dari luar menuju ke dalam atau sebaliknya dengan mudah melalui rongga-rongga jaring nilon. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa terdapat 2 rumah sensor terbaik, yaitu Modifikasi RS-3 Tabung Rasio 1:1:4 dan Modifikasi RS-3 Jaring Rasio 1:1.5:4.*

Kata Kunci: *Rumahkaca, sistem pendinginan pengabutan, pergerakan udara, rumah sensor*

1. Pendahuluan

Rumahkaca adalah sebuah bangunan konstruksi yang berfungsi untuk menghindari dan memanipulasi kondisi lingkungan agar tercipta kondisi lingkungan yang sesuai untuk pertumbuhan tanaman. Salah satu dari pengendalian evaporatif bertujuan untuk menurunkan suhu udara sekaligus meningkatkan kelembaban mutlak. Ada beberapa macam sistem pendinginan evaporatif yang dapat diterapkan di rumahkaca, salah satunya adalah sistem pendinginan pengabutan (*fog cooling system*). Menurut Li and Wang (2015), sistem pendingin pengabutan adalah sebuah sistem yang didasarkan pada *droplet* (tetesan partikel air kecil) dengan diameter *droplet* ($<60\mu\text{m}$) yang dikeluarkan dari *nozzle* dengan tekanan tinggi. Air yang dikeluarkan dari *nozzle* berupa butiran air halus/kabut (*fog*).

Sistem pendinginan pengabutan telah banyak diterapkan, salah satunya di kompleks rumahkaca RK-D di Universitas Padjadjaran. Sistem pendinginan pengabutan di sini masih memiliki kekurangan, yaitu kurang akuratnya pembacaan sensor suhu udara (termokopel). Penyebabnya adalah sensor suhu yang digunakan (sensor termokopel tipe K). Hal yang dapat dilakukan untuk meningkatkan kontrol sistem pendinginan pengabutan yaitu perlu adanya pengembangan rumah sensor (RS). Fungsi dari rumah sensor ini yaitu sebagai pelindung sensor dari faktor eksternal yang dapat mempengaruhi hasil pengukurannya. Faktor tersebut salah satu contohnya adalah kabut, angin, dan radiasi matahari.

Pada penelitian sebelumnya masih memiliki kekurangan yaitu masih berpotensi menimbulkan stagnasi udara pada rumah sensor. Hal yang perlu dilakukan untuk meningkatkan keakuratan pembacaan sensor adalah mengembangkan rumah sensor untuk meniadakan potensi stagnasi udara.

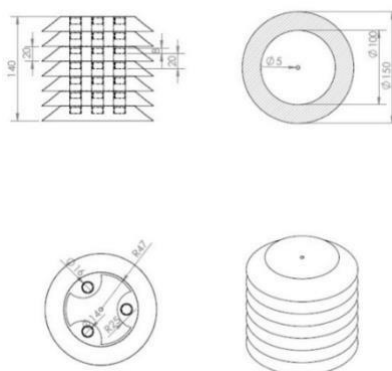
2. Karangan Teoritis dan Pengembangan Hipotesis

2.1 Rancang Bangun Rumah Sensor Hasil Penelitian Sebelumnya

(Handarto et al., 2019) telah merancang bangun tiga rumah sensor. Penjelasan rinci tentang ketiga rumah sensor tersebut adalah sebagai berikut.

1. Rumah Sensor 1

Rumah sensor 1 (RS-1) mempunyai bentuk seperti sebuah mangkuk terbalik. Dimensi Rumah Sensor 1 disajikan pada Gambar 9. RS-1 memiliki 2 bagian utama, yaitu bagian atap yang tertutup dan bagian bawah yang bagian tengahnya terbuka.

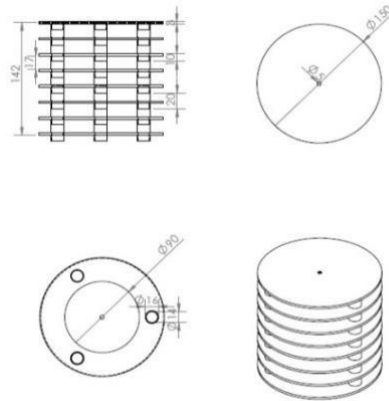


Gambar 1.

Rumah Sensor 1

2. Rumah Sensor 2

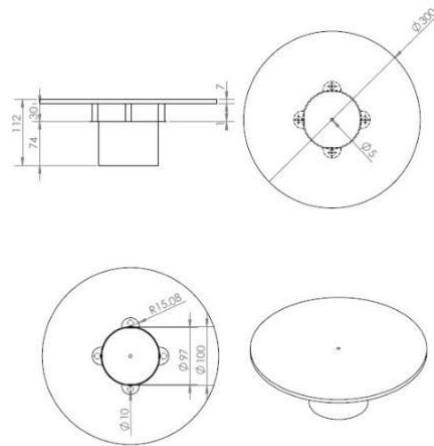
Rumah Sensor 2 (RS-2) mempunyai bentuk lingkaran. Dimensi Rumah Sensor 2 disajikan pada Gambar 10. Seperti RS-1, RS-2 memiliki 2 bagian utama, yaitu bagian atap yang tertutup dan bagian bawah yang bagian tengahnya berlubang.



Gambar 2.
Rumah Sensor 2

3. Rumah Sensor 3

Rumah Sensor 3 (RS-3) mempunyai 2 bagian utama, yaitu bagian atap berbentuk lingkaran dan bagian lainnya berbentuk tabung. Bagian atap berfungsi untuk melindungi sensor dari *droplet* dan radiasi matahari sedangkan bagian tabung berfungsi sebagai rongga aliran udara.



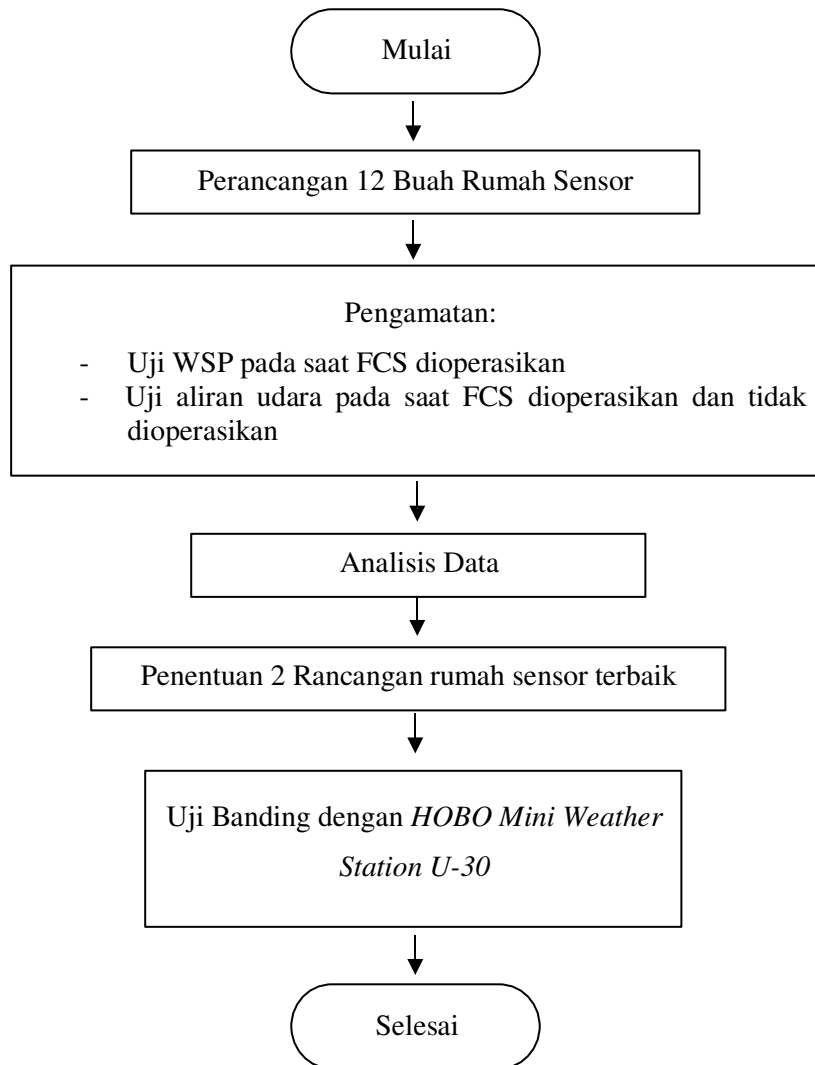
Gambar 3.
Rumah Sensor 3

H1. Hipotesis Satu

3. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimental, yaitu penelitian yang digunakan untuk mencari perlakuan tertentu terhadap dampak dalam kondisi terkendali (Jaedun, 2011). Pada penelitian ini, dilakukan pengembangan komponen untuk sistem pendinginan pengabutan yaitu

pelindung (rumah sensor) untuk sensor termokopel dengan bentuk yang berbeda untuk mendapatkan hasil pengukuran suhu udara yang akurat. Data yang didapatkan kemudian dianalisis serta dibandingkan ketika sistem pendinginan pengabutan ditambahkan rumah sensor dan sistem pendinginan tanpa rumah sensor, sehingga memperoleh gambaran seberapa besar perbedaan suhu bola kering (Tdb), suhu bola basah (Twb) dan kelembaban relatif (RH). Pada akhirnya dapat memberikan informasi tentang efektivitas penambahan rumah sensor untuk memperoleh data suhu bola kering pada sistem pendinginan pengabutan tanpa membasahi permukaan sensor.



Gambar 4.
Diagram Alir Penelitian

3.1 Pengujian Rumah Sensor

Sistem pendinginan pengabutan yang digunakan di komplek Rumahkaca dan Kebun Percobaan Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran memiliki banyak komponen, fokus penelitian ini pada pengembangan rumah sensor untuk menaungi sensor yang digunakan di rumahkaca. Penggunaan rumah sensor ini diharapkan sensor suhu udara tidak terkena *droplet* yang mengandung air serta sensor suhu

tidak terkena sinar matahari langsung. Hal ini akan menyebabkan hasil pengukuran suhu bola kering menjadi akurat.

Ada beberapa tipe rumah sensor yang digunakan pada penelitian ini yaitu rumah sensor yang bagian utamanya yaitu berbentuk tabung yang fungsinya untuk melindungi sensor dari *droplet* yang dihasilkan oleh sistem pendinginan pengabutan. Pada bagian ini, terdapat 2 tabung yaitu tabung yang tertutup dan tabung terbuka menggunakan jaring nilon yang fungsinya agar tidak terjadinya stagnasi udara di dalam rumah sensor dan pergerakan udara dapat bergerak masuk dan keluarnya dengan mudah. Lalu yang membedakan rancangan rumah sensor penelitian ini dengan yang sebelumnya adalah pada ukurannya.

Pengujian rumah sensor dilakukan dengan cara menggunakan obat nyamuk bakar *spiral* dan kertas, pemilihan bahan yang digunakan merupakan media yang memberikan efek seperti kabut ataupun efek seperti pergerakan udara. Pada pengujian ini hanya membandingkan bagian tabungnya. Jarak rumah sensor ke permukaan tanah yaitu 90 cm, jarak ketinggian atap rumah sensor dengan obat nyamuk bakar yaitu 35 cm, dan jarak diameter obat nyamuk bakar yaitu 60 cm.

Pada pengujian rumah sensor pada saat sistem pendinginan pengabutan dioperasikan, menggunakan *Water Sensitif Paper* (WSP). WSP ini berfungsi untuk mengidentifikasi *droplet* air yang masuk ke dalam rumah sensor. WSP yang digunakan berukuran 2 cm x 1 cm dan ditempatkan di dalam rumah sensor, menempel pada bagian termokopel tetapi tidak menutupi bagian ujung termokopel. WSP yang terkena *droplet* air berubah warnanya yang semula kuning menjadi biru. Kemudian, menentukan 2 rancangan rumah sensor terbaik, 1 rumah sensor tabung terbaik dan 1 rumah sensor jaring terbaik.

Adapun beberapa aspek yang diterapkan pada pengamatan pergerakan udara disekitar rumah sensor, yaitu:

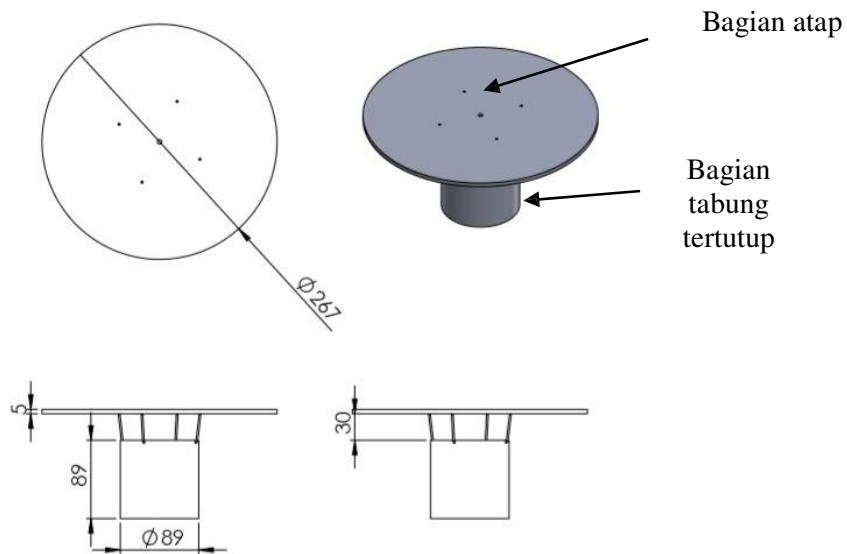
1. Bahan yang digunakan, yaitu asap yang berasal dari obat nyamuk bakar;
2. Menggunakan video dari kamera HP Samsung A50 memiliki resolusi 25MP; dan
3. Menggunakan *image processing* dengan menggunakan aplikasi Adobe Lighroom, edit *light* (*contrast, highlight, whites, black* dan *shadows*) dan edit *effect* (*texture* dan *clarity*).

4. Hasil

4.1 Rancangan Rumah Sensor

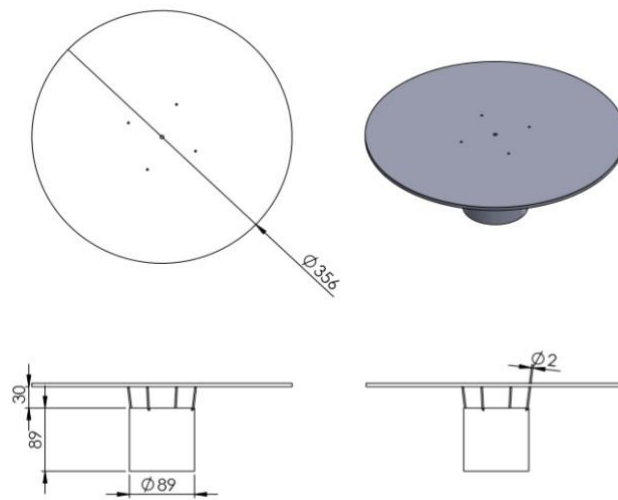
Rumah sensor yang dirancang mempunyai 3 bagian utama, yaitu bagian atap yang berbentuk lingkaran, bagian tabung tertutup dan bagian tabung terbuka yang dilapisi jaring nilon. Bagian atap berfungsi untuk melindungi sensor dari *droplet* yang datang dari atas dan radiasi matahari. Tabung tertutup berfungsi melindungi sensor dari *droplet* yang datang dari arah samping. Tabung berlubang yang dilapisi jaring benang berfungsi untuk melindungi sensor dari *droplet* yang datang dari samping, serta sebagai rongga aliran udara.

1. Modifikasi RS-3 Tabung Rasio 1:1:3



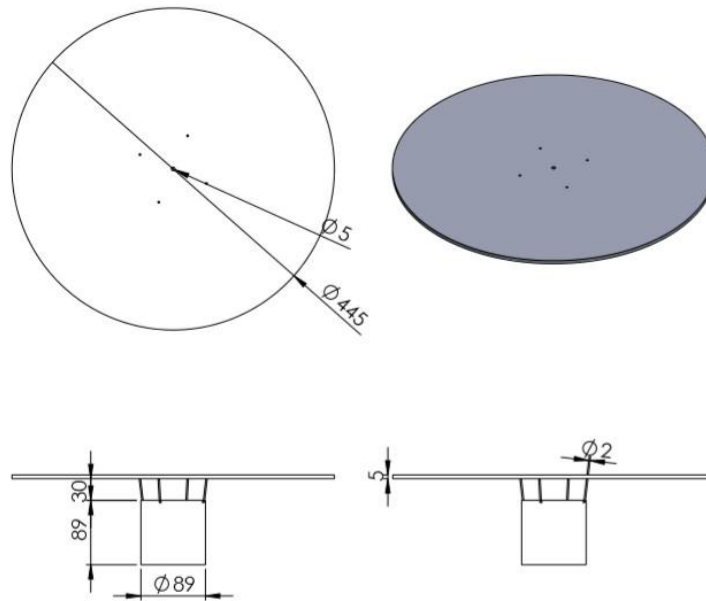
Gambar 5.
Modifikasi RS-3 Tabung Rasio 1:1:3

2. Modifikasi RS-3 Tabung Rasio 1:1:4



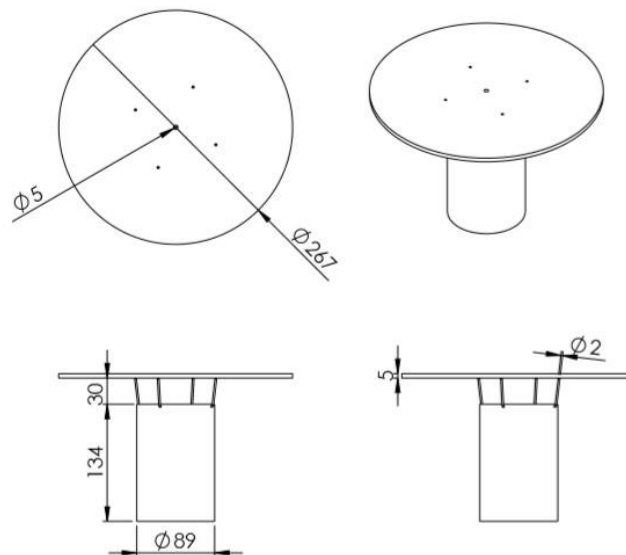
Gambar 6.
Modifikasi RS-3 Tabung Rasio 1:1:4

3. Modifikasi RS-3 Tabung Rasio 1:1:5



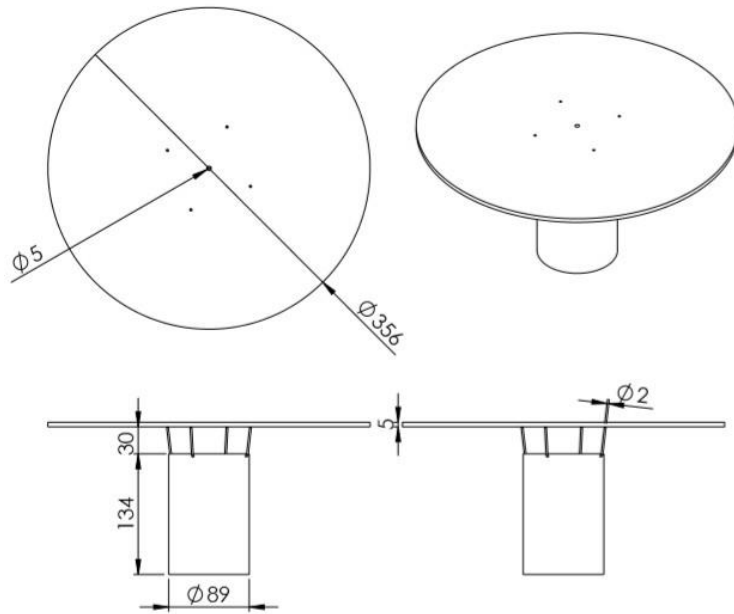
Gambar 7.
Modifikasi RS-3 Tabung Rasio 1:1:5

4. Modifikasi RS-3 Tabung Rasio 1:1.5:3



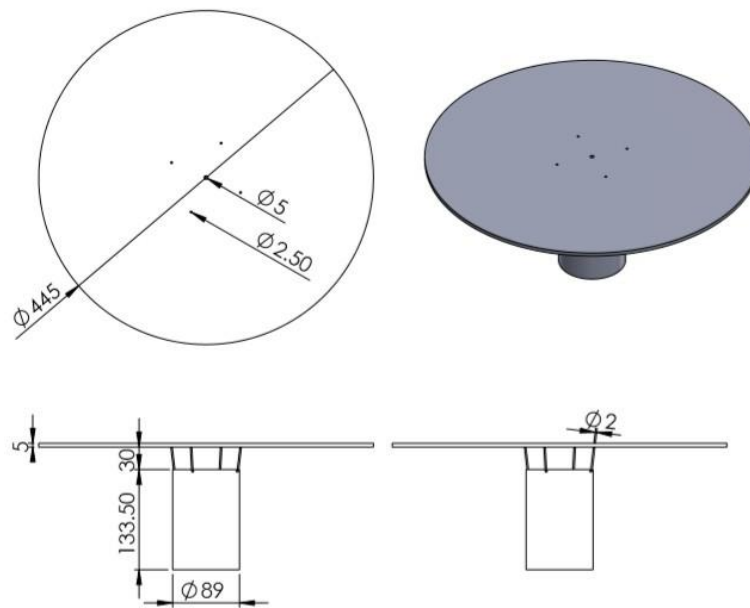
Gambar 8.
Modifikasi RS-3 Tabung Rasio 1:1.5:3

5. Modifikasi RS-3 Tabung Rasio 1:1.5:4



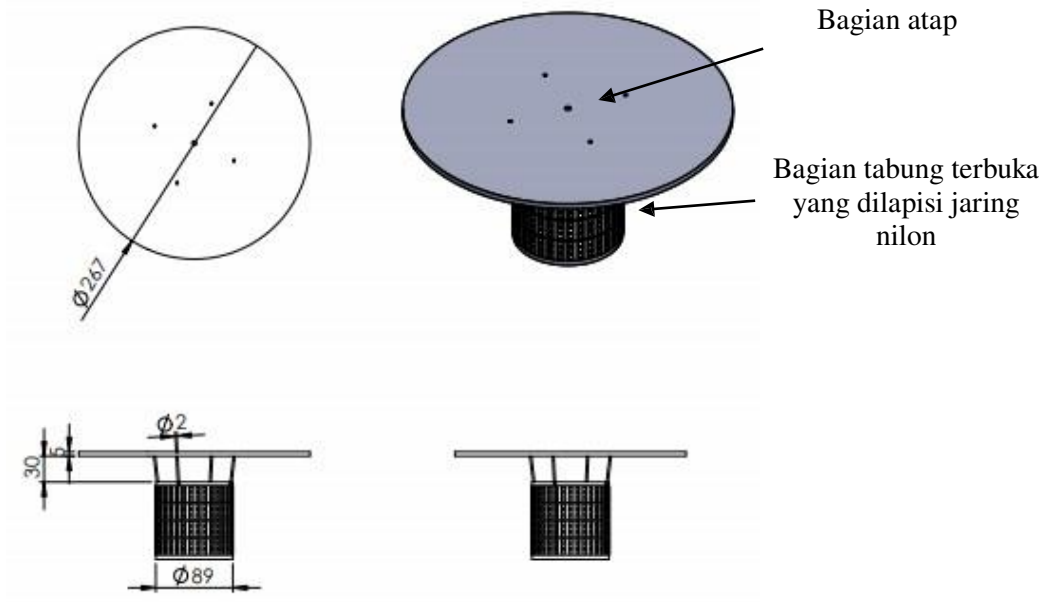
Gambar 9.
Modifikasi RS-3 Tabung Rasio 1:1.5:4

6. Modifikasi RS-3 Tabung Rasio 1:1.5:5



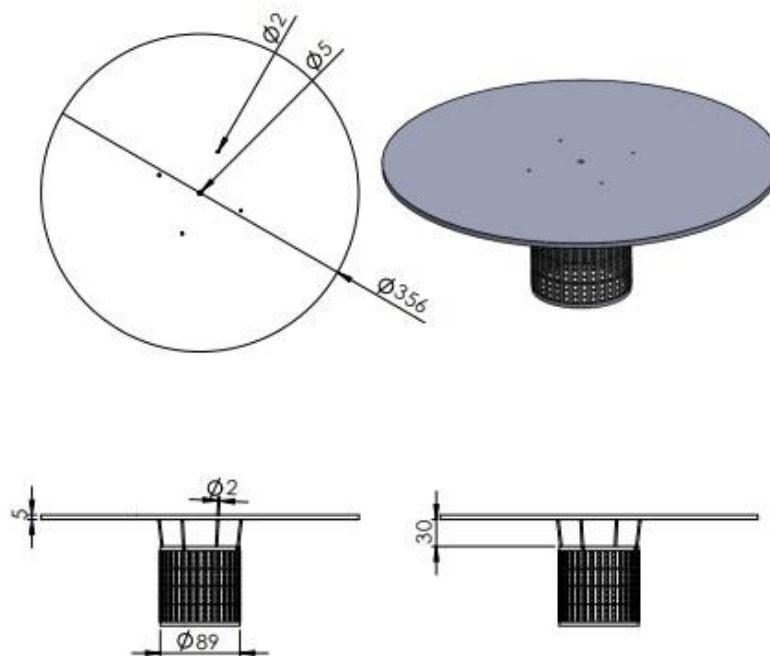
Gambar 10.
Modifikasi RS-3 Tabung Rasio 1:1.5:5

7. Modifikasi RS-3 Jaring Rasio 1:1:3



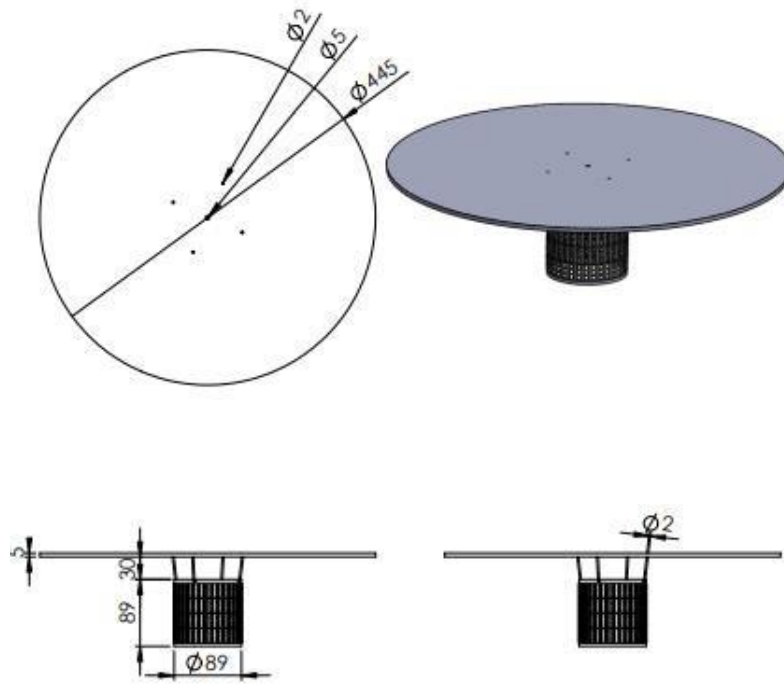
Gambar 11.
Modifikasi RS-3 Jaring Rasio 1:1:3

8. Modifikasi RS-3 Jaring Rasio 1:1:4



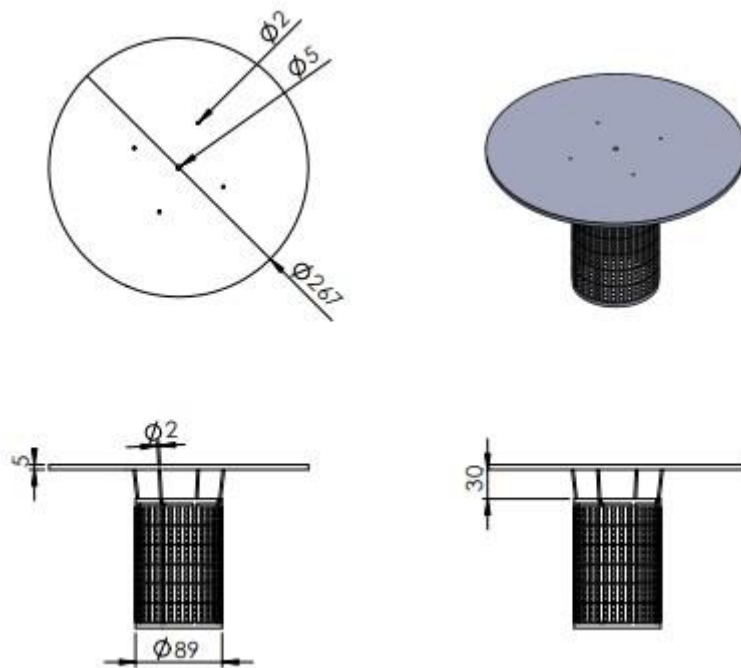
Gambar 12.
Modifikasi RS-3 Jaring Rasio 1:1:4

9. Modifikasi RS-3 Jaring Rasio 1:1:5



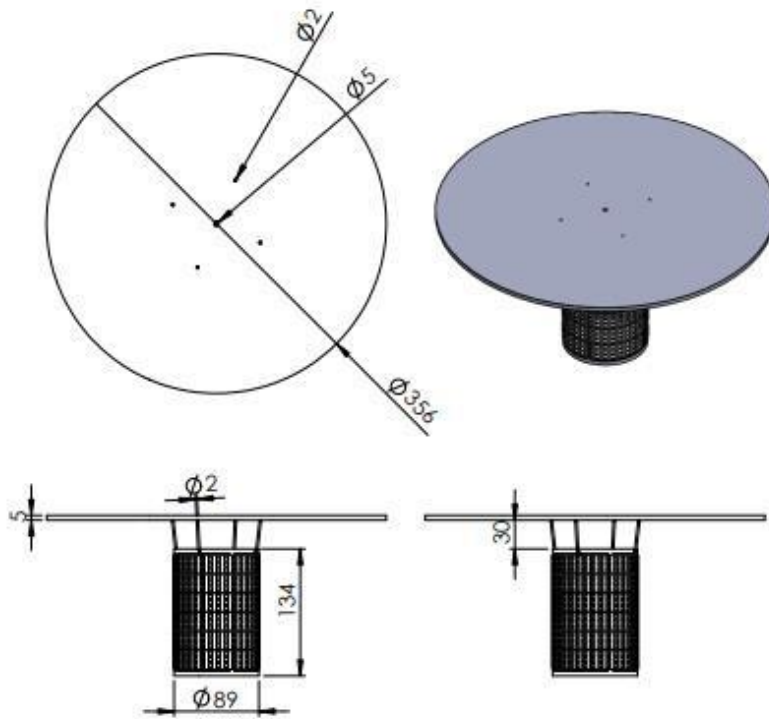
Gambar 13.
Modifikasi RS-3 Jaring Rasio 1:1:5

10. Modifikasi RS-3 Jaring Rasio 1:1.5:3



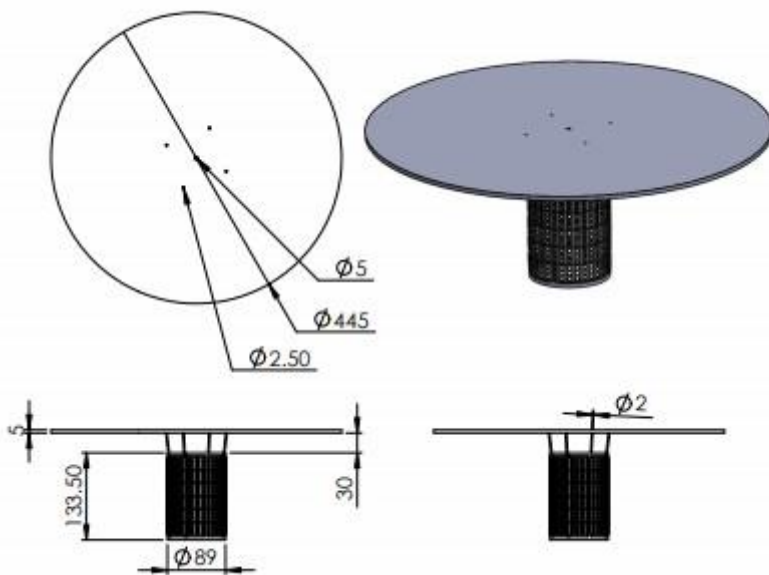
Gambar 14.
Modifikasi RS-3 Jaring Rasio 1:1.5:3

11. Modifikasi RS-3 Jaring Rasio 1:1.5:4



Gambar 15.
Modifikasi RS-3 Jaring Rasio 1:1.5:4

12. Modifikasi RS-3 Jaring Rasio 1:1.5:5



Gambar 16.
Modifikasi RS-3 Jaring Rasio 1:1.5:5

4.3 Penentuan Rumah Sensor Terbaik

4.3.1 Kriteria Penentuan

Kriteria yang digunakan bagi penentuan rumah sensor terbaik adalah sebagai berikut:

1. Melindungi sensor dari percikan *droplet* maupun paparan radiasi matahari; dan
2. Tidak menimbulkan stagnasi udara di dalam rumah sensor.

4.3.2 Rumah Sensor Terbaik

a. Rumah Sensor Tabung

Dari 6 buah rumah sensor yang menggunakan tabung dipilih 1 rumah sensor terbaik berdasarkan kriteria di atas, yaitu rumah sensor Modifikasi RS-3 Tabung Rasio 1:1:4. Bagian tabung rasio 1 (89 mm), cenderung meminimalisir terjadinya stagnasi udara dibandingkan dengan bagian tabung berukuran rasio 1.5 (134 mm), semakin besar tabung maka massa udara di dalam rumah sensor akan memakan waktu yang lama.

Pada penggunaan tabung rasio 5 (445 mm), pergerakan udara dari atas akan sedikit terhambat untuk mencapai bagian dalam rumah sensor, dan pada penggunaan rasio 3 (267 mm), diperkirakan sensor akan mengenai beberapa percikan *droplet* dari FCS karena terlalu kecilnya bagian atap dibandingkan dengan luas rangkaian FCS yang berada di dalam rumah kaca RK-D.



Gambar 17.

Pergerakan Udara pada Modifikasi RS-3 Tabung Rasio 1:1:4 b.

Rumah Sensor Jaring

Dari 6 buah rumah sensor yang menggunakan jaring dipilih 1 rumah sensor terbaik berdasarkan kriteria di atas, yaitu rumah sensor Modifikasi RS-3 Jaring Rasio 1:1.5:4. Bagian tabung rasio 1.5 (134 mm) cenderung meminimalisir terjadinya *droplet* mengenai sensor, karena *droplet* sebelum masuk pada bagian dalam rumah sensor akan terhalang oleh jaring-jaring nilon. Pada penggunaan rasio 1 (89 mm), percikan *droplet* cenderung lebih mudah mengenai sensor karena jaring nilon lebih sempit. Lalu yang kedua akan meminimalisir stagnasi udara di dalam rumah sensor, dengan menggunakan jaring, pergerakan keluar masuknya udara akan mudah dan tidak akan terhambat.

Sama halnya dengan tabung, pada penggunaan jaring nilon rasio 5 (445 mm), pergerakan udara dari atas akan sedikit terhambat untuk mencapai bagian dalam rumah sensor, dan pada penggunaan rasio 3 (267 mm), diperkirakan beberapa percikan droplet dari FCS akan mengenai sensor karena terlalu kecilnya bagian atap dengan rangkaian FCS yang berada di dalam rumah kaca RK-D.



Gambar 18.
Pergerakan Udara pada Modifikasi RS-3 Jaring Rasio 1:1.5:4

5. Kesimpulan, Implikasi, dan Keterbatasan

5.1 Kesimpulan

Rumah sensor tabung terbaik adalah Modifikasi RS-3 Tabung Rasio 1:1:4 karena memiliki naungan bagian atap dan bagian tabung yang ideal untuk meminimalisir terjadinya stagnasi udara di dalam rumah sensor dan melindungi dari percikan *droplet* dan paparan radiasi matahari, dan pada rumah sensor jaring terbaik adalah Modifikasi RS-3 Jaring Rasio 1:1.5:4 karena jaring-jaring nilon mampu mencegah terjadinya stagnasi udara di dalam rumah sensor dan melindungi dari percikan *droplet* dan paparan radiasi matahari

Referensi

- Jaedun, A. (2011). *Metodologi Penelitian Eksperimen*. Pusat Penelitian Pendidikan Dasar dan Menengah, Lembaga Penelitian Universitas Negeri Yogyakarta. Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta. Yogyakarta.
- Li, H. and S. Wang. (2015). *Technology and Studies for Greenhouse Cooling*. Scientific Research Publisher. Shanxi Agricultural University. Taigu.

IDENTIFIKASI POTENSI PENYEBAB KECELAKAAN KERJA PADA PERUSAHAAN PENGOLAHAN KAYU DI PT. JATI UNGGUL PUTRA SUKOHARJO

Rio Adhi Prakoso

Program Studi Teknik Industri,
Fakultas Teknik, Universitas Veteran
Bangun Nusantara

Email: masrioadhi@gmail.com

Maria Puspita Sari

Program Studi Teknik Industri,
Fakultas Teknik, Universitas Veteran
Bangun Nusantara

Email : puspitamaria20@gmail.com

Abstract: *Lack of awareness of the importance of implementing Occupational Safety and Health (K3). There are still many workers at PT. Jati Unggul Putra who still does not understand the use of tools and frequent work accidents, therefore it is necessary to hold training and conduct socialization about K3 in order to reduce the risk of work accidents. This research was conducted by observing directly to the production department of PT. Jati Unggul Putra. The production department is the main milestone of a company. PT. Jati Unggul Putra consists of 6 (six) production divisions where data is obtained in each production section, such as production mechanisms, raw materials, and data on work accident problems shows: (1) The potential cause of the highest occupational accident risk is that the operator does not use personal protective equipment such as safety shoes and gloves. (2) Alternative improvements that can be given to reduce work accidents from recurring are Engineering control and administrative control. Engineering control is carried out by exchanging equipment that is considered safer and the risk of accidents is smaller. While administrative control is carried out by streamlining the use of personal protective equipment and requiring workers to use personal protective equipment (PPE), providing more in-depth training and information on OHS, as well as conducting tighter supervision on the implementation of K3 in the company by providing sanctions for workers who violates or does not apply these regulations.*

Keywords : *Potention, Safety, Occupational health*

Abstrak: *Kurangnya kesadaran akan pentingnya penerapan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3). Masih banyak pekerja di PT. Jati Unggul Putra yang masih kurang memahami penggunaan alat dan sering terjadi kecelakaan kerja, maka dari itu perlu diadakannya pelatihan dan melakukan sosialisasi tentang K3 guna mengurangi resiko kecelakaan kerja. Penelitian ini dilakukan dengan meninjau langsung ke bagian produksi PT. Jati Unggul Putra. Bagian produksi merupakan tonggak utama dari sebuah perusahaan. PT. Jati Unggul Putra terdiri dari 6 (enam) bagian produksi yang mana di setiap bagian produksi diperoleh data, seperti mekanisme produksi, bahan baku, dan data mengenai permasalahan kecelakaan kerja. Hasil penelitian menunjukkan:(1)Potensi penyebab resiko kecelakaan kerja tertinggi yaitu operator tidak menggunakan alat pelindung diri seperti safety shoes dan sarung tangan.*

(2) Alternatif perbaikan yang dapat diberikan untuk mengurangi kecelakaan kerja terulang kembali adalah dengan Engineering control dan administrative control. Engineering control dilakukan penukaran peralatan yang dirasa lebih aman dan resiko kecelakaanya lebih kecil. Sedangkan administrative control dilakukan dengan mengefisienkan penggunaan alat pelindung diri dan mewajibkan pekerja untuk menggunakan alat pelindung diri (APD), memberikan pelatihan dan informasi yang lebih mendalam mengenai K3, serta melakukan pengawasan yang lebih ketat mengenai penerapan K3 di perusahaan dengan memeberikan sangsi bagi para pekerja yang melanggar atau tidak menerapkan peraturan tersebut.

Kata Kunci : *Potensi, Keselamatan, kesehatan kerja*

1. Pendahuluan

Kecelakaan merupakan peristiwa yang tidak dapat diduga atau tidak diharapkan terjadi. Peristiwa yang tidak dapat diduga dimaksudkan sebagai peristiwa yang terjadi tidak mengandung unsur kesengajaan atau tanpa direncanakan (Suma'mur, 1996). Kecelakaan kerja merupakan peristiwa kecelakaan yang berkaitan dengan hubungan kerja di perusahaan atau tempat bekerja. Definisi lain diungkapkan oleh Salam (2011) bahwa kecelakaan kerja menjadi sebuah peristiwa yang tidak diinginkan karena merugikan manusia, merusak harta benda, dan kerugian proses lainnya. Kecelakaan kerja tidak dapat dipersiapkan penanggulangan sebelumnya dan menyebabkan cedera yang nyata (World Health Organization). *Human error* menjadi factor yang dominan yang menyebabkan kecelakaan kerja.

Pada setiap industri manufaktur dalam proses produksinya terdapat permasalahan yang berkenaan dengan Ilmu Teknik Industri, peringkasan waktu *set up* dalam proses inspeksi adalah salah satu kegiatan yang penting karena dapat mengurangi waktu yang tidak produktif. Waktu *set up* yang terlalu lama dapat menyebabkan waktu tidak produktif dan pemborosan. Dengan banyaknya waktu tidak produktif tersebut sangat berpengaruh dalam produktivitas dan lingkungan kerja menjadi tidak kondusif. Selain itu kualitas produksi juga di pengaruhi oleh mesin yang digunakan untuk proses produksinya. Beberapa mesin di bagian pembahanan mempunyai beberapa kendala terkait perawatan mesin. Apabila mesin yang digunakan rusak maka akan menghambat proses produksi dan dampaknya target produksi dapat terhambat sehingga diperlukan perawatan mesin secara berkala atau *maintenance*. Dengan diadakannya *maintenance* maka kerusakan mesin dapat diminimalkan dan mesin akan terawat.

Titilia (2013) menyatakan bahwa pada tahun 2010 sebanyak 54.398 kasus kecelakaan kerja terjadi pada perusahaan kayu, tahun 2011 terjadi sebanyak 48.511 kasus, tahun 2012 sebanyak 53.319 kasus, dan tahun 2013 sebanyak 50.089 kasus. International Labour Organization (2006) menyatakan kerugian yang dialami karen akecelakaan kerja mencapai angka 4% dari GDP sebuah bangsa. Hal ini berarti bahwa pada skala industri kecelakaan dan penyakit yang diakibatkan karena kerja memicu kerugian sebesar 4% dari ongkos produksi berupa pemborosan terselubung yang nantinya mengurangi produktivitas dan mempengaruhi daya saing bangsa.

PT Jati Unggul Putra adalah salah satu perusahaan yang bergerak di bidang ekspor di Sukoharjo. PT Jati Unggul Putra menghasilkan produk yang berkualitas tinggi dan berbentuk klasik seperti kayu bangunan, kursi, meja, rak, kaja, almari, dan lain sebagainya. PT Jati Unggul Putra mengeksport produknya ke berbagai negara diantaranya adalah Amerika, Jerman, Greece, Spanyol, Afrika Selatan, Thailand, Singapore, Australia, dan sebagainya.

PT Jati Unggul Putra sangat memperhatikan mengenai proses produksi dalam menjaga kualitas produknya. Menurut Respati (2014) ketidakpatuhan pekerja dalam menggunakan alat pelindung diri (APD) juga dapat menyebabkan terjadinya kecelakaan di tempat kerja. Kemudian permasalahan yang ada di bagian proses produksi yaitu tidak tercapainya target produksi karena masih banyak pekerja yang kurang memahami penggunaan alat atau mesin, kurangnya pengetahuan pekerja tentang K3, perusahaan kurang maksimal dalam memberikan sosialisasi tentang K3 dan sering terjadi kecelakaan kerja di lantai produksi. Berdasarkan latar belakang tersebut maka perlu diadakan pelatihan dan melakukan sosialisasi tentang Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) dalam usaha mengurangi resiko kecelakaan kerja.

2. Kerangka Teoritis dan Pengembangan Hipotesis

2.1 Resiko

Definisi Resiko merupakan adanya kemungkinan, bahaya, kerugian, akibat kurang menyenangkan dari suatu perusahaan, usaha, dan sebagainya (Kamus Besar Bahasa Indonesia, 2005).

2.2 Keselamatan dan Kesehatan Kerja

Keselamatan kerja menjadi hak seluruh pekerja, yang seharusnya menjadi fokus utama dari perusahaan. Apabila keselamatan pekerja terjamin, para pekerja merasa aman, dan nyaman selama bekerja maka suatu kegiatan atau pekerjaan akan terlaksana dengan baik. Hal yang demikian dapat memberikan dampak yang baik bagi perusahaan.

Dalam pelaksanaan keselamatan kerja, terdapat sasaran – sasaran yang harus dicapai antara lain mencegah terjadinya kecelakaan, mencegah munculnya penyakit yang diakibatkan oleh pekerjaan, mencegah dan mengurangi resiko kematian, mencegah dan mengurangi resiko cacat permanen, menciptakan tempat kerja yang sehat, bersih, nyaman dan aman, meningkatkan produktifitas kerja tanpa memeras tenaga kerja, serta menjamin kehidupan produktifnya. Selain itu menurut Suma'mur (1981) terdapat tujuan keselamatan kerja antara lain melindungi tenaga kerja atas hak keselamatannya serta meningkatkan produktivitas nasional, menjamin keselamatan setiap orang lain di tempat kerja, sumber produksi dapat terpelihara dan digunakan secara aman dan efisien.

2.3 Kecelakaan Kerja

Definisi dari kecelakaan adalah kejadian tak terduga atau tidak diharapkan. Menurut Suma'mur (1996), kejadian yang tak terduga adalah peristiwa yang terjadi tidak terdapat unsur-unsur kesengajaan atau suatu tanpa perencanaan. Kecelakaan kerja berhubungan langsung dengan pekerjaan pada perusahaan.

Man, machine, media, management adalah faktor-faktor yang memiliki kontribusi terjadinya kecelakaan kerja (Brauer, 1990). *Man* meliputi umur, gender, kemampuan, keterampilan, training yang diikuti, kekuatan, motivasi, keadaan emosi. *Machine* adalah ukuran, bobot, sumber energy, tipe gerakan mesin. *Media* mencakup lingkungan kerja seperti suhu, kebisingan, getaran gedung, ruang kerja dan *management* mencakup konteks bagi ketiga factor tersebut berada dan dijalankan, yang tersusun atas struktur organisasi, komunikasi, kebijakan dan prosedur yang dijalankan perusahaan.

3. Metode Penelitian

Penelitian dilakukan dengan mengamati langsung ke bagian produksi PT. Jati Unggul Putra. Bagian produksi sebagai tonggak utama perusahaan. PT. Jati Unggul Putra terdiri dari 6 (enam) bagian produksi yang mana di setiap bagian produksi diperoleh data, seperti mekanisme produksi, bahan baku, dan data mengenai permasalahan kecelakaan kerja yang diperoleh melalui interview dengan pengawas lapangan dan seluruh operator selama proses produksi berlangsung.

4. Hasil

Studi lapangan dilakukan dengan meninjau langsung ke bagian produksi PT. Jati Unggul Putra. Bagian produksi merupakan tonggak utama dari sebuah perusahaan. PT. Jati Unggul Putra terdiri dari 6 (enam) bagian produksi yang mana di setiap bagian produksi diperoleh data, seperti mekanisme produksi, bahan baku, dan data mengenai permasalahan kecelakaan kerja yang diperoleh melalui interview dengan pengawas lapangan dan seluruh operator selama proses produksi berlangsung.

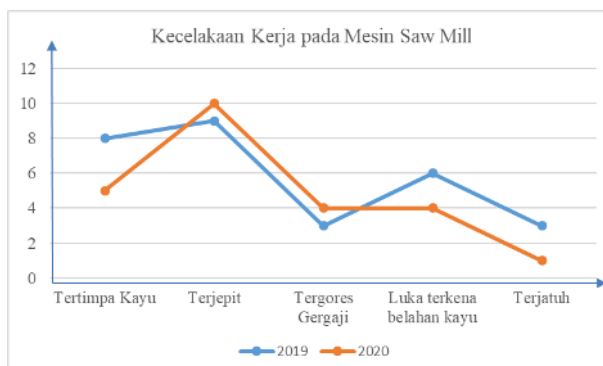
Pengumpulan data dengan mengumpulkan data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh dengan melakukan pengamatan secara langsung ke bagian produksi PT. Jati Unggul Putra. Data sekunder adalah data yang dikumpulkan dari pengumpulan data historis kecelakaan kerja yang terjadi pada PT. Jati Unggul Putra pada tahun 2019-2020, dan data aliran produksi perusahaan.

Pengolahan data dilakukan terhadap data-data yang didapatkan selama melakukan penelitian di PT. Jati Unggul Putra. Pengolahan data dilakukan dengan melakukan identifikasi terhadap potensi yang menyebabkan terjadinya resiko kecelakaan kerja, dan dilakukan penilaian terhadap resiko yang telah diidentifikasi tersebut. Selanjutnya dilakukan analisis faktor penyebab dengan menggunakan *fishbone diagram*. Setelah faktor-faktor penyebab tersebut diketahui maka disusun dan dirumuskan alternatif perbaikan dan pencegahan untuk mengurangi resiko kecelakaan kerja yang terjadi sehingga kecelakaan kerja yang sama tidak terjadi kembali di masa yang akan datang.

Tabel 1.2
Data Kecelakaan Kerja PT. Jati Unggul Putra tahun 2019-2020

No	Stasiun Kerja Rawan Kecelakaan	Jenis Kecelakaan	Tahun		Total
			2019	2020	
1	Mesin Saw Mill	Luka terkena tertimpa kayu	8	5	13
		Terjepit	9	10	19
		Luka terkena tergores gergaji	3	4	7
		Luka terkena belahan kayu	6	4	10
		Terjatuh	3	1	4
Total Keseluruhan			29	24	53
2	Mesin Band Saw	Terjepit	3	2	5
		Luka karena goresan gergaji	4	2	6
		Luka terpotong gergaji	3	2	5
		Total Keseluruhan	10	6	16
3	Mesin Mourtisser	Terjepit	9	7	16
		Luka terkena mata boor	3	1	4
		Total Keseluruhan	12	8	20

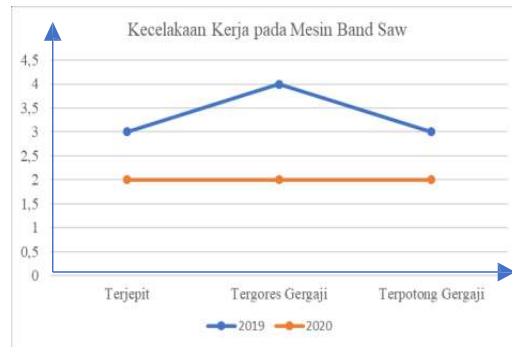
Histogram kecelakaan kerja tersebut disajikan dalam bentuk diagram garis yang dibagi berdasarkan jenis kecelakaan yang terjadi, seperti terlihat pada Gambar 1, Gambar 2 dan Gambar 3.



Gambar 1.
Data Kecelakaan Kerja pada Mesin Saw Mill

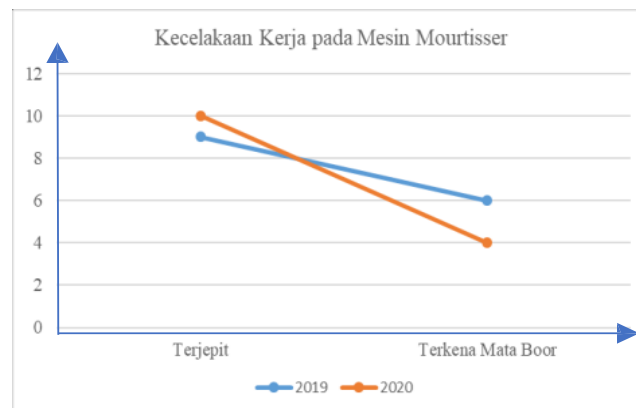
Dari histogram yang telah ditunjukkan pada **Gambar 1**. tampak bahwa jenis kecelakaan kerja yang sering terjadi pada Mesin Saw Mill adalah terjepit sejumlah 9 kali pada tahun 2019 dan 10 kali pada tahun 2020. Kemudian tertimpa kayu sejumlah 8 kali pada tahun 2019 dan terjadi penurunan pada tahun 2020 yaitu menjadi 5 kali, luka terkena belahan kayu sejumlah 6 kali pada tahun 2019 dan 4 kali

pada tahun 2020, Tergores gergaji sejumlah 3 kali pada tahun 2019 dan 4 kali pada tahun 2020, dan yang paling jarang terjadi yaitu terjatuh sejumlah 3 kali pada tahun 2019 dan 1 kali pada tahun 2020. Mourtisser adalah terjepit sejumlah 10 kali pada tahun 2019 dan 9 kali pada tahun 2020, kemudian terkena mata boor sejumlah 6 kali pada tahun 2019 dan 4 kali pada tahun 2020.



Gambar 2.
Data Kecelakaan Kerja pada Mesin Band Saw

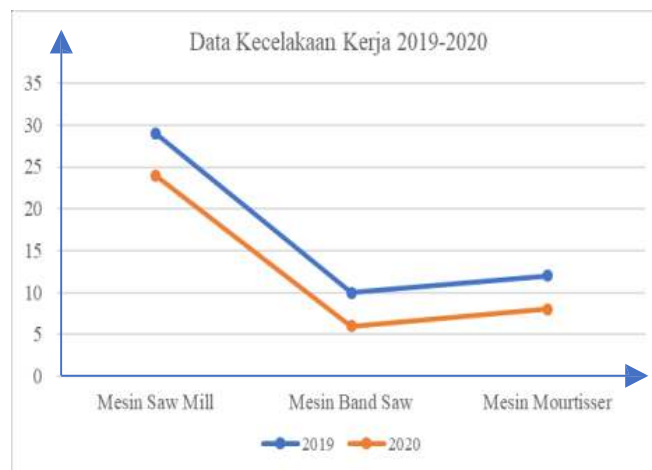
Dari histogram yang ditunjukkan pada **Gambar 2** terlihat bahwa jenis kecelakaan kerja yang sering terjadi pada Mesin Band Saw tahun 2019 adalah tergores gergaji sejumlah 4 kali, kemudian terjepit sejumlah 2 kali dan terpotong gergaji sejumlah 2 kali. Terjadi penurunan disetiap jenis kecelakaan kerja pada Mesin Band Saw di tahun 2020 yaitu terjepit sejumlah 2 kali, tergores gergaji sejumlah 2 kali dan terpotong gergaji sejumlah 2 kali.



Gambar 3
Data Kecelakaan Kerja pada Mesin Mourtisser

Dari histogram yang ditunjukkan pada **Gambar 3** berikut dapat dilihat bahwa jenis kecelakaan kerja yang sering terjadi pada Mesin Mourtisser tahun 2019 adalah kasus terjepit sebanyak 9 kasus dan kasus terkena mata bor sebanyak 6 kasus. Tahun 2020 terjadi sebanyak 10 kasus terjepit dan 4 kasus

terkena mata bor. Total kecelakaan kerja yang terjadi pada Mesin Saw Mill, mesin Band Saw dan mesin Mourtisser sepanjang tahun 2019 sampai tahun 2020 terlihat pada Gambar 4.



Gambar 4
Data Kecelakaan Kerja tahun 2019-2020

Berdasarkan data kecelakaan kerja pada **Gambar 4** dapat disimpulkan bahwa Mesin Saw Mill merupakan stasiun kerja yang paling banyak menimbulkan kecelakaan yaitu sejumlah 29 kali pada tahun 2019 dan 24 kali pada tahun 2020. Kemudian Mesin Mourtisser sejumlah 10 kali pada tahun 2019 dan 6 kali pada tahun 2020, serta Mesin Band Saw yang paling sedikit menimbulkan kecelakaan kerja yaitu sejumlah 12 pada tahun 2019 dan 8 pada tahun 2020.

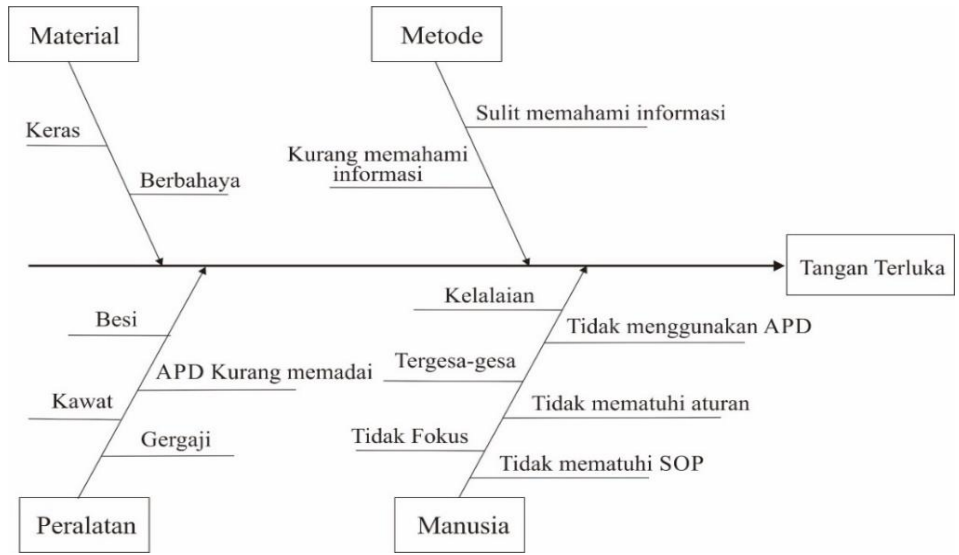
Aktifitas yang dilakukan pada unit produksi adalah aktifitas yang memiliki resiko kecelakaan kerja paling besar. Maka dari itu perlunya penggunaan alat pelindung diri guna menjaga operator terhadap potensi bahaya. Sarung tangan (*gloves*), *safety shoes* dan masker merupakan alat pelindung diri yang sangat bermanfaat pada unit produksi ini. Hal ini disebabkan karena aktifitas produksi yang dilakukan sangat beresiko sehingga menyebabkan tangan dan kaki operator menjadi terluka serta menyebabkan gatal-gatal pada wajah operator. Potensi bahaya yang demikian tidak dihiraukan oleh operator. Masih ada operator yang mengabaikan dengan tidak menggunakan APD. Pada proses pengangkatan, operator hanya menggunakan *safety shoes*, dan saat bekerja tidak mau menggunakan APD sama sekali. Identifikasi potensi penyebab resiko kecelakaan kerja seperti tampak pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1.

Identifikasi Potensi Penyebab Resiko Kecelakaan Kerja		
No	Potensi	Efek
1	Operator tidak menggunakan sarung tangan	Tangan terluka
2	Operator tidak menggunakan <i>safety shoes</i>	Kaki terluka Terjatuh
3	Operator tidak menggunakan masker	Gatal-gatal Batuk- batuk

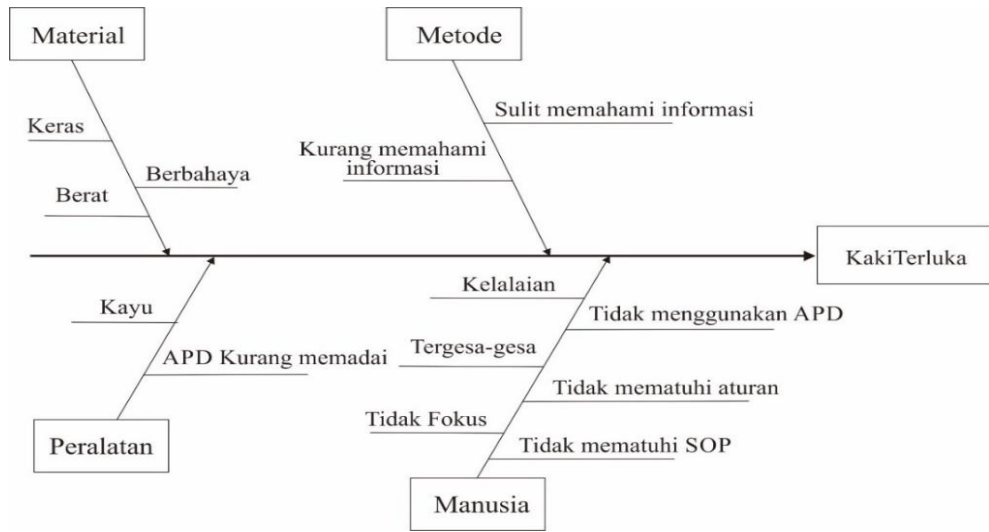
Penerapan Sistem manajemen kesehatan dan keselamatan kerja (SMK3) di PT Jati Unggul Putra dapat dikatakan baik sebab telah tersedia SOP (*Standard Operasional Procedure*) yang dapat membantu para pekerja menjalankan aktivitasnya dengan baik dan aman, serta demi keamanan pekerja agar terhindar dari resiko kecelakaan kerja. Akan tetapi masih terdapat pekerja yang tidak mematuhi aturan yang telah dibuat oleh perusahaan tersebut, contohnya penggunaan alat pelindung diri (APD) yang belum sesuai.

Dalam mengidentifikasi faktor- faktor penyebab kecelakaan kerja dengan menggunakan *Fishbone Diagram*. Dalam pembuatan *fishbone diagram*, faktor penyebab yang menjadi perhatian yaitu material, metode, manusia, lingkungan kerja dan peralatan. *Fishbone diagram* untuk kecelakaan kerja pada tangan di bagian produksi PT Jati Unggul Putra tampak pada **Gambar 5** berikut.



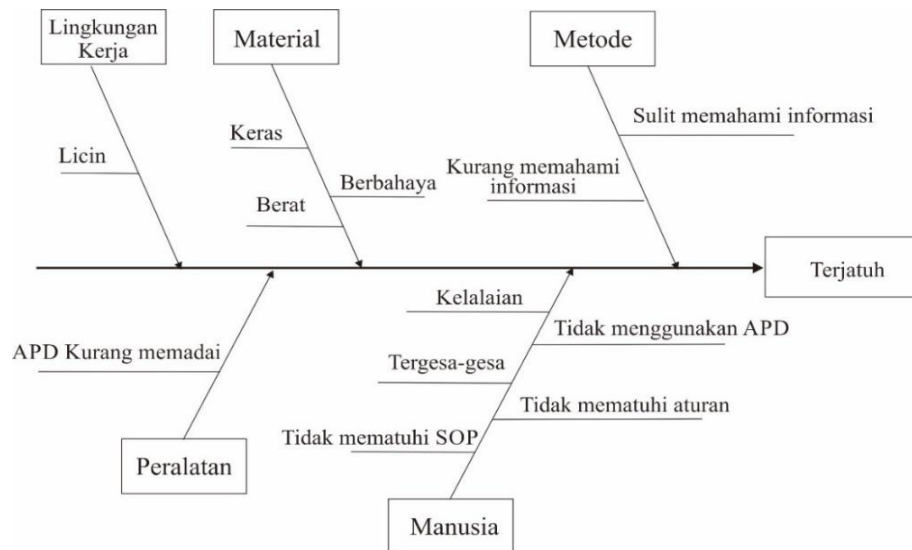
Gambar 5.
Fishbone Diagram Kecelakaan Kerja pada Tangan

Faktor-faktor penyebab kecelakaan kerja pada operator yang tidak menggunakan *safety shoes* yang menyebabkan kaki terluka dan terjatuh dapat dilihat pada **Gambar 6**.



Gambar 6.
Fishbone Diagram Kecelakaan Kerja pada Kaki

Faktor-faktor penyebab kecelakaan kerja yang menyebabkan operator menjadi terjatuh dapat dilihat pada **Gambar 7**.



Gambar 7.
Fishbone Diagram Kecelakaan Kerja Terjatuh

4.2 Pembahasan

Berdasarkan pada pengolahan yang dilakukan pada tahap sebelumnya dapat diketahui bahwa penyebab kecelakaan kerja adalah adanya operator yang tidak menggunakan sarung tangan, operator tidak menggunakan *safety shoes*, operator tidak menggunakan masker. Ketiga potensi yang menyebabkan kecelakaan kerja tersebut menjadi fokus utama dalam mengurangi kecelakaan kerja yang terjadi. Tindakan operator yang tidak menggunakan sarung tangan dan *safety shoes* memiliki nilai resiko terbesar.

Berbagai upaya perbaikan yang dapat dilakukan untuk meminimalisir jumlah kecelakaan kerja akibat dari potensi tersebut.

1) Engineering Control

Engineering control meliputi perbaikan terhadap peralatan-peralatan yang digunakan pada proses produksi, seperti plat besi. Plat besi perlu diperbaiki karena merupakan salah satu peralatan terbesar yang dapat memicu kecelakaan kerja. Bagian runcing yang terdapat pada ujung plat besi serta plat besi yang ada memiliki bobot yang cukup berat. Oleh karena itu perlu dilakukan penukaran peralatan yang dirasa lebih aman dan resiko kecelakaanya lebih kecil

2) Administrative Control

Administrative control dapat dilakukan dengan cara perbaikan terhadap alat pelindung diri pada PT Jati Unggul Putra sudah tersedia namun kurang memadai dan belum digunakan secara efisien, sehingga

kecelakaan kerja yang ditimbulkan karena operator tidak menggunakan APD masih terjadi. Manager perusahaan perlu mengefisienkan dan mewajibkan pekerjanya menggunakan APD. Hal ini sangat penting diterapkan agar pekerja dapat terhindar dari kecelakaan kerja, sebab alat pelindung diri mampu menjaga pekerja dari potensi- potensi yang mampu memicu terjadinya kecelakaan kerja. Pengendalian ini sejalan dengan penelitian Purnamasari (2020) dengan memberikan instruksi agar berhati-hati dalam bekerja dan arahan tentang penggunaan APD berupa sarung tangan yang berfungsi melindungi tangan dan menyediakan sarung tangan bagi pekerja.

Informasi dan pelatihan mengenai K3 pada PT Jati Unggul Putra sudah dijalankan, dibuktikan dengan adanya pelatihan mengenai K3 dan poster- poster tentang K3 di sekitar lokasi perusahaan. Meski sudah diterapkan namun pelatihan dan informasi tersebut belum efisien sebab pelatihan hanya dilakukan sekali yaitu pada saat pekerja baru pertama kali bekerja di perusahaan. Penempelan poster juga belum pada tempat bagian kerja yang memiliki resiko kecelakaan kerja besar. Sebaiknya perusahaan memberikan pelatihan dan informasi yang lebih mendalam mengenai K3 agar pekerja lebih berhati-hati serta mengutamakan keselamatannya ketika dalam bekerja.

PT Jati Unggul Putra merupakan perusahaan yang memperhatikan terhadap kesehatan dan keselamatan kerja para pekerjanya. Hal ini dibuktikan dengan adanya kerjasama perusahaan dengan pihak Asuransi Kesehatan guna memberikan jaminan bagi pekerjanya dan dengan adanya standar operasional prosedur (SOP) yang diberikan perusahaan sehingga penerapan K3 oleh perusahaan dapat dikatakan baik. Namun, apabila penerapan hanya dilakukan oleh pihak perusahaan saja, tanpa tindakan aman yang dilakukan para pekerja, tentu resiko kecelakaan kerja tetap dapat terjadi. Perusahaan sebaiknya melakukan pengawasan yang lebih ketat mengenai penerapan K3 di perusahaan dengan memberikan sanksi para pekerja yang melanggar atau tidak menerapkan praturan tersebut. Sehingga pekerja menjadi lebih taat dengan peraturan yang ada. Serta diberikanya peralatan penunjang penerapan K3 pada perusahaan seperti kamera CCTV yang digunakan untuk mengawasi para pekerja, dan adanya sirine yang mampu memberi tahu pihak perusahaan mengenai kecelakaan kerja yang terjadi.

5. Kesimpulan , Implikasi, dan Keterbatasan

Adapun kesimpulan yang dapat diberikan mengenai Penerapan Keselamatan dan kesehatan kerja di PT. Jati Unggul Putra :

1. Potensi terbesar penyebab resiko kecelakaan kerja yaitu operator yang tidak menggunakan alat pelindung diri seperti *safety shoes* dan sarung tangan.
2. Usulan perbaikan yang dapat diberikan agar mengurangi angka kecelakaan kerja terulang kembali adalah Tindakan *Engineering control* dan *administrative control*. *Engineering control* dilakukan dengan penukaran peralatan yang dirasa lebih aman dan resiko kecelakaanya lebih

kecil. Sedangkan *administrative control* dilakukan dengan mengefisienkan penggunaan alat pelindung diri dan mewajibkan bagi para pekerja untuk menggunakan alat pelindung diri (APD) dengan benar, memberikan pelatihan dan informasi yang lebih mendalam terkait K3 dan penerapannya di perusahaan, serta melakukan pengawasan yang ketat terhadap penerapan K3 di perusahaan dengan memberikan sanksi bagi para pekerja yang melanggar atau tidak menerapkan peraturan tersebut.

Berikut merupakan keterbatasan yang terdapat dalam penelitian ini :

1. Data yang digunakan kurang dari 2 tahun. Rentang waktu penelitian sebaiknya diperpanjang sehingga data mengenai stasiun kerja dengan kecelakaan kerja menjadi lebih lengkap.
2. Perusahaan sebaiknya memperbanyak jumlah alat pelindung diri seperti *safety shoes*, sarung tangan , masker dan lain-lain.

Daftar Pustaka

- Brauer, R.M. 1990. *Safety and Health for Engineers*. New York: Van Nostrand Reinhold
- Purnamasari, A.W., 2020. Identifikasi Potensi Bahaya Keselamatan dan Kesehatan kerja pada Proses Produksi. Vol 1.
- Respati, Rida. 2014. Analisis Keselamatan dan Kesehatan Kerja pada Paket Pekerja Pembangunan Jalan Lingkar Luar Kota Palangkaraya. Vol 3, No. 1.
- Salam M. A., 2011. Kesehatan & Keselamatan Kerja dan Hukum Perburuhan di Indonesia. Politeknik Negeri Malang.
- Suma'mur. 1996. *Keselamatan Kerja dan Pencegahan Kecelakaan*. Jakarta: CV. Haji Masagung
- Titilia, M. 2014. Hubungan Tingkat Pengetahuan dan Pendidikan Pekerja Terhadap Penggunaan Alat Pelindung Diri. Vol 4, No.1.

MENGUKUR TINGKAT RESIKO CIDERA GURU BIMBINGAN KONSELING MENGUNAKAN METODE NORDIC BODY MAP (NBM) DI SMK BATIK 1 SURAKARTA

Rachmawan Dwi Rhomadhon, Nancy Oktyajati, Sri Mayasari
Teknik Industri. Fakultas Teknik. Universitas Islam Batik Surakarta.
Email : rachmawandwiramadhan1998@gmail.com, oktyajati.nancy@gmail.com

Abstract

In this research study is about measuring the level of risk of injury to counseling guidance teachers using the NBM (Nordic Body Map) method at smk batik 1 surakarta. Those who experience complaints in the spine or back when doing a work activity due to a lack of ergonomics in their seats often experience muscle pain in the back, arms, legs, wrists, and neck. Counseling guidance teacher is a job that is on the part of the school whose activities are to improve student discipline towards learning. The purpose of this study is to show the results that there are 7 segments of pain complaints such as the upper neck, left shoulder, right shoulder, left upper arm, back, right upper arm, and buttocks. So that if these activities are carried out repeatedly which results in uncomfortable work postures, and sometimes lack of focus when carrying out these activities, these are supporting such as temporary complaints and permanent complaints.

Keyword : ergonomi, musculoskeletal disorder, nordic body map

Abstrak

Pada study penelitian ini adalah tentang mengukur tingkat resiko cedera guru bimbingan konseling menggunakan metode NBM (Nordic Body Map) di smk batik 1 surakarta. Yang mengalami keluhan pada tulang belakang atau punggung pada saat mengerjakan suatu aktivitas pekerjaan yang dikarenakan tempat duduknya yang kurang ergonomi yang sering kali mengalami nyeri otot pada bagian tubuh dibagian punggung, lengan, kaki, pergelangan tangan, dan leher. Guru bimbingan konseling merupakan suatu pekerjaan yang berada pada bagian sekolah yang beraktivitas meningkatkan kedisiplinan siswa terhadap pembelajaran. Tujuan dari penelitian ini yaitu menunjukkan hasil bahwa keluhan sakit ada 7 segmen seperti leher bagian atas, bahu kiri, bahu kanan, lengan atas kiri, punggung, lengan atas kanan, dan pantat. Sehingga jika aktivitas tersebut dilakukan secara berulang-ulang yang mengakibatkan postur kerja kurang nyaman, dan terkadang kurang fokus saat melakukan aktivitas hal tersebut penunjang seperti keluhan sementara dan keluhan menetap.

Kata kunci : ergonomi, musculoskeletal disorder, nordic body map

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Ergonomi merupakan studi tentang aspek manusia dalam lingkungan kerja yang ditinjau secara anatomi, fisiologi, psikologi, engineering, manajemen dan perencanaan atau design (Nurmianto, 1996). Peran ergonomi dalam perancangan sangat penting dalam hal meningkatkan keselamatan dan kesehatan kerja. Pada proses pekerjaan di lapangan masih banyak terjadi kecelakaan kerja pada pekerja dikarenakan kurangnya perhatian tenaga kerja akan posisi kerja guru bimbingan konseling saat melakukan pekerjaan. Salah satu keluhan yang menjadi penilaian adalah nyeri pada tulang belakang atau punggung. Saat dalam mengerjakan suatu aktivitas pekerja seringkali mengalami keluhan dalam posisi postur duduk yang kurang nyaman saat duduk berlama-lama dalam menyelesaikan suatu tugas yang di jalannya, dikarenakan tempat duduknya yang kurang ergonomi oleh karena permasalahan tersebut guru pembimbing konseling sering kali mengalami nyeri otot pada bagian tubuh dibagian punggung, lengan, kaki, pergelangan tangan, dan leher.

Keluhan siksaa dapat terjadi meskipun kekuatan yang diberikan ringan dan tindakan kerja dapat diterima. Masalah otot rangka yang membahayakan otot, saraf, ligamen, tendon, sendi, ligamen, dan pelat intervertebralis. Membahayakan otot sebagai ketegangan otot. Sedangkan kerugian yang terdapat dapat berupa luka, faktor miniatur, patah atau luka (Merulalia, 2010). Latihan yang dilakukan sambil bekerja dengan tingkat redundansi yang tinggi dapat merusak jaringan tubuh sehingga dapat menimbulkan rasa nyeri dan tidak nyaman pada otot.

Kelelahan terbagi menjadi 2 khususnya, kelemahan umum dan kelelahan otot. Kelelahan otot dapat digambarkan dengan kejengkelan atau sebagai keluhan muskuloskeletal. Masalah muskuloskeletal dipengaruhi oleh beberapa komponen (kekuatan, pose, aktivitas monoton, rentang waktu melakukan tugas), namun beberapa juga dapat terjadi karena beban sendi dan otot yang tidak wajar (Bridger, R.S, 2003).

Penelitian ini dilakukan untuk mengukur tingkat risiko cedera pada guru bimbingan konseling dengan metode NBM (Nordic Body Map) di SMK Batik 1 Surakarta. Kroemer (2001) NBM dimaksudkan untuk mengetahui lebih detail bagian-bagian tubuh yang mengalami gangguan atau nyeri saat bekerja. Dengan NBM, dimungkinkan untuk mengidentifikasi dan memberikan penilaian terhadap keluhan nyeri yang dialami. Kuesioner Nordic Body Map merupakan kuesioner yang paling sering digunakan untuk mengetahui ketidaknyamanan pekerja karena sudah baku dan tersusun rapi.

Diketahui bahwa pekerja di guru bimbingan konseling mengalami gangguan posisi duduk yang kurang nyaman dikarenakan kursi yang tidak begitu ergonomi untuk di duduki pada saat bekerja berlama-lama saat mengerjakan tugasnya dengan duduk di kursi dan mengakibatkan sikap duduk yang kurang nyaman itu dilakukan terus menerus pada saat bekerja seperti mengerjakan perihalnya mendata siswa dengan merekap data tersebut, merekam catatan individu siswa dan episode siswa yang diselesaikan oleh 200 guru pembimbing siswa (ada 3 guru pembimbing pembimbing), memanggil siswa di suatu tempat sekitar 5-10 siswa untuk dimintai hambatan selama pembelajaran berbasis web, dan mengumpulkan informasi siswa yang memiliki masalah atau tidak dengan salam pembelajaran berbasis web. oleh sebab itu guru bimbingan konseling mengalami kelelahan dibagian sekitar punggung, lengan, kaki, pergelangan tangan, dan leher.

Sesuatu yang mengenali strategi NBM dari berbagai strategi adalah bahwa teknik ini memperkirakan bagian tubuh spesialis dengan memusatkan perhatian pada semua bagian tubuh pekerja yang diandalkan memiliki opsi untuk mengurai potensi keberatan siksaa di tubuh pekerja. Pekerjaan manual masih sering dijumpai pada latihan kerja yang berbeda. Pekerjaan manual yang dilakukan lebih dari satu kali atau membosankan dengan perkembangan pekerjaan yang suram dan jam kerja yang panjang dapat menyebabkan kelemahan kerja. Otot adalah organ yang sangat diperlukan yang bertanggung jawab untuk menciptakan perkembangan dalam tubuh. Semua perkembangan dalam tubuh, baik perkembangan yang disadari maupun yang bersifat wajib, dibatasi oleh otot. Otot-otot dalam tubuh akan menghantarkan panas yang berguna untuk menjaga tubuh tetap hangat dan menjaga aliran darah tetap mengalir sesuai rencana. Otot dapat berkontraksi, bersantai, tumbuh dan tersedak, dengan mempertimbangkan banyak perkembangan tubuh (Rahdiana, 2017). Hal ini sesuai dengan penelitiannya yang berjudul **MENGUKUR TINGKAT RESIKO CIDERA**

GURU BIMBINGAN KONSELING MENGGUNAKAN METODE NBM (NORDIC BODY MAP) DI SMK BATIK 1 SURAKARTA yang dilakukan Di SMK BATIK 1 SURAKARTA.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan rumusan masalah yang ditentukan yaitu bagaimana mengukur tingkat resiko kerja Guru Bimbingan Konseling di SMK BATIK 1 SURAKARTA dengan menggunakan metode Nordic Body Map?

1.3 Batasan Masalah

Pada penelitian ini ada beberapa batasan masalah yang diberikan agar penelitian lebih terarah, sebagai berikut:

1. Dalam penelitian ini yang digunakan yaitu hasil rekapitulasi tingkat keluhan dengan meminta data sebenarnya dari Guru Bimbingan Konseling di Smk Batik 1 Surakarta.
2. Sikap posisi yang diambil saat bekerja hanya pada saat melakukan pendataan siswa.
3. Guru bimbingan konseling pada kondisi normal.

1.4 Tujuan Penelitian

Dimana tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengukur tingkat resiko cedera keluhan yang diterima oleh Guru Bimbingan Konseling dalam contoh lembar kerja kuesioner yang diteliti.

- a) Untuk memutuskan tingkat bahaya cedera pada pendidik pengarah.
- b) Mengurangi keluhan saat duduk.
- c) Mengarahkan tempat duduk yang nyaman agar tidak terjadi kelelahan saat duduk.
- d) Untuk mencegah hal-hal yang akan diketahui sebelumnya.
- e) Bertujuan untuk memberikan nasihat yang terbaik.

1.5 Manfaat Penelitian

Berikut manfaat dari hasil penelitian ini yaitu:

1. Bagi Penulis
 - a) Untuk menambah wawasan dan pengetahuan untuk sekolahan.
 - b) Sebagai sarana untuk melakukan teori yang sudah didapat oleh penulis saat kuliah.
2. Bagi Sekolahan
 - a) Sebagai bahan pertimbangan bagi sekolahan.
 - b) Sebagai dasar kepala sekolah dalam mengambil keputusan dalam menentukan kebijakan-kebijakan.

2. Tinjauan Pustaka

Pada bab ini menjelaskan mengenai gambaran umum dari sekolahan dan landasan teori yang mendukung dan terkait langsung dengan penelitian yang akan dilaksanakan dari buku, studi penelitian terdahulu dan sumber-sumber literature lainnya.

2.1 Landasan Teori

Pada sub bab ini menjelaskan tentang mengenai landasan teori untuk acuan dan teori-teori pendukung dari penelitian yang akan dilakukan pada level pengolahan data. Teori-teori nya yaitu definisi ergonomi, *Nordic Body Map* (NBM) dan teori tentang REBA untuk menganalisis postur kerja pada penelitian.

1. Ergonomi

Istilah ergonomi berasal dari bahasa Latin *ergos* (kerja) dan *nomos* (hukum normal) dan dapat dicirikan sebagai penyelidikan sudut pandang manusia di tempat kerja yang dianalisis dalam sistem kehidupan, fisiologi, ilmu otak, perancangan, papan dan rencana atau rencana. (Nurmianto, 1996). Ergonomi adalah ilmu yang sering memikirkan keselarasan antara manusia dan pekerjaannya. Ilmu ini menempatkan manusia sebagai komponen utama, terutama kapasitas, kapasitas, dan batasannya. Teknik metodologinya adalah memecah hubungan yang sebenarnya antara orang-orang dan kantor-kantor kerja. Manfaat dan alasan dari ilmu ini adalah untuk mengurangi distress di tempat kerja.

Dengan demikian Ergonomi sangat berharga sebagai media pencegahan terhadap kelemahan kerja tepat pada waktunya sebelum menjadi konstan dan mematikan. (Tarwaka, 2004).

Dalam penggunaan ergonomi, konfigurasi kerangka kerja berperan penting dalam bekerja pada faktor keamanan dan kesejahteraan kata, misalnya: konfigurasi kerangka kerja untuk mengurangi rasa sakit dan nyeri pada kerangka manusia dan kerangka yang kuat. Rencana stasiun kerja untuk panduan visual (visual showcase unit station), untuk mengurangi ketidaknyamanan visual dan pose kerja. Rencana perangkat kerja (perkakas tangan) untuk mengurangi kelelahan kerja Desain posisi instrumen dan kerangka kontrol untuk mendapatkan peningkatan dalam ukuran perpindahan data untuk menciptakan reaksi cepat dengan membatasi bahaya kesalahan, dan memperluas efektivitas kerja dan kehilangan bahaya kesehatan karena strategi kerja yang tidak tepat (Nurmianto, 1996).

Penggunaan ergonomi pada umumnya merupakan gerakan rencana atau peningkatan. Ergonomi juga dapat berperan dalam rencana kerja dalam suatu perusahaan, misalnya: menentukan jumlah waktu istirahat yang lama, memilih jadwal untuk mengubah jam kerja (pindah kerja) dan memperluas variasi posisi. Untuk membuat rencana kerangka kerja yang layak, penting untuk mengetahui atribut, batasan, dan kapasitas orang. Dalam kerangka kerja, orang-orang berperan sebagai focal part, khususnya sebagai organisator, arsitek, pelaksana dan evaluator kerangka kerja yang bekerja secara umum untuk memperoleh hasil kerja yang besar atau dapat diterima. Dilihat dari sisi perancangan, data hasil penelitian Ergonomi dapat dirangkai menjadi 4 wilayah pengujian (Sutalaksana. et al., 1979), yaitu:

1. Pemeriksaan di acara

Pertunjukan adalah instrumen yang menyajikan data tentang iklim yang disampaikan sebagai tanda atau gambar. Show dipartisi menjadi 2 bagian, yaitu static showcase dan dynamic presentation. Presentasi statis adalah tayangan yang memberikan data tanpa dipengaruhi oleh faktor waktu, seperti panduan. Sedangkan pameran dinamis adalah tayangan yang dipengaruhi oleh faktor waktu, misalnya speedometer yang memberikan data kecepatan kendaraan mekanis pada setiap kondisi.

2. Pemeriksaan kekuatan manusia yang sebenarnya

Eksplorasi ini menggabungkan perkiraan kekuatan atau kekuatan aktual orang-orang ketika bekerja dan berkonsentrasi bagaimana fungsi dan perangkat keras harus dimaksudkan untuk memenuhi kapasitas sebenarnya dari orang-orang saat melakukan latihan ini. Pemeriksaan ini penting untuk biomekanik.

3. Eksplorasi ukuran atau pengukuran lingkungan kerja

Eksplorasi ini dikoordinasikan untuk mendapatkan ukuran lingkungan kerja sesuai dengan ukuran tubuh manusia, terkonsentrasi pada antropometri.

4. Eksplorasi tentang iklim yang sebenarnya

Pemeriksaan ini khawatir tentang rencana keadaan alam sebenarnya dari kamar dan kantor tempat orang bekerja. Ini menggabungkan rencana cahaya, suara, bayangan, suhu, mugginess, aroma dan getaran di kantor kerja.

NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health) yang secara konsisten menyingkirkan MSDs dan Work Placa Factors di Amerika mengungkapkan bahwa masalah di atas tetap menjadi masalah signifikan yang menyebabkan ketidakmampuan dan menimbulkan biaya yang signifikan bagi bisnis untuk membayar klaim kesejahteraan bagi para pekerjanya (Bernard, 1997). Komponen yang menyebabkan otot rangka menggerutu adalah:

1. Peregangan otot yang berlebihan

Peregangan otot yang berlebihan ini terjadi karena upaya yang diperlukan melebihi kekuatan otot yang ideal. Jika hal yang sama sering dilakukan, akan meningkatkan risiko keluhan otot, bahkan bisa menyebabkan cedera otot rangka.

2. Latihan membosankan

Latihan yang membosankan adalah pekerjaan yang dilakukan secara terus-menerus, misalnya menggali, membagi kayu besar, bergerak, dll. Keluhan ini terjadi karena otot-otot mendapat tekanan karena tanggung jawab terus menerus tanpa mendapat kesempatan untuk bersantai.

3. Sikap kerja yang tidak wajar

Sikap kerja yang tidak wajar adalah mentalitas pekerja yang membuat keadaan anggota tubuh menjauh dari keadaan biasa, misalnya perkembangan tangan terangkat, punggung terlalu tertunduk, kepala terangkat, dll. bagian tubuh dari titik fokus gravitasi tubuh, semakin tinggi bahaya keberatan otot rangka. Perilaku kerja yang tidak wajar ini pada umumnya disebabkan oleh sifat arah tugas, alat kerja dan tempat kerja yang tidak sesuai dengan kemampuan dan batasan pekerja.

2. Musculoskeletal disorder (MSDs)

Sesuai NIOSH (1997) apa yang tersirat oleh Musculoskeletal Disorder adalah kumpulan kondisi obsesif yang mempengaruhi kapasitas biasa jaringan halus kerangka muskuloskeletal yang menggabungkan sistem sensorik, ligamen, otot dan konstruksi pendukung seperti pelat intervertebralis.

Berbicara secara komprehensif, gerutuan otot dapat dikumpulkan menjadi dua, lebih spesifik:

1. Gerutuan singkat (reversibel), khususnya keluhan otot yang terjadi saat otot mendapat beban statis, namun keluhan tersebut akan segera hilang bila penumpukan dihentikan.
2. Menggerutu tanpa henti, khususnya keluhan otot yang rajin. Terlepas dari kenyataan bahwa tanggung jawab telah dihentikan, siksaan pada otot sebenarnya berlanjut.

Seperti yang ditunjukkan oleh Humantech (1995), Musculoskeletal Disorders (MSDs) diuraikan sebagai kerusakan cedera agregat. Penyakit ini terjadi karena berkumpulnya luka/luka kecil pada sistem muskulokeletal akibat luka berulang yang setiap saat tidak memiliki kesempatan untuk sembuh total, kemudian menimbulkan luka yang cukup besar hingga menimbulkan rasa sakit. Pengaruh yang mengganggu atau cedera pada kerangka muskuloskeletal tidak pernah terjadi, tetapi merupakan kumpulan dampak kecil atau besar yang terjadi terus-menerus dan dalam rentang waktu yang agak lama, bisa dalam hitungan hari, bulan atau waktu yang lama, bergantung pada keseriusan cedera. pasti banyak hari, sehingga akan muncul sebagai masalah fisik yang benar-benar besar yang dikomunikasikan sebagai penderitaan, kelembutan atau menggigil, berkembang dan tertunda atau diabaikan perkembangan jaringan tubuh yang rusak.

3. Nordic Body Map (NBM)

Salah satu instrumen yang digunakan untuk menentukan penggambaran Musculoskeletal Disorders adalah polling Nordic Body Map. Nordic Body Map adalah polling sebagai peta tubuh yang berisi informasi tentang bagian tubuh yang dikeluhkan para pekerja. Survei Nordic Body Map adalah polling yang paling sering digunakan untuk menentukan tingkat kesulitan pekerja dan survei ini sering digunakan karena dinormalisasi dan diatur dengan sempurna. (Kroemer, 1994)

Jajak pendapat ini menggunakan gambar tubuh manusia yang telah dipartisi menjadi 9 segmen utama, yaitu:

- 1) Leher
- 2) Bahu
- 3) Punggung atas
- 4) Siku
- 5) Punggung bawah
- 6) Pergelangan tangan/tangan
- 7) Pinggang/pantat
- 8) lutut

9) Tumit/kaki

Sikap kerja yang tidak wajar secara teratur diselesaikan dalam interaksi kerja namun seringkali perhatian dengan cara seperti itu masih kurang. Jelas ini karena kelemahan dan cedera otot, kehadiran ini dapat mempengaruhi penampilan pekerja saat menangani pekerjaan mereka. Keadaan yang terkait dalam keadaan unik ini, dan pekerja mana yang didorong untuk dijaui adalah apa yang dikenal sebagai Gangguan Muskuloskeletal Terkait Pekerjaan (WMSDs). dapat mempengaruhi pameran buruh sambil mengurus tanggung jawab mereka. Jelas, untuk situasi ini, sangat negatif bagi organisasi karena tidak idealnya pameran seorang administrator yang keberatan dengan masalah otot (muskuloskeletal). Keberatan pada kerangka muskuloskeletal adalah gerutuan pada potongan otot rangka yang dirasakan oleh individu, mulai dari protes yang sangat ringan hingga sangat lemah (Tarwaka, 2011).

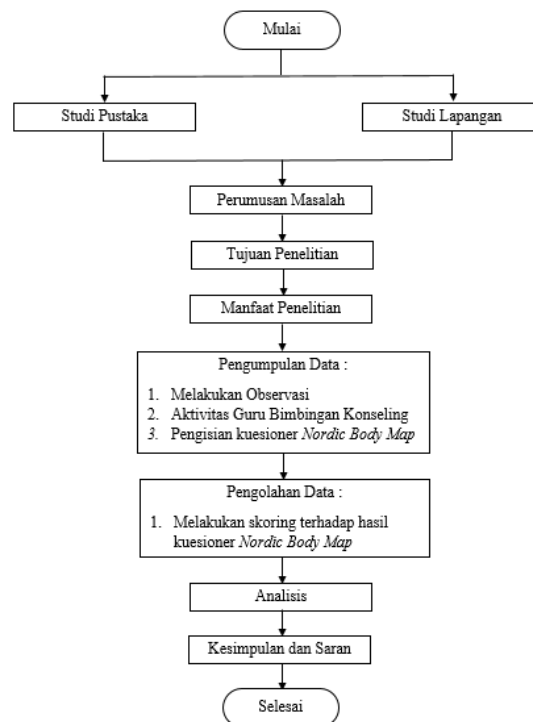
Nordin Body Map merupakan strategi estimasi abstrak di bidang Ergonomi dengan memanfaatkan survei untuk mengukur nyeri otot para pekerja (Wijaya, et al., 2019).

Sebagai jajak pendapat agenda ergonomis yang secara teratur digunakan untuk menemukan kesulitan para spesialis karena dinormalisasi dan diatur dengan sempurna. Alasan untuk melengkapi polling Nordic Body Map adalah untuk menemukan bagian tubuh pekerja yang merasa tersiksa saat mengelola pekerjaan di stasiun kerja (Rahdiana, 2017).

Jajak pendapat Nordic Body Map adalah jenis survei agenda ergonomis. Satu lagi jenis agenda ergonomi adalah agenda Organisasi Perburuhan Internasional (ILO). Namun polling Nordic Body Map merupakan survei yang sering digunakan untuk mengetahui kegelisahan pekerja, dan survei ini sering digunakan karena sudah dinormalisasi dan terorganisir dengan baik. Tinjauan ini menggunakan banyak keputusan jawaban yang terdiri dari dua bagian, menjadi area umum yang spesifik dan poin demi poin. Segmen keseluruhan menggunakan gambar bodi, yang dilihat dari depan dan belakang, kemudian dipisahkan menjadi (9) bagian dasar. Alasan untuk melengkapi jajak pendapat Nordic Body Map adalah untuk mengetahui bagian mana dari kelompok pekerja yang merasa lemah setelah menangani pekerjaan. Jajak pendapat ini menggunakan gambar tubuh manusia yang telah dipisahkan menjadi (9) bagian dasar, yaitu Leher, Bahu, Punggung Atas, Siku, Punggung Bawah, Pergelangan Tangan/Tangan, Pinggang/Pantat, Lutut dan Tumit/Kaki (Kroemer, 2000).

3. Metodologi Penelitian

Bab ini menerangkan tentang setiap langkah-langkah dalam pengambilan metodologi penelitian yang untuk menyelesaikan rumusan masalah pada penelitian. Langkah yang dipakai untuk penelitian ini yaitu melalui diagram *flowchart* sebagai berikut ini:



Gambar 1.1 Flowchart Metodologi Penelitian

3.1. Tahap Identifikasi Masalah

Pada tahap ini yaitu merupakan langkah awal dari memulai penelitian. Latar belakang penelitian ini ditentukan untuk mengangkat suatu permasalahan yang ada dalam aktivitas atau postur kerja guru bimbingan konseling.

3.2. Perumusan Masalah

Dilakukannya identifikasi permasalahan dan penilaian tingkat keluhan terhadap postur kerja guru bimbingan konseling di SMK BATIK 1 Surakarta.

3.3. Tujuan dan Manfaat Penelitian

Alasan penyelidikan ini adalah apakah sesuai dengan apa yang diharapkan secara umum atau tidak, hasil yang dicapai. Ketercapaian pemeriksaan ini dapat dilihat dari destinasi yang diteliti. Pemeriksaan ini berarti menentukan tujuan yang dicapai untuk menjawab setiap masalah yang sedang dihadapi dan berguna untuk meruntuhkan tingkat risiko cedera pada pendidik bimbingan konseling sehingga administrasi dapat menghadapi tantangan potensial terlebih dahulu.

3.4. Tahap Pengumpulan Data

Untuk tahap pengumpulan data di bagian guru bimbingan konseling ini digunakan untuk sebagai acuan analisis postur kerja dan posisi kerja untuk mengetahui tingkat resiko guru bimbingan konseling dengan mempertimbangkan hasil tingkat resiko postur kerja guru bimbingan konseling dapat dilihat pada hasil kuesioner *Nordic Body Map*.

1. Profil Bagian Guru Bimbingan Konseling

Menampilkan kegiatan guru bimbingan konseling dan mengetahui kondisinya.

2. Aktivitas Guru Bimbingan Konseling

Data aktivitas di bagian guru bimbingan konseling didapatkan dengan cara memfoto posisi kerja dan untuk mengetahui tingkat resiko cedera dengan postur kerjanya.

3. Data Keluhan Guru Bimbingan Konseling Berdasarkan *Nordic Body Map*

Pengumpulan data keluhan guru bimbingan konseling pada saat melakukan aktivitas untuk mengetahui keluhan-keluhan yang dirasakan oleh guru bimbingan konseling dengan melakukan wawancara dan menyebar kuesioner *nordic body map* pada guru bimbingan konseling.

3.5. Tahap Pengolahan Data

Setelah dilakukan pengumpulan data, untuk langkah selanjutnya yaitu melakukan pengolahan data dari kuesioner *nordic body map* yang telah disebarkan untuk menentukan resiko yang dialami oleh guru bimbingan konseling.

1. Setelah data dikumpulkan kemudian diolah agar dapat diketahui tingkat resiko cideranya. Penilaian ini diperoleh dari hasil kuesioner *nordic body map* yang sudah disebarkan dan dilakukan perhitungan untuk mengetahui resiko cideranya.
2. Rekapitulasi penilaian dengan cara mengetahui hasil dari kuesioner *nordic body map* agar diketahui permasalahan keluhan yang dialami oleh guru bimbingan konseling.
3. Hasil nilai yang diperoleh dari kuesioner *nordic body map* dapat diketahui resiko cidera apa saja yang dialami oleh guru bimbingan konseling.

3.6 Tahap Analisis dan Interpretasi Hasil

Pada tahap ini dilakukan penilaian analisis dari kuesioner *nordic body map* dan interpretasi hasil terhadap pengumpulan dan pengolahan data yang menghasilkan keluhan resiko pada bagian segmen-segmen seperti leher bagian atas, bahu kiri, bahu kanan, lengan atas kiri, punggung, lengan atas kanan, dan pantat.

3.7 Tahap Kesimpulan dan Saran

Untuk tahap ini, khususnya mengkaji akhir dari penyusunan informasi dari survei body map Nordik dengan tujuan yang akan dicapai dari pengujian tersebut dan memberikan ide-ide untuk penyempurnaan yang dapat dilakukan untuk eksplorasi tambahan.

4. Pengumpulan Data

Bab ini menyajikan tentang pelaksanaan pengumpulan data dan pengolahan data berdasarkan data dan teori yang diperoleh dari penelitian.

4.1. Pengumpulan Data

Pengumpulan data ini yaitu sebagai pendukung untuk mengetahui kondisi dari guru bimbingan konseling selama bekerja sehingga dapat diketahui tingkat resiko yang dialami oleh guru bimbingan konseling.

4.1.1 Observasi

Observasi ini dilakukan untuk mengamati kondisi objek yang akan diteliti pada saat pengamatan.

A. Profil Guru Bimbingan Konseling

Guru bimbingan konseling yaitu bertugas sebagai memanggil siswa minimal 5-10 siswa untuk kendala saat pembelajaran selama daring dan mendata kehadiran siswa selama daring dilakukan dengan cara bertahap setiap harinya, proses tersebut dilakukan yaitu bertujuan untuk meningkatkan kedisiplinan siswa terhadap pembelajaran yang dilakukan dengan cara daring. Guru bimbingan konseling selalu ada di ruangan bimbingan konseling pada saat jam pembelajaran berlangsung yang dilakukan selama daring, agar bisa memantau siswanya untuk tetap disiplin dan mengikuti pembelajaran saat dilakukan selama daring.

4.1.2 Aktivitas Guru Bimbingan Konseling

Kegiatan guru bimbingan konseling yang dilakukan selama daring yaitu melakukan pendataan siswa kehadiran selama daring, mendata dapodik (data pokok pendidikan) dengan cara merekap data tersebut, membuat perkembangan tugas siswa yang hadir selama daring, mendata catatan pribadi siswa dan kejadian siswa yang dilakukan oleh perguru bimbingan konseling 200 siswa (ada 3 guru bimbingan konseling), memanggil siswa minimal 5-10 siswa untuk dimintai kendala saat pembelajaran daring, melakukan pendataan siswa yang bermasalah atau tidaknya tentang pembelajaran daring. Semua proses kegiatan tersebut dilakukan agar proses pembelajaran daring tetap terkondisikan dengan semaksimal mungkin dan sering kali juga guru bimbingan konseling menggeser

kursi yang didudukinya untuk mendapatkan kenyamanan saat bekerja. Berikut aktivitas postur kerja pada guru bimbingan konseling dapat dilihat pada gambar 1.2 berikut ini:



Gambar 1.2 Aktivitas Guru Bimbingan Konseling

4.1.3 Data Keluhan Guru Bimbingan Konseling Berdasarkan *Nordic Body Map*

Kegiatan guru bimbingan konseling dilakukan dengan cara posisi duduk yang dilakukan berjam-jam dan gerakan secara berulang-ulang. Kegiatan yang dilakukan guru bimbingan konseling dilakukan sehari 8 jam kerja dengan rata-rata waktu kerjanya yaitu 7 jam untuk kerja dan 1 jam untuk istirahat. Dengan waktu selama itu dalam sehari guru bimbingan konseling bisa menyelesaikan pekerjaannya secara bertahap selama beberapa hari kedepannya.

Untuk melakukan proses kegiatan guru bimbingan konseling terdapat keluhan yang dirasakan yaitu untuk mengetahuinya dilakukan menggunakan analisis yaitu dengan menggunakan kuesioner *Nordic Body Map* terhadap guru bimbingan konseling yang berjumlah 3 orang. Kuesioner yang disusun untuk mengetahui segmen tubuh di bagian mana yang mengalami keluhan sebelum dan sesudah melakukan aktivitas kerja guru bimbingan konseling. Hasil dari kuesioner *Nordic Body Map* dapat dilihat pada tabel 1.1 sebagai berikut ini:

Tabel 1.1 Hasil tingkat resiko keluhan guru bimbingan konseling

No.	Jenis Keluhan	Hasil
0	Sakit/kaku di leher bagian atas	83.00%
1	Sakit/kaku di leher bagian bawah	42.00%
2	Sakit di bahu kiri	58.00%
3	Sakit di bahu kanan	58.00%
4	Sakit pada lengan atas kiri	67.00%
5	Sakit di punggung	83.00%
6	Sakit pada lengan atas kanan	67.00%

No.	Jenis Keluhan	Hasil
7	Sakit pada pinggang	42.00%
8	Sakit pada bokong	42.00%
9	Sakit pada pantat	67.00%
10	Sakit pada siku kiri	33.00%
11	Sakit pada siku kanan	42.00%
12	Sakit pada lengan bawah kiri	25.00%
13	Sakit pada lengan bawah kanan	42.00%
14	Sakit pada pergelangan tangan kiri	42.00%
15	Sakit pada pergelangan tangan kanan	42.00%
16	Sakit pada tangan kiri	50.00%
17	Sakit pada tangan kanan	50.00%
18	Sakit pada paha kiri	25.00%
19	Sakit pada paha kanan	25.00%
20	Sakit pada lutut kiri	42.00%
21	Sakit pada lutut kanan	42.00%
22	Sakit pada betis kiri	25.00%
23	Sakit pada betis kanan	25.00%
24	Sakit pada pergelangan kaki kiri	25.00%
25	Sakit pada pergelangan kaki kanan	25.00%
26	Sakit pada kaki kiri	25.00%
27	Sakit pada kaki kanan	25.00%

Hasil kuesioner *Nordic Body Map* diatas yaitu terdapat 7 segmen bagian tubuh yang mengalami keluhan sakit dengan hasil lebih dari 50%. Segmen tersebut diantaranya seperti leher bagian atas, bahu kiri, bahu kanan, lengan atas kiri, punggung, lengan atas kanan, dan pantat.

5. Analisis Dan Interpretasi Hasil

Dalam bab ini menjelaskan tentang hasil dari penelitian yang telah didapatkan melalui pengumpulan dan pengolahan data dengan kuesioner *nordic body map*.

5.1. Pengolahan Data

Hasil dari keluhan dirasakan yaitu dilakukan menggunakan analisis dengan menggunakan kuesioner *Nordi Body Map* agar diketahui keluhan dibagian tubuh mana saja yang dirasakan rasa sakit saat selama beraktivitas kerja sehingga dapat dilakukan pengambilan tindakan yang sesuai untuk menangani tingkat resiko yang terjadi pada seluruh bagian tubuh guru bimbingan konseling.

Rumus cara perhitungan:

$$P = f/n \times 100\%$$

Keterangan:

P = Prosentase

f = frekuensi jawaban responden

n = jumlah sampel yang diolah

Sumber (Mahendringrum, 2009)

Dari kuesioner *Nordic Body Map* untuk mengetahui hasilnya yaitu dengan cara penambahan 25% disetiap skornya lalu dibagi dengan jumlah responden yang diteliti dan mendapatkan hasil keluhannya dengan segmen-segmen seperti leher bagian atas, bahu kiri, bahu kanan, lengan atas kiri, punggung, lengan atas kanan, dan pantat.

5.2. Analisis Penilaian Postur Kerja

Dengan menggunakan kuesioner *Nordic Body Map* untuk mendapatkan aktivitas kerja apa saja yang mengalami resiko saat bekerja yang ditimbulkan dan sehingga dapat diambil tindakan untuk pencegahannya dengan tepat. Tingkat resiko kerja guru bimbingan konseling dapat dilihat resiko apa saja yang dialami saat bekerja.

Penilaian ini dilakukan untuk mengetahui hasil pada saat aktivitas bekerja guru bimbingan konseling yang mengalami keluhan rasa sakit diakibatkan terus menerus dalam jangka waktu tertentu dikarenakan posisi kerja yang kurang benar dan nyaman. Untuk hasil analisis postur kerja yang dilakukan pekerja dengan posisi duduk saat beraktivitas yaitu mengalami keluhan pada segmen-segmen seperti leher bagian atas, bahu kiri, bahu kanan, lengan atas kiri, punggung, lengan atas kanan, dan pantat, yang diperoleh hasil dari pengolahan data responden yang diteliti. Kondisi keluhan rasa sakit ini jika dibiarkan terus menerus dapat menimbulkan kelelahan dalam jangka waktu tertentu dan menyebabkan terjadinya *Musculoskeletal Disorder* (MSDs) yang mempengaruhi fungsi normal dari jaringan halus sistem muskuloskeletal yang mencakup sistem saraf, tendon, otot dan stuktur penunjang seperti kuluan sementara dan keluhan menetap.

5.3. Interpretasi Hasil Penelitian

Dengan hasil yang telah di sebarkannya kuesioner *Nordic Body Map* kepada guru bimbingan konseling yaitu menunjukkan bahwa keluhan sakit ada 7 segmen seperti leher bagian atas, bahu kiri, bahu kanan, lengan atas kiri, punggung, lengan atas kanan, dan pantat. Dengan persentasi hasil lebih dari 50% yang diakibatkan keluhan itu dirasakan akibat dari resiko saat beraktivitas yang mengakibatkan postur kerja kurang nyaman, terjadi secara berulang-ulang, dan terkadang kurang fokus saat melakukan aktivitas.

6. Kesimpulan Dan Saran

6.1. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian ini hasil analisis yang diperoleh terhadap postur kerja guru bimbingan konseling yaitu menunjukkan keluhan rasa sakit ada 7 segmen seperti leher bagian atas, bahu kiri, bahu kanan, lengan atas kiri, punggung, lengan atas kanan, dan pantat. Dengan keluhan tersebut memerlukan pengurangan untuk pencegahan agar tidak mengalami cedera terlalu sakit untuk kedepannya.

6.2. Saran

1. Hasil dari keluhan yang diperoleh dapat dijadikan sebagai evaluasi bagi sekolahan agar dapat mengurangi tingkat resiko cedera.
2. Adapun cara untuk mengurangi keluhan sebaiknya dilakukan aktivitas peregangan yaitu dengan cara berdiri setiap 1 jam sekali.
3. Untuk mengetahui hasil sudut-sudut segmen penilaian dapat menggunakan metode REBA (*Rapid Entire Body Assessment*).

DAFTAR PUSTAKA

Gambar 1.3 kuesioner *Nordic Body Map*



Guru Bimbingan Konseling 1



Guru Bimbingan Konseling 2



Guru Bimbingan Konseling 3

Gambar 1.4 Aktivitas Guru Bimbingan Konseling

No.	Jenis Keluhan	Tingkat Keluhan												Jumlah	Hasil	PEMBULATAN
		Guru Bimbingan Konseling 1				Guru Bimbingan Konseling 2				Guru Bimbingan Konseling 3						
		Skor 1	Skor 2	Skor 3	Skor 4	Skor 1	Skor 2	Skor 3	Skor 4	Skor 1	Skor 2	Skor 3	Skor 4			
0	Sakit/kaku di leher bagian atas	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	250	83,3333	83.00
1	Sakit/kaku di leher bagian bawah	25	25			25	25			25				125	41,6667	42.00
2	Sakit di bahu kiri	25	25	25		25	25			25	25			175	58,3333	58.00
3	Sakit di bahu kanan	25	25	25		25	25			25	25			175	58,3333	58.00
4	Sakit pada lengan atas kiri	25	25	25		25	25			25	25	25		200	66,6667	67.00
5	Sakit di punggung	25	25	25	25	25	25	25		25	25	25		250	83,3333	83.00
6	Sakit pada lengan atas kanan	25	25	25		25	25	25		25	25			200	66,6667	67.00
7	Sakit pada pinggang	25	25			25	25			25				125	41,6667	42.00
8	Sakit pada bokong	25	25			25	25			25				125	41,6667	42.00
9	Sakit pada pantat	25	25	25	25	25	25			25	25			200	66,6667	67.00
10	Sakit pada siku kiri	25	25			25				25				100	33,3333	33.00
11	Sakit pada siku kanan	25	25			25	25			25				125	41,6667	42.00
12	Sakit pada lengan bawah kiri	25				25				25				75	25	25.00
13	Sakit pada lengan bawah kanan	25	25			25	25			25				125	41,6667	42.00
14	Sakit pada pergelangan tangan kiri	25	25			25				25	25			125	41,6667	42.00
15	Sakit pada pergelangan tangan kanan	25	25			25	25			25				125	41,6667	42.00
16	Sakit pada tangan kiri	25	25			25	25			25	25			150	50	50.00
17	Sakit pada tangan kanan	25	25			25	25			25	25			150	50	50.00
18	Sakit pada paha kiri	25				25				25				75	25	25.00
19	Sakit pada paha kanan	25				25				25				75	25	25.00
20	Sakit pada lutut kiri	25	25			25				25	25			125	41,6667	42.00
21	Sakit pada lutut kanan	25	25			25				25	25			125	41,6667	42.00
22	Sakit pada betis kiri	25				25				25				75	25	25.00
23	Sakit pada betis kanan	25				25				25				75	25	25.00
24	Sakit pada pergelangan kaki kiri	25				25				25				75	25	25.00
25	Sakit pada pergelangan kaki kanan	25				25				25				75	25	25.00
26	Sakit pada kaki kiri	25				25				25				75	25	25.00
27	Sakit pada kaki kanan	25				25				25				75	25	25.00

Gambar 1.5 Rekap Hasil Kuesioner NBM
 Jumlah : Responden = Hasil

Analisis Pengendalian Kualitas Karung Plastik Menggunakan Metode *Seven Tools* di PT WXY

Titin Mardi Astuti
Program Studi Teknik Industri,
Universitas Veteran Bangun
Nusantara
titinmardiastuti@gmail.com

Rian Prasetyo
Program Studi Teknik Industri,
Universitas Veteran Bangun
Nusantara
rnprasetyo286@gmail.com

Abstract: *PT WXY is one of the companies in Sukoharjo regency, which produced in plastic manufacturing. This company production type is made to order based on orders from buyers. Based on the results of observations, found a large percentage of defects, especially in laminated plastic sacks product. The purpose of this study is to analyze the deviations that occur in the results of production and find the causes of product defects. The method used is seven tools which include check sheet, histogram, p control chart, Pareto diagram, stratification, scattered diagram, and cause-effect diagram. The results of the quality control analysis show that there are 13 types of defects, named, BS Sacks, BS Marks, Stains or Dirty, BS Lamination, Broken/Folding Images, Slide Images, Faded Color BS, “Kesliter”, Cross Slide, BS Plong, BS Sewing, Ugly Stitches, and Bold Ink. The most dominant defect is Lamination defect with a percentage of 26.76% of the total defects. The results of this study showed an average overall defect of 4.7%. The causal diagram shows that there are 5 main factors that affect production defects from human factors, methods, materials, machines, and environmental factors.*

Keywords: *Quality Control, Product, Defect, Seven Tools*

Abstrak: *PT WXY adalah salah satu perusahaan di Sukoharjo yang bergerak di bidang manufaktur plastik. Perusahaan ini melaksanakan sistem produksi make to order berdasarkan pesanan dari buyer. Berdasarkan hasil observasi ditemukan persentase cacat yang cukup besar khususnya pada produk karung plastik laminasi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisa penyimpangan yang terjadi pada hasil produksi dan mencari penyebab cacat produk yang ditimbulkan. Metode yang digunakan adalah seven tools yang meliputi check sheet, histogram, peta kendali p, diagram pareto, stratifikasi, scattered diagram, dan diagram sebab akibat. Hasil analisis pengendalian kualitas menunjukkan terdapat 13 jenis defect, yaitu BS Karung, BS Tanda, Noda atau Kotor, BS Laminasi, Gambar Pecah/Melipat, Gambar Geser, BS Warna Pudar, Kesliter, Cross Geser, BS Plong, BS Jahit, Jahitan Jelek, dan Tinta Jemblok. Untuk defect yang paling dominan yaitu defect Laminasi dengan presentase 26,76% dari total seluruh defect. Hasil penelitian ini terdapat rata-rata defect keseluruhan sebesar 4,7%. Diagram sebab akibat menunjukkan bahwa terdapat 5 faktor utama yang mempengaruhi cacat produksi, yaitu faktor manusia, metode, material, mesin, dan faktor lingkungan.*

Kata Kunci: *Pengendalian Kualitas, Produk, Defect, Seven Tools*

1. Pendahuluan

Saat ini banyak perusahaan manufaktur didirikan. Persaingan bisnis semakin tinggi. Ditambah dengan adanya kebijakan yang mengizinkan produk-produk yang dikirim ke luar negeri untuk dijual dengan harga yang sama dengan barang-barang buatan lokal. Hal ini membuat setiap pengelola bisnis yang ingin memenangkan persaingan harus mempertimbangkan sepenuhnya kualitas barang. Seperti yang ditunjukkan oleh Kadir (2001) kualitas adalah tujuan yang halus, karena asumsi pelanggan akan berubah secara konsisten. Setiap standar baru ditemukan, kemudian pembeli akan meminta lebih banyak untuk mendapatkan standar baru lain yang lebih mutakhir dan lebih baik. Untuk situasi ini, kualitas adalah siklus dan bukan produk akhir. Untuk situasi ini, kualitas adalah slogannya dalam persaingan industri (Hartini, 2012).

Maka salah satu alternatif yang dapat dijalankan oleh perusahaan agar dapat terus bersaing adalah dengan melakukan pengendalian kualitas produk yang dihasilkan. Pengendalian kualitas berusaha untuk mengurangi jumlah produk yang rusak, menjaga produk akhir yang dihasilkan sesuai dengan standar kualitas perusahaan (Yuliasih, 2014). Pengendalian kualitas sangat diperlukan agar dapat terus bersaing dengan perusahaan lain dan meningkatkan nilai penjualan serta yang terpenting mendapatkan kepercayaan penuh dari pelanggan. Dengan kualitas yang terjaga maka akan memberikan dampak positif bagi perusahaan berupa kepercayaan konsumen terhadap produk perusahaan dengan tetap menggunakan produk tersebut.

Salah satu perusahaan manufaktur yang ada di Indonesia adalah manufaktur plastik. Data menunjukkan nilai produksi plastik pada rentang tahun 2006-2010 selalu di atas 16 miliar rupiah (Kolina et al., 2013), sehingga merupakan sektor yang cukup penting untuk diteliti dan dikaji lebih lanjut. PT WXY merupakan salah satu perusahaan yang bergerak pada bidang manufaktur plastik, salah satu produknya yaitu karung plastik laminasi (*pp woven bag laminated*). Untuk memenuhi permintaan yang terus-menerus, dalam melakukan proses pembuatan harus dilakukan dengan cepat serta standar kualitas yang diinginkan.

Berdasarkan observasi yang telah dilakukan, kualitas karung plastik buatan PT WXY sangat dapat diterima, namun dalam pembuatannya masih banyak ditemukan barang yang cacat. Hal ini karena ukuran pengendalian kualitas tidak ideal. Kontrol kualitas hanya dilaksanakan oleh operator dengan memeriksa tes hasil sampel. Setelah memperhatikan hal ini, ternyata ditemukan sejumlah *defect* atau cacat yang cukup banyak antara lain BS karung, BS tanda, noda atau kotor, BS laminasi, gambar pecah atau melipat, gambar geser, bs warna pudar, kesliter, cross geser, BS plong, BS jahit, jahitan jelek, tinta jeblok.

Salah satu metode yang bisa digunakan untuk menganalisis penyimpangan produksi pada suatu produk adalah menggunakan *seven tools*. Metode ini meliputi *check sheet*, histogram, peta kendali, diagram pareto, stratifikasi, *scattered diagram*, dan diagram sebab akibat (Matondang & Ulkhaq, 2018). Penelitian menggunakan metode *seven tools* sebelumnya telah banyak dilakukan oleh peneliti.

Wisnubroto, (2018), melakukan penelitian untuk mengendalikan kualitas dengan metode *seven tools* pada produk botol lem, dengan didapatkan penyebab utama dari cacat produk oleh faktor tenaga kerja yang ceroboh, bahan baku tidak sesuai standar dan mesin yang kurang perawatan. Idris et al., (2016), melakukan penelitian untuk mengendalikankualitas tempe dengan metode *seven tools*, dengan hasil penelitian menunjukkan, kualitas produk dapat juga dipengaruhi oleh keadaan lingkungan. Momon, (2012), Melakukan penelitian untuk pengendalian kualitas produk dari proses *shootblast*, dengan hasil menunjukkan bahwa produk memiliki tingkat repair tinggi, mencapai 20%.

Untuk menyiasati kondisi tersebut, penting untuk melakukan Analisa penyimpangan yang terjadi dalam proses produksi dan mencari penyebab cacat produk serta memberikan ide untuk perbaikan sebagai upaya mengurangi cacat produk. Teknik atau metode yang relevan digunakan untuk masalah ini adalah dengan menggunakan Teknik atau metode *seven tools*, karena cukup untuk menggambarkan keadaan cacat produksi dan memberikan jawaban untuk mengatasinya.

2. Metode

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *seven tools*, yang terdiri dari:

2.1. Check Sheet

Check Sheet adalah lembar perencanaan langsung yang berisi ikhtisar hal-hal yang diperlukan untuk mencatat informasi sehingga pengumpulan informasi dapat dilakukan secara efektif, efisien, dan rutin ketika informasi muncul di tempat kejadian.

2.2. Histogram

Histogram adalah digram batang yang digunakan untuk menunjukkan hamburan data dan distribusi frekuensi. Distribusi frekuensi menunjukkan seberapa sering setiap nilai beda didalam satu data terjadi.

Informasi dalam histogram dibagi ke dalam kelas, nilai yang diperhatikan dari setiap kelas ditampilkan pada sumbu X.

2.3. Peta Kendali P

Peta kendali p adalah panduan yang digunakan untuk memusatkan bagaimana siklus berubah dalam jangka panjang. Melalui penggambaran ini sebenarnya akan ingin mengidentifikasi apakah interaksi berjalan stabil. Kualitas diagram ini adalah adanya beberapa batas kontrol (batas atas dan bawah).

2.4. Diagram Pareto

Garis besar Pareto adalah grafik yang berisi diagram batang dan grafik garis. Diagram batang memperlihatkan klasifikasi dan nilai data, sedangkan diagram garis mewakili total data kumulatif Susunan data diatur berdasarkan peringkat. Peringkat tertinggi merupakan masalah yang terpenting untuk segera diselesaikan.

2.5. Stratifikasi (Run Chart)

Stratifikasi adalah suatu usaha untuk mengurai atau menyusun persoalan menjadi kelompok atau golongan sejenis yang lebih kecil dari persoalan.

2.6. Diagram Penyebaran (Scattered Diagram)

Diagram penyebaran digunakan untuk menerangkan hubungan atau koneksi antara satu faktor dengan ciri lain atau sebab akibat. Jika kedua faktor tersebut terhubung, titik fokus akan jatuh di sepanjang garis atau kurva. Semakin baik koneksi, semakin rapat titik-titik mendekati garis.

2.7. Diagram Sebab Akibat (Fishbone Chart)

Diagram sebab akibat adalah alat untuk menandai kemungkinan berbagai alasan yang berbeda untuk suatu dampak atau masalah, dan membedah masalah melalui pertemuan untuk menghasilkan ide-ide baru.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Check Sheet

Check Sheet diharapkan dapat memberikan informasi data defect produk yang berisi waktu observasi, jenis defect atau cacat, dan jumlah defect bentuk. Adapun tabel check sheet defect karung plastik di PT WXY dapat dilihat pada Tabel 1.

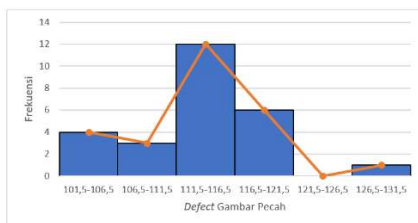
Tabel 1 Check Sheet Defect Karung Plastik di PT. WXY

No	Tanggal	Jumlah Produksi/hari	Defect													Jumlah	Persentase Defect (%)
			A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M		
1	1/11/2020	58400	1027	41	26	1046	115	98	121	45	97	55	47	81	22	2981	5,1 %
2	2/11/2020	64900	475	77	178	469	107	99	115	75	105	207	98	113	87	2205	3,3 %
3	3/11/2020	78800	759	98	197	797	128	97	117	98	101	115	95	105	88	2795	3,5 %
4	4/11/2020	62950	815	101	200	965	118	99	110	107	114	112	99	103	95	3038	4,8 %
5	5/11/2020	69800	832	105	214	992	112	98	115	109	111	118	97	102	90	3095	4,4 %
6	6/11/2020	62850	963	132	236	988	115	96	113	112	117	116	99	106	98	3291	5,2 %
7	7/11/2020	59560	1187	179	243	987	120	118	132	117	140	224	111	125	121	3804	6,3 %
8	9/11/2020	52696	397	129	202	551	113	99	102	109	113	119	97	101	116	2248	4,2 %
9	10/11/2020	78300	521	124	199	579	117	103	107	116	115	117	104	106	118	2426	3,1 %
10	11/11/2020	63343	798	121	228	714	115	113	106	118	114	116	103	109	128	2883	4,5 %
11	12/11/2020	60759	821	227	226	861	114	116	105	122	114	126	113	112	126	3183	5,2 %
12	13/11/2020	65900	725	220	224	778	116	113	103	124	112	125	118	109	117	2984	4,5 %
13	14/11/2020	61200	812	214	227	820	116	120	112	129	116	130	119	121	119	3155	5,1 %
14	16/11/2020	49800	485	176	185	608	113	117	109	97	99	111	98	104	106	2408	4,8 %
15	17/11/2020	62000	685	231	239	769	121	125	115	125	135	129	144	128	127	3073	4,9 %
16	18/11/2020	73000	688	230	237	628	119	121	110	120	126	124	139	119	117	2878	3,9 %
17	19/11/2020	59082	761	210	225	893	110	119	105	117	103	118	135	115	116	3127	5,2 %
18	20/11/2020	59200	677	208	221	732	105	112	101	104	98	112	122	109	112	2813	4,7 %
19	21/11/2020	63000	721	223	204	731	117	116	108	101	119	110	118	125	113	2906	4,6 %
20	23/11/2020	54570	558	109	178	595	108	110	105	99	113	108	113	114	109	2419	4,4 %
21	24/11/2020	57015	526	113	168	627	102	106	100	112	109	101	110	121	116	2411	4,2 %
22	25/11/2020	56450	800	178	167	785	105	113	109	111	114	102	127	120	112	2943	5,2 %
23	26/11/2020	44400	817	204	214	850	114	116	118	107	117	113	124	118	120	3132	7 %
24	27/11/2020	61075	875	231	208	838	112	119	120	101	114	110	131	109	147	3215	5,2 %
25	28/11/2020	58400	762	201	169	797	105	101	125	98	107	111	125	104	124	2929	5 %
26	30/11/2020	46590	720	206	178	744	116	124	130	115	113	109	137	100	120	2912	6,2 %
Total		1584040	19207	4288	5353	20144	2953	2868	2913	2788	2936	3138	2923	2879	2864	75254	

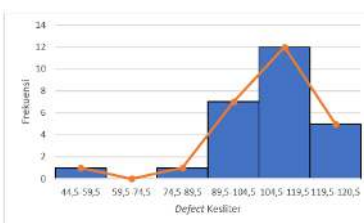
3.2. Histogram

Histogram merupakan salah satu alat yang digunakan untuk membantu menemukan keragaman distribusi suatu penilaian dan pengulangan setiap penilaian. Histogram menunjukkan ciri-ciri dari data yang dipisah ke dalam kelas-kelas. Dimana sumbu y menunjukkan perulangan data dari setiap kelas, sedangkan sumbu x menunjukkan jumlah *defect* pada setiap kelas. Gambar 1 adalah histogram dari data *defect* produk.

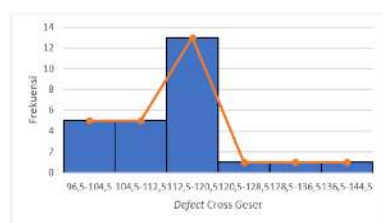
Berdasarkan bagan histogram pada Gambar 1 a-f, dapat terlihat dengan jelas bahwa pola distribusi menyerupai lonceng yang berarti data berdistribusi normal. Untuk mengetahui distribusi dalam statistika dan pengujian hipotesis yang mengasumsikan normalitas suatu data adalah kegunaan distribusi normal. Sedangkan fungsi distribusi normal adalah digunakan untuk menaksir dan menguji hipotesis pada suatu data.



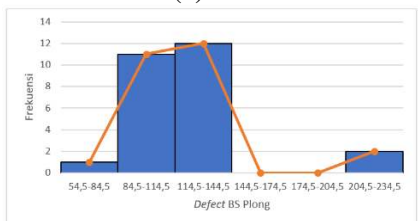
(a)



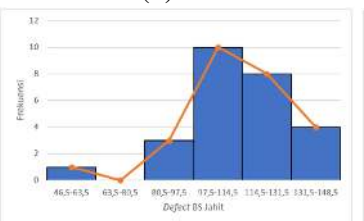
(b)



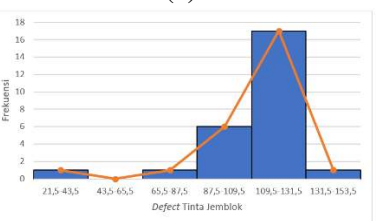
(c)



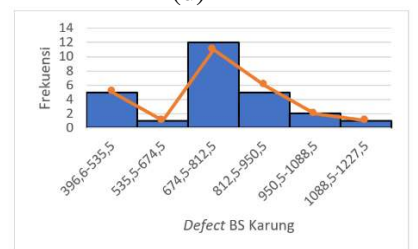
(d)



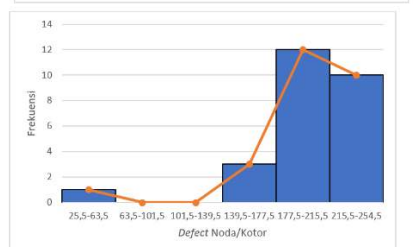
(e)



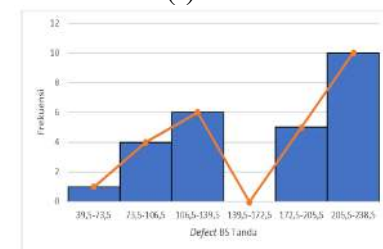
(f)



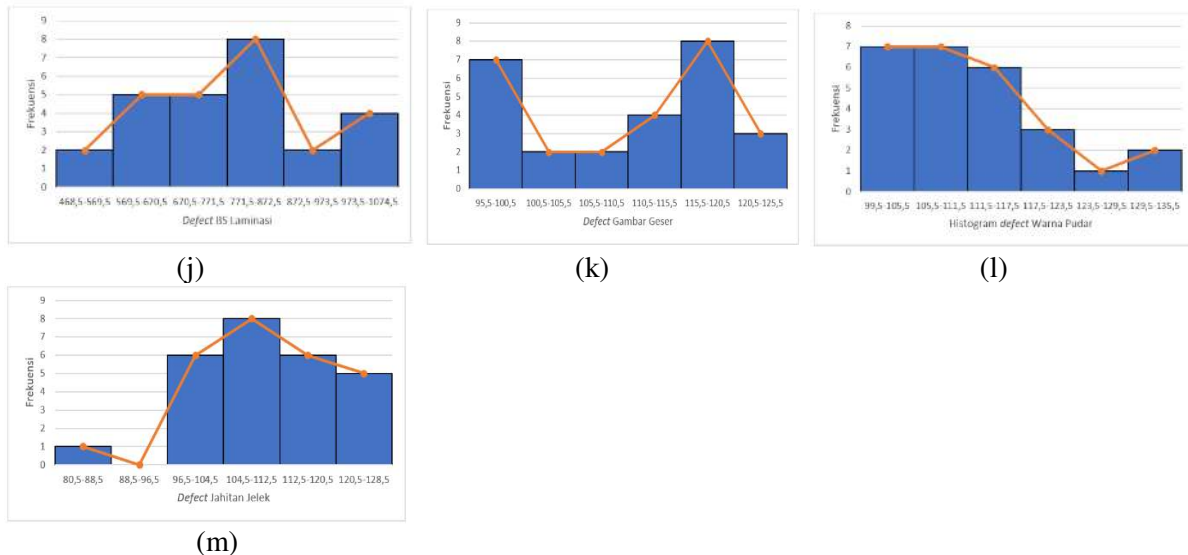
(g)



(h)



(i)

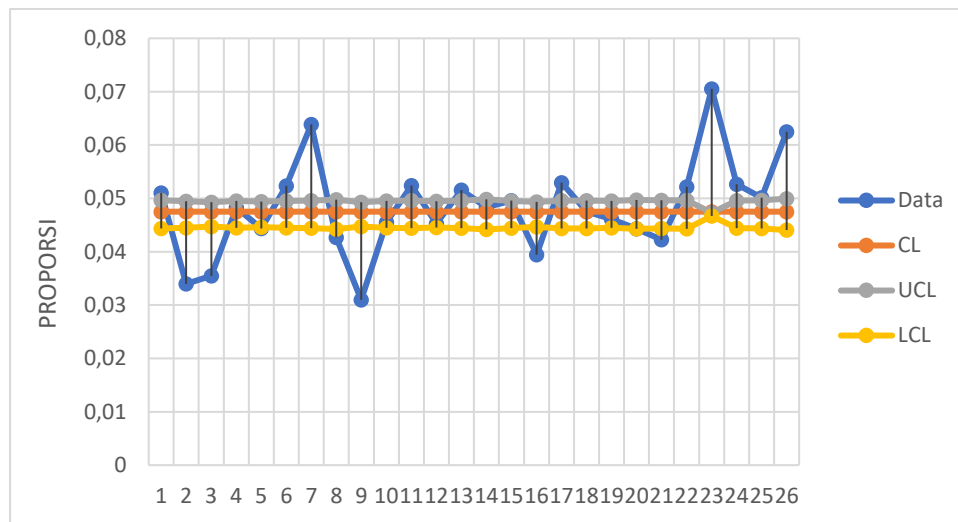


Gambar 1. Histogram *defecet* (a) Gambar Pecah, (b) Kesliter, (c) Cross Geser, (d) BS Plong, (e) BS Jahit, (f) Tinta Jemblok, (g) BS Karung, (h) BS Tanda, (i) Noda atau Kotor, (j) BS Laminasi, (k) Gambar Geser, (l) Warna Pudar (m) Jahitan Jelek.

Berdasarkan histogram pada Gambar 1 g-m, menunjukkan data berdistribusi tidak normal. Hal ini dapat disebabkan karena terdapat data ekstrem dan jumlah produksi yang berbeda-beda setiap harinya.

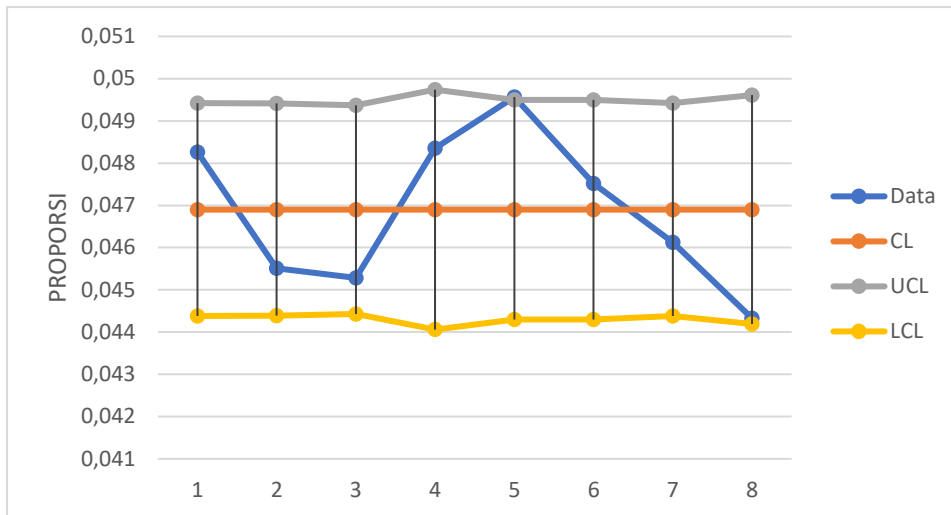
3.3. Peta Kendali P

Diagram kendali p digunakan untuk memutuskan apakah *defect* produk yang dihasilkan masih dalam batas yang disyaratkan atau tidak. Adapun peta kendali p dapat dilihat pada Gambar 2



Gambar 2. Peta Kendali p

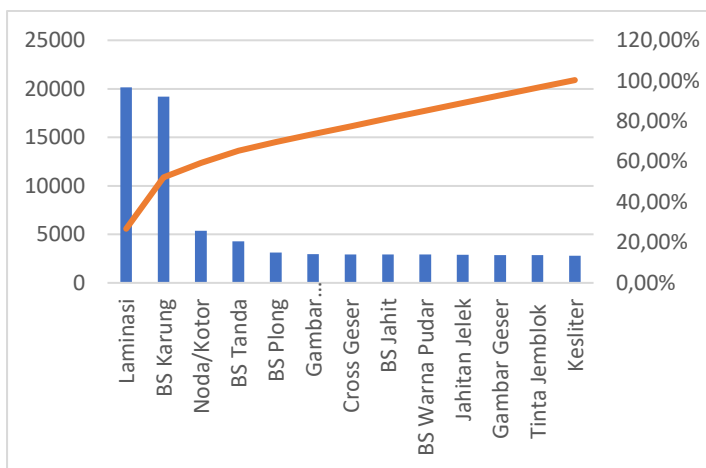
Dikarenakan masih adanya data yang melewati batas kendali atas (UCL) dan batas kendali bawah (LCL) maka dilakukan perhitungan kembali guna untuk memperbaiki data melewati batas tersebut. Adapun perbaikan peta kendali p dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3 Perbaikan Peta Kendali p

3.4. Diagram Pareto

Maksud dari diagram pareto ini adalah untuk menjelaskan variabel yang paling signifikan (atau terbesar) dari beberapa variabel. Adapun output dari diagram pareto dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Diagram Pareto Karung Plastik

Berdasarkan tampilan output pada Gambar 4, dapat diketahui bahwa *defect* produksi yang terjadi pada proses produksi karung plastik laminasi pada bulan November 2020 didominasi oleh jenis cacat laminasi.

3.5. Stratifikasi (Run Chart)

Berdasarkan data dan jumlah cacat pada produk karung plastik maka bisa dilakukan pengelompokkan data menjadi kelompok sejenis yang lebih kecil sehingga terlihat lebih jelas. Stratifikasi pada produk karung plastik ini didasarkan pada 13 jenis cacat. Adapun hasil dari stratifikasi dapat dilihat pada Tabel 2.

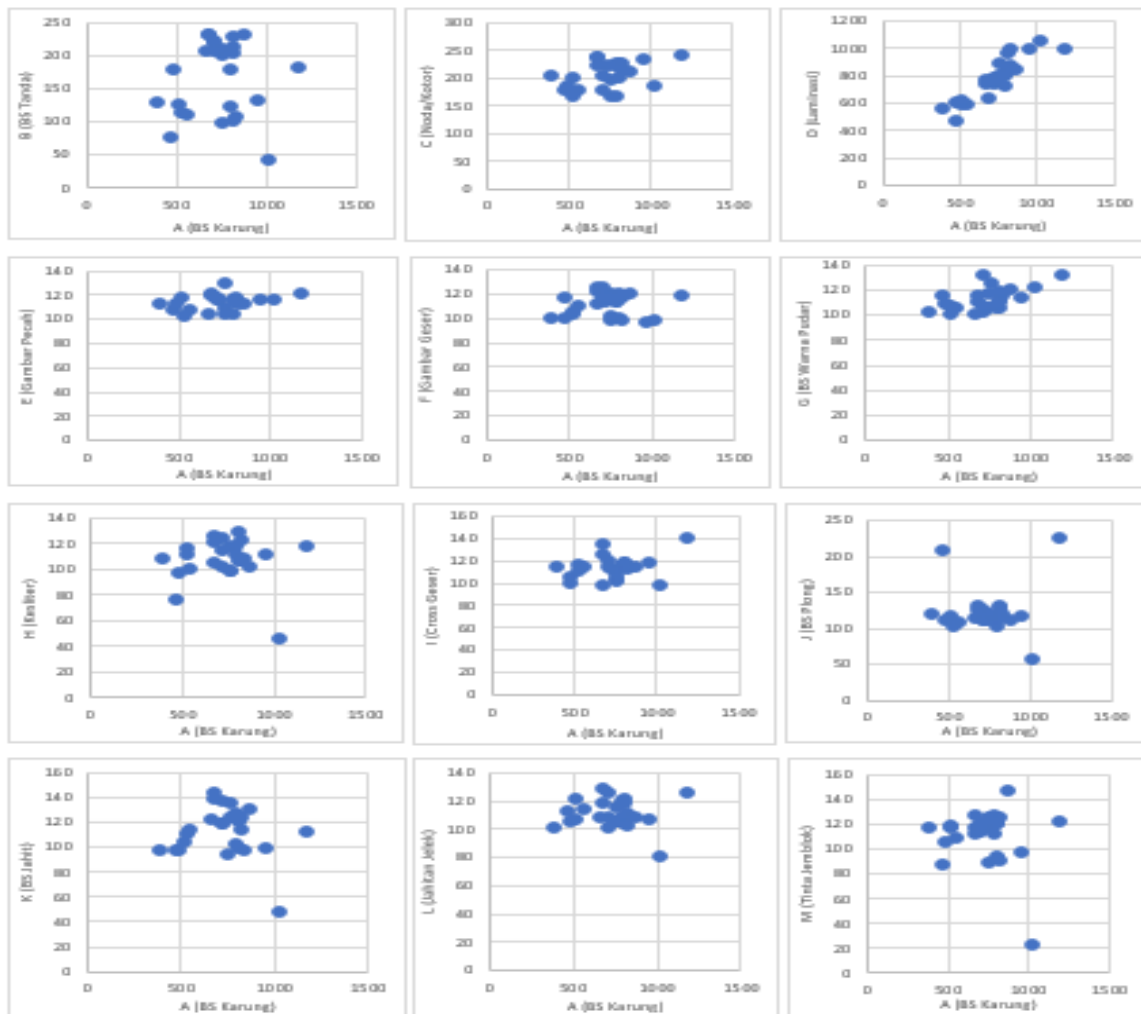
Tabel 2 Stratifikasi Produk Karung Plastik

No	Jenis Defect	Jumlah Defect	Presentase (%)	Akumulasi Cacat (%)
----	--------------	---------------	----------------	---------------------

1	Laminasi	20144	26,76	26,76
2	BS Karung	19207	25,52	52,28
3	Noda/Kotor	5353	7,11	59,39
4	BS Tanda	4288	5,96	65,35
5	BS Plong	3138	4,26	69,61
6	Gambar Pecah/Melipat	2953	3,92	73,53
7	Cross Geser	2936	3,9	77,43
8	BS Jahit	2923	3,88	81,31
9	BS Warna Pudar	2913	3,87	85,18
10	Jahitan Jelek	2879	3,82	89
11	Gambar Geser	2868	3,81	92,81
12	Tinta Jemblok	2864	3,80	96,61
13	Keslitter	2788	3,70	100
	Total	75254	100	100

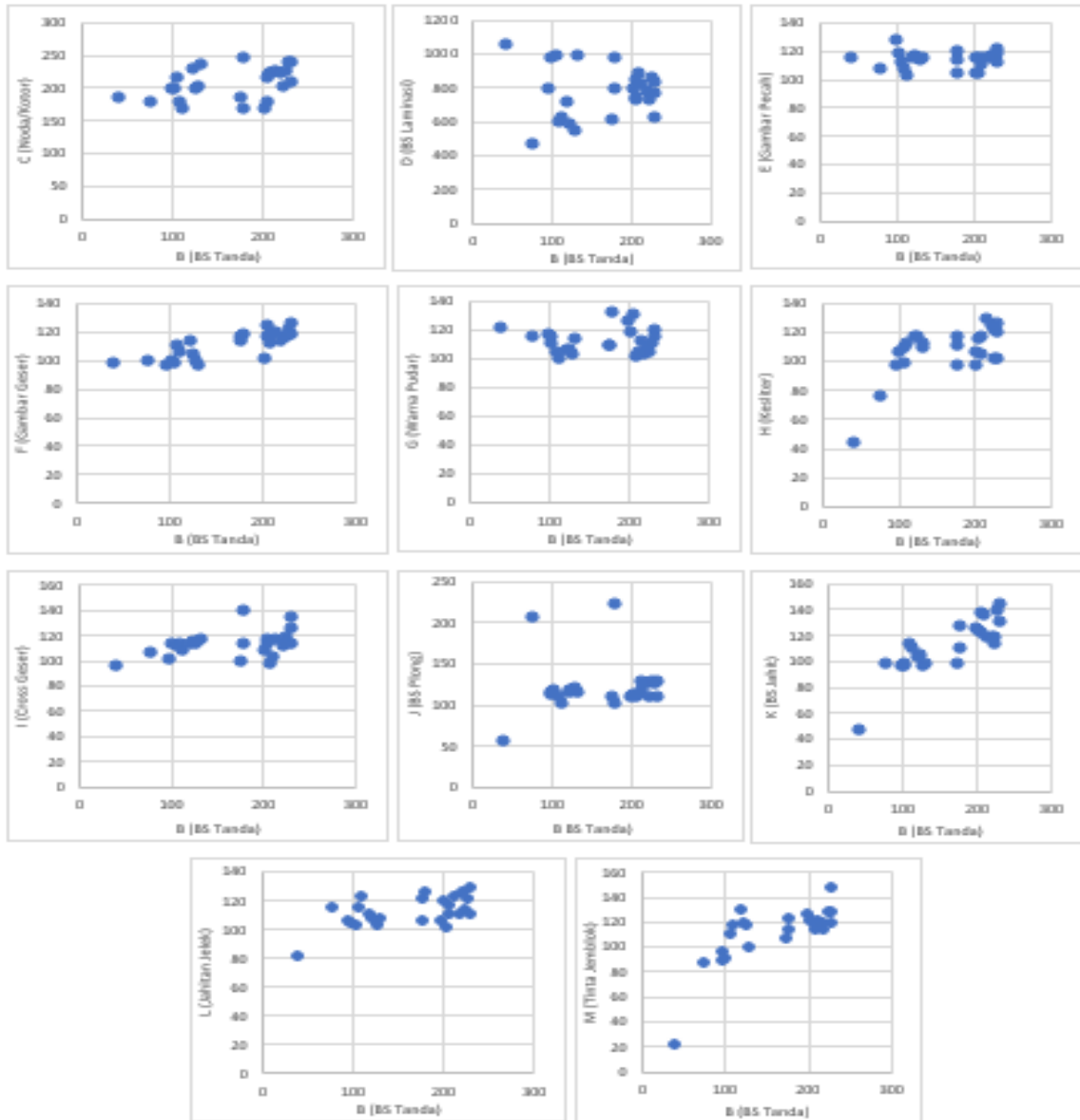
3.6. Diagram Penyebaran (Scattered Diagram)

Scattered Diagram menggambarkan hubungan atau koneksi suatu pemicu (variabel) dengan variabel lain atau dengan dampak atau ciri-ciri lainnya. Adapun scatter diagram defect karung plastik dapat dilihat pada Gambar 5 sampai dengan 16.



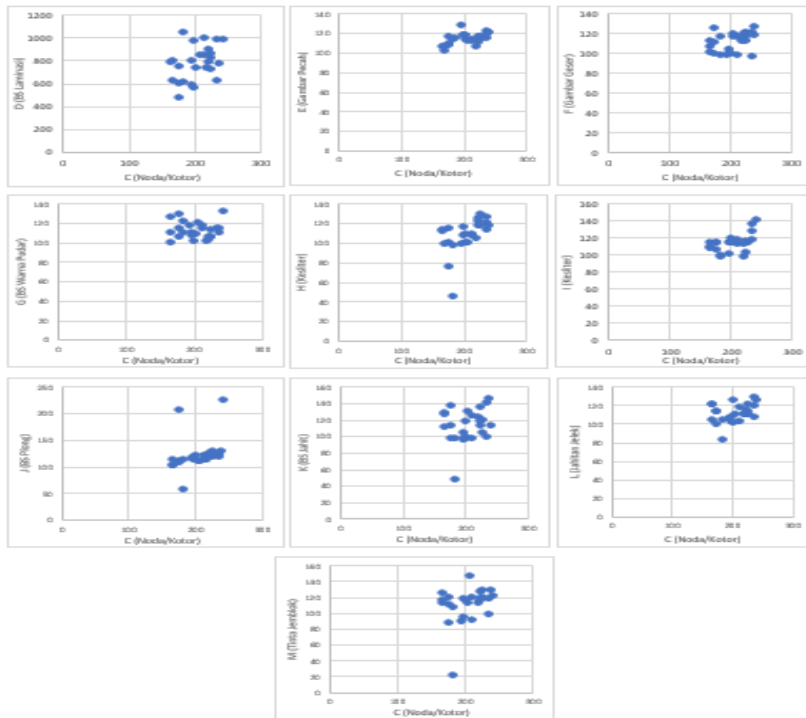
Gambar 5 Scatter Diagram Korelasi antara BS Karung dengan defect lainnya

Berdasarkan grafik hasil yang ditunjukkan pada Gambar 5, *scatter diagram* memberikan pola nonlinier atau menyebar, yang menyiratkan bahwa variabel X tidak terkait dengan variabel Y karena tidak ada kecenderungan untuk nilai tertentu antara BS Karung terhadap nilai-nilai pada *defect* lainnya.



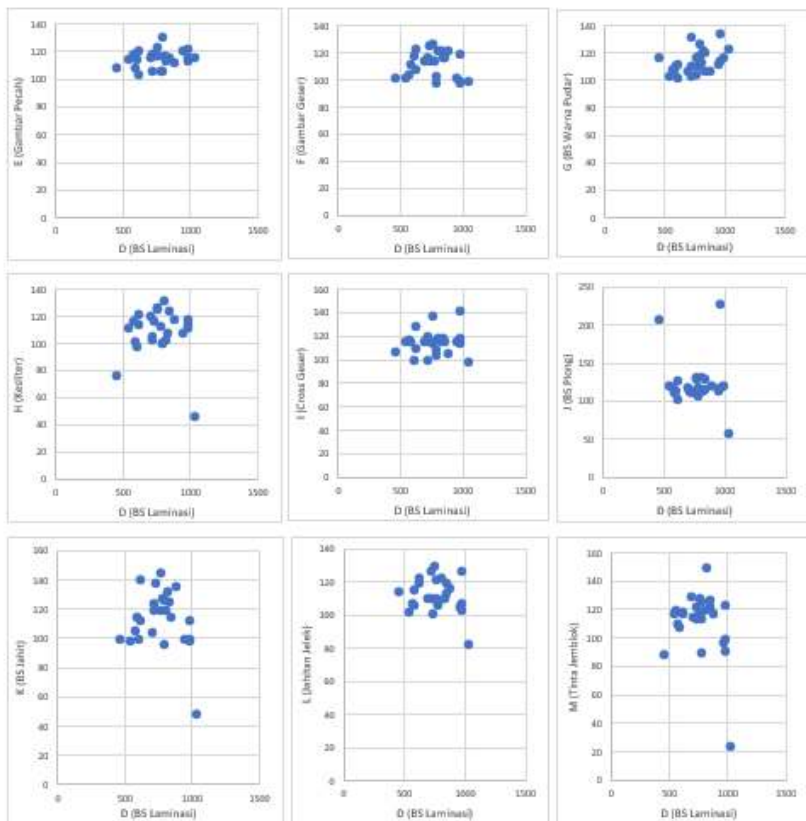
Gambar 6 *Scatter Diagram* Korelasi antara BS Tanda dengan *defect* lainnya

Berdasarkan grafik hasil yang ditunjukkan pada Gambar 6, *scatter diagram* memberikan pola nonlinier atau menyebar, yang menyiratkan bahwa variabel X tidak terkait dengan variabel Y karena tidak ada kecenderungan untuk nilai tertentu antara BS Tanda dengan *defect* lainnya.



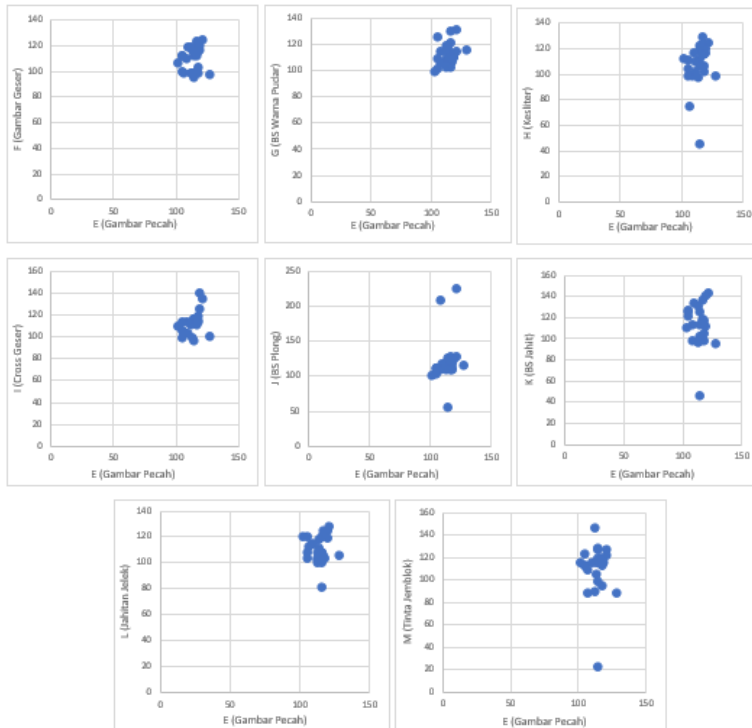
Gambar 7. Scatter Diagram Korelasi antara Noda atau Kotor dengan defect lainnya

Berdasarkan grafik hasil yang ditunjukkan pada Gambar 7, *scatter diagram* memberikan pola nonlinier atau menyebar, yang menyiratkan bahwa variabel X tidak terkait dengan variabel Y karena tidak ada kecenderungan untuk nilai tertentu antara Noda atau Kotor dengan defect lainnya



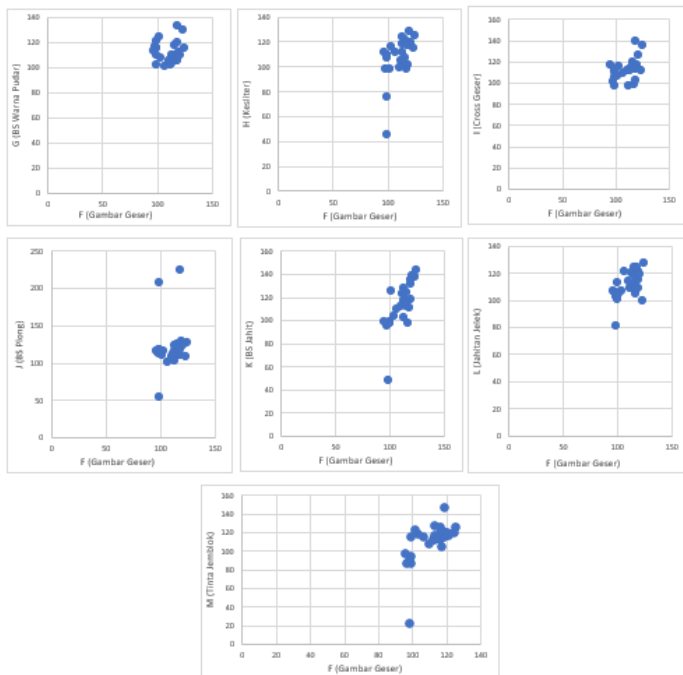
Gambar 8. Scatter Diagram Korelasi antara BS Laminasi dengan defect lainnya

Berdasarkan grafik hasil yang ditunjukkan pada Gambar 8, *scatter diagram* memberikan pola nonlinier atau menyebar, yang menyiratkan bahwa variabel X tidak terkait dengan variabel Y karena tidak ada kecenderungan untuk nilai tertentu antara BS Laminasi dengan *defect* lainnya



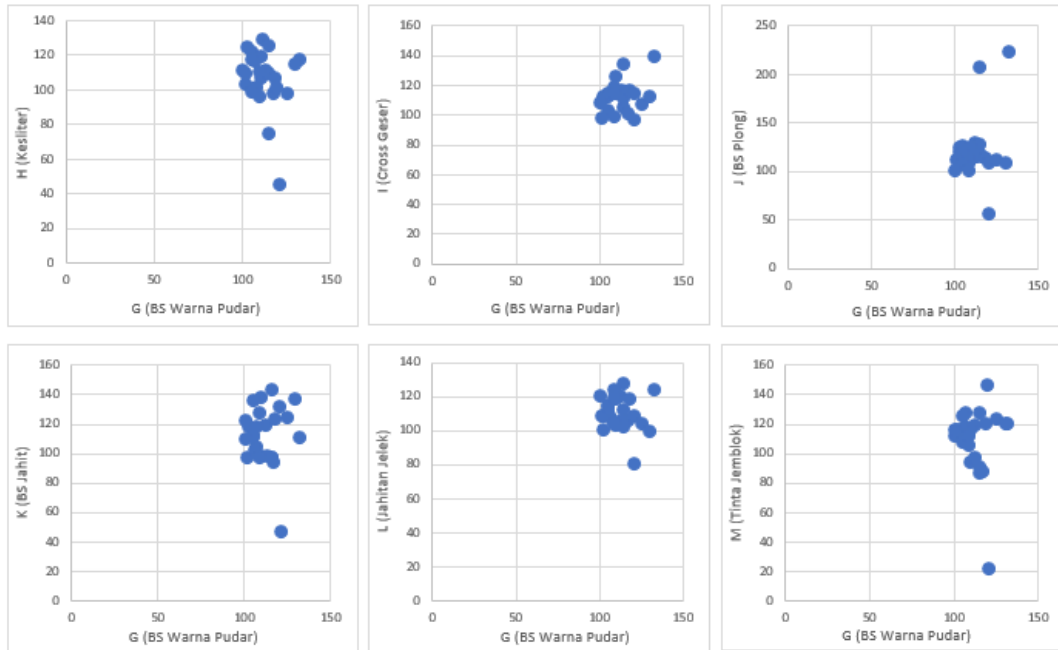
Gambar 9. *Scatter Diagram* Korelasi antara Gambar Pecah dengan *defect* lainnya

Berdasarkan grafik hasil yang ditunjukkan pada Gambar 9, *scatter diagram* memberikan pola nonlinier atau menyebar, yang menyiratkan bahwa variabel X tidak terkait dengan variabel Y karena tidak ada kecenderungan untuk nilai tertentu antara Gambar Pecah dengan *defect* lainnya.



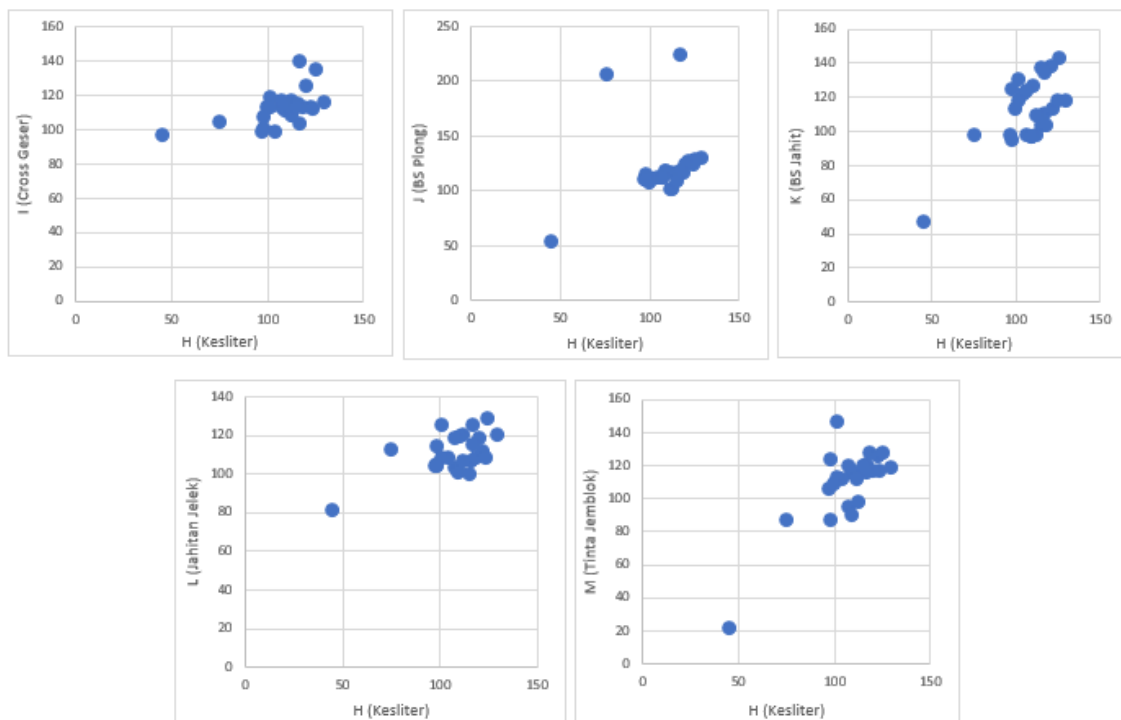
Gambar 10. Scatter Diagram Korelasi antara Gambar Geser dengan defect lainnya

Berdasarkan grafik hasil yang ditunjukkan pada Gambar 10, scatter diagram memberikan pola nonlinier atau menyebar, yang menyiratkan bahwa variabel X tidak terkait dengan variabel Y karena tidak ada kecenderungan untuk nilai tertentu antara Gambar Geser dengan defect lainnya.



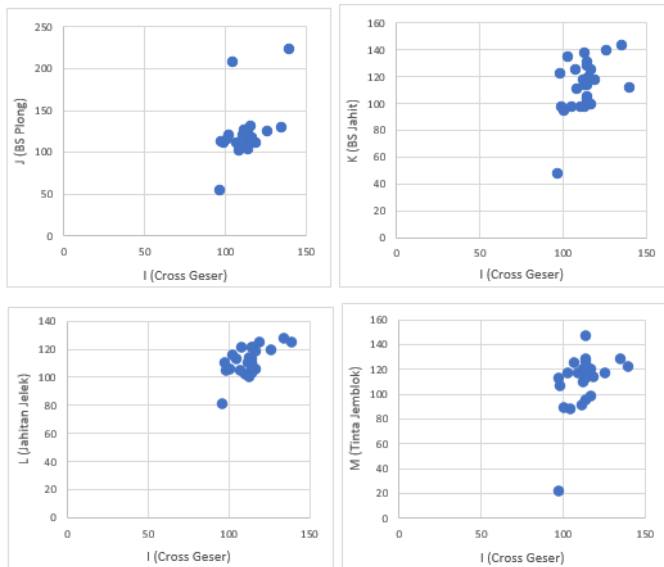
Gambar 11. Scatter Diagram Korelasi antara BS Warna Pudar dengan defect lainnya

Berdasarkan grafik hasil yang ditunjukkan pada Gambar 11, scatter diagram memberikan pola nonlinier atau menyebar, yang menyiratkan bahwa variabel X tidak terkait dengan variabel Y karena tidak ada kecenderungan untuk nilai tertentu antara BS Warna Pudar dengan defect lainnya.



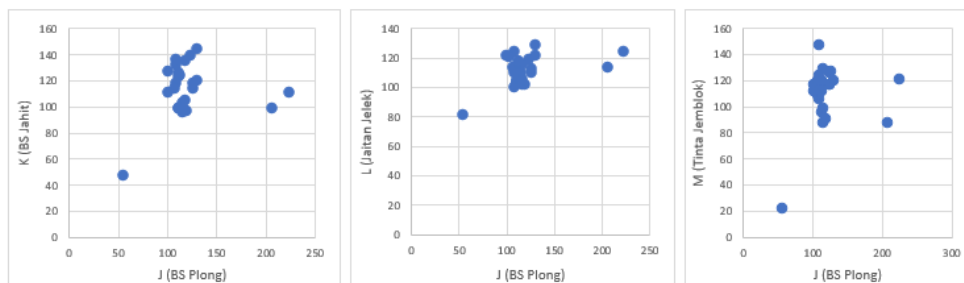
Gambar 12. *Scatter Diagram* Korelasi antara Keslitter dengan *defect* lainnya

Berdasarkan grafik hasil yang ditunjukkan pada Gambar 12, *scatter diagram* memberikan pola nonlinier atau menyebar, yang menyiratkan bahwa variabel X tidak terkait dengan variabel Y karena tidak ada kecenderungan untuk nilai tertentu antara Keslitter dengan *defect* lainnya.



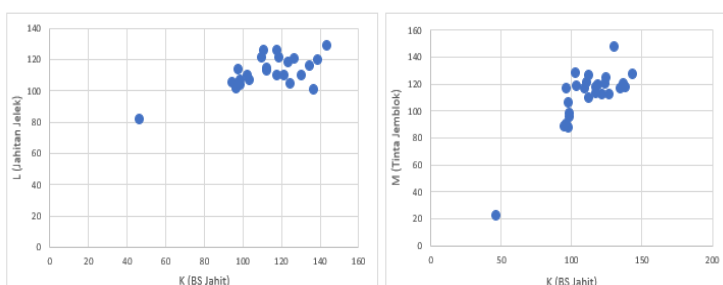
Gambar 13. *Scatter Diagram* Korelasi antara Cross Geser dengan *defect* lainnya

Berdasarkan grafik hasil yang ditunjukkan pada Gambar 13, *scatter diagram* memberikan pola nonlinier atau menyebar, yang menyiratkan bahwa variabel X tidak terkait dengan variabel Y karena tidak ada kecenderungan untuk nilai tertentu antara Cross Geser dengan *defect* lainnya.



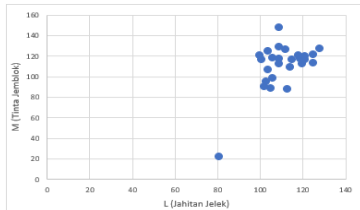
Gambar 14. *Scatter Diagram* Korelasi antara BS Plong dengan *defect* lainnya

Berdasarkan grafik hasil yang ditunjukkan pada Gambar 14, *scatter diagram* memberikan pola nonlinier atau menyebar, yang menyiratkan bahwa variabel X tidak terkait dengan variabel Y karena tidak ada kecenderungan untuk nilai tertentu antara BS Plong dengan *defect* lainnya.



Gambar 15. Scatter Diagram Korelasi antara BS Jahit dengan defect lainnya

Berdasarkan grafik hasil yang ditunjukkan pada Gambar 15, scatter diagram memberikan pola nonlinier atau menyebar, yang menyiratkan bahwa variabel X tidak terkait dengan variabel Y karena tidak ada kecenderungan untuk nilai tertentu antara BS Jahit dengan defect lainnya.

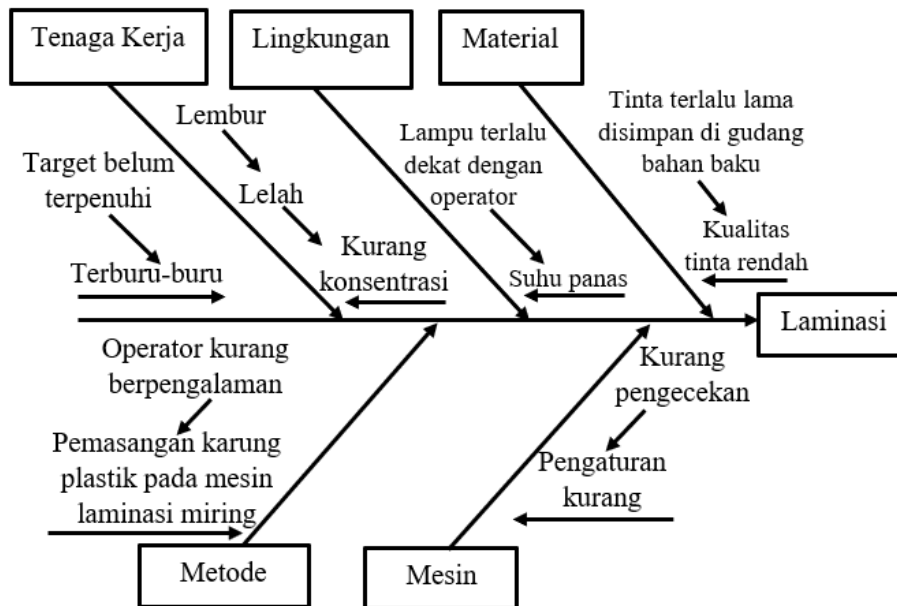


Gambar 16. Scatter Diagram Korelasi antara Jahitan Jelek dengan defect Tinta Jemblok

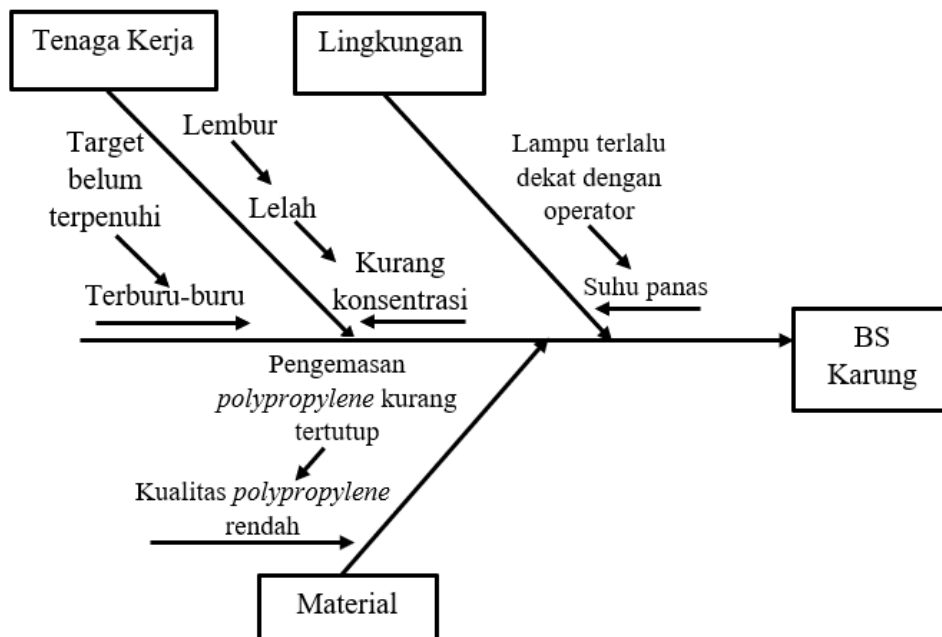
Berdasarkan grafik hasil yang ditunjukkan pada Gambar 16, scatter diagram memberikan pola nonlinier atau menyebar, yang menyiratkan bahwa variabel X tidak terkait dengan variabel Y karena tidak ada kecenderungan untuk nilai tertentu antara Jahitan Jelek dengan defect Tinta Jemblok.

3.7. Diagram Sebab Akibat (Fishbone Diagram)

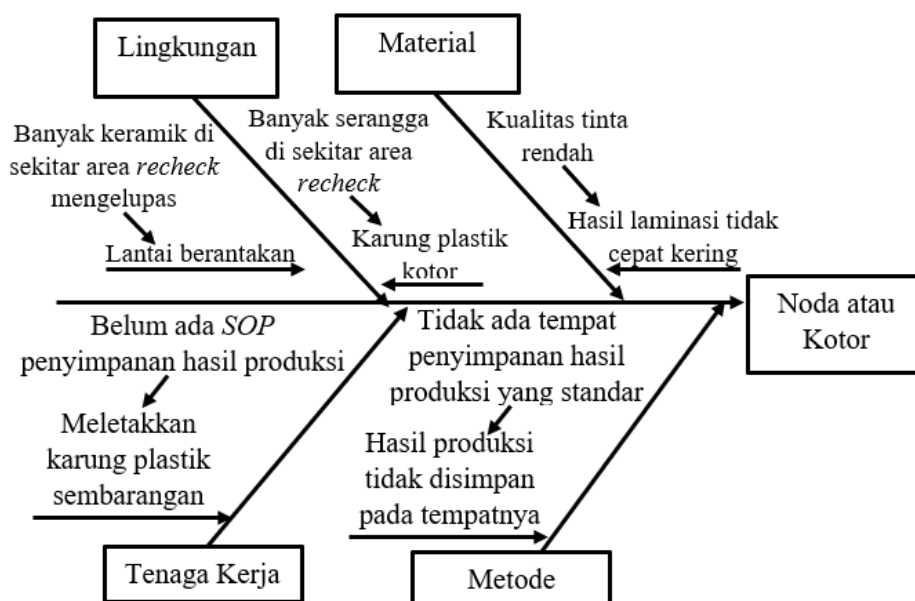
Fishbone Diagram digunakan untuk mengkaji penyebab dari permasalahan utama yang terjadi di PT WXY. Dalam penelitian ini, permasalahan yang menjadi dasar dari fishbone diagram adalah tiga teratas dari sekian banyak defect yang terjadi dalam pembuatan karung plastik. Adapun fishbone diagram dapat dilihat pada Gambar 17 sampai dengan Gambar 19.



Gambar 17. Fishbone diagram Laminasi



Gambar 18. Fishbone diagram BS Karung



Gambar 19. Fishbone diagram Noda atau Kotor

Berdasarkan *fishbone diagram* dapat diketahui faktor-faktor yang menyebabkan cacat pada produk karung plastik, maka perlu dilakukan langkah-langkah perbaikan sebagai berikut:

1) Faktor Tenaga Kerja

- a) Meningkatkan pengawasan pada line tersebut, agar motivasi kerja operator meningkat dan lebih konsentrasi dalam bekerja.
- b) Setelah operator selesai melakukan proses produksi seharusnya mengecek terlebih dahulu hasilnya.
- c) Membuat SOP (*Standar Operating Procedure*) mengenai penyimpanan hasil produksi.

2) Faktor Metode

- a) Meningkatkan pengawasan pada bagian tersebut, agar motivasi kerja operator meningkat dan lebih teliti dalam bekerja.
- b) Membuat SOP (*Standar Operating Procedure*) mengenai penyimpanan hasil produksi.

3) Faktor Mesin

- a) Melakukan pengecekan mesin yang digunakan operator tersebut secara rutin, minimal 3 minggu sekali.

4) Faktor Material

- a) Membuat SOP penyimpanan *polypropylene*.
- b) Melakukan pengecekan tanggal *expired* pada tinta sebelum digunakan untuk proses produksi.

5) Faktor Lingkungan

- a) Lampu diganti dengan lampu LED agar tidak menyebabkan suhu menjadi panas.
- b) Ventilasi sebaiknya dibuat lebih tertutup.
- c) Mengganti keramik lantai yang mengelupas dengan keramik baru.

4. KESIMPULAN

- a. Berdasarkan data yang sudah diperoleh diketahui jumlah produksi selama bulan November tahun 2020 yaitu sebanyak 1584040 pcs dengan jumlah *defect* sebanyak 75254 pcs atau 4,7%.
- b. Proses produksi karung plastik terdapat 13 *defect*, jenis *defect* paling banyak yaitu Laminasi dengan jumlah kerusakan 26,76%. Kemudian BS Karung sebanyak 25,52%, noda/kotor sebanyak 7,11%, BS tanda sebanyak 5,96%, BS plong sebanyak 4,26%, gambar pecah/melipat sebanyak 3,92%, cross geser sebanyak 3,90%, BS jahit sebanyak 3,88%, BS warna pudar sebanyak 3,87%, sebanyak 3,82%, gambar geser sebanyak 3,81%, tinta jemblok sebanyak 3,80% dan yang terakhir kesliter sebanyak 3,70%.
- c. Berdasarkan pengendalian kualitas menggunakan peta kendali p dapat diketahui bahwa terdapat data yang melewati batas atas dan batas bawah sebanyak 18 data.
- d. Untuk analisis menggunakan diagram *Fishbone* dapat diketahui faktor penyebab *defect* yaitu manusia, terlalu banyak beban target dan lembur sehingga menyebabkan kelelahan serta kurangnya konsentrasi. Metode, pekerja kurang teliti dalam menerapkan metode yang sesuai dengan SOP (*Standar Operating Procedure*). Material, kurangnya inspeksi mengenai bahan baku dan bahan penolong yang digunakan sehingga menyebabkan banyak produk *defect*. Mesin, kurangnya perawatan (*maintenance*) dan pengecekan rutin yang menyebabkan performa mesin turun. Lingkungan, suhu terlalu panas hingga banyak serangga dan banyak keramik yang mengelupas sehingga mempengaruhi kerja operator dan menyebabkan banyak produk *defect*.

Referensi

- Abdul Kadir. (2001). “*Dasar Pemrograman Web Dinamis Menggunakan PHP*”. Yogyakarta : Penerbit Andi.
- Hartini, S. (2012). Peran Inovasi: Pengembangan Kualitas Produk dan Kinerja Bisnis. *Jurnal Manajemen Dan Kewirausahaan*, 14(1), 82–88. <https://doi.org/10.9744/jmk.14.1.83-90>
- Idris, I., Sari, R. A., Wulandari, & Uthumporn. (2016). Pengendalian Kualitas Tempe Dengan Metode Seven Tools. *Jurnal Teknovasi*, 3(1), 66–80.
- Kolina, N., Bisnis, P. M., Manajemen, P. S., & Petra, U. K. (2013). Analisis Deskriptif Strategi Bersaing Pada Perusahaan Manufaktur Plastik. *Jurnal AGORA*, 1(1).
- Matondang, T. P., & Ulkhaq, M. M. (2018). Aplikasi Seven Tools untuk Mengurangi Cacat Produk White Body pada Mesin Roller. *Jurnal Sistem Dan Manajemen Industr*, 2(2), 59–66.
- Momon, A. (2012). Implementasi Sistem Pengendalian Kualitas dengan Metode Seven Tools Terhadap Produk Shotblas pada Proses Cast Wheel di PT. XYZ. *Jurnal Solusi*, 10(21), 1–14.
- Wisnubroto, P., Oesman, T. I., & Kusniawan, W. (2018). Pengendalian Kualitas Terhadap Produk Cacat Menggunakan Metode Seven Tool Guna Meningkatkan Produktivitas di CV. Madani Plast Solo. *Industrial Engineering Journal of The University of Sarjanawiyata Tamansiswa*, 2(2), 82–91.
- Yuliasih, N. kadek. (2014). Analisis Pengendalian Kualitas Produk Pada Perusahaan Garmen Wana Sari Tahun 2013. *Jurnal Pendidikan Ekonomi Undiksha*, 4(1), 1–2.

PERANCANGAN SISTEM PERINGATAN DINI BENCANA BANJIR DENGAN NOTIFIKASI MASSAL BERBASIS APLIKASI TELEGRAM

Seno Aji

Ahli Madya Teknik Elektronika, praktisi dan penghobi elektronika dan teknik informatika

Email : senopragolaaji@gmail.com

Abstrak

Kenaikan tinggi muka air banjir yang bisa terjadi secara cepat menyebabkan warga terdampak kurang bisa mengantisipasi datangnya banjir. Perancangan sistem ini dimaksudkan sebagai pemberi peringatan dini kepada warga masyarakat terdampak akan datangnya banjir. Sistem ini mampu memberikan informasi secara langsung kepada masyarakat luas mengenai ketinggian air sungai dan status kewaspadaan secara *real time*, sehingga masyarakat bisa mengantisipasi dan mempunyai waktu untuk menyelamatkan diri sebelum banjir datang. Sistem ini bekerja secara otomatis sehingga tidak memerlukan operator khusus, dan masyarakat luas bisa mengakses langsung peringatan dini dari rumah masing-masing sehingga sangat sesuai diterapkan di masa normal baru (*new normal*), dimana disyaratkan mengurangi mobilitas yang tidak penting dan menjauhi kerumunan. Menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04 untuk membaca ketinggian muka air, data diumpankan ke mikroprosesor untuk diolah dan ditentukan tingkat bahaya atau status kewaspadaannya sekaligus memprosesnya agar dapat di-*broadcast* dan mengirimnya dengan sebuah perangkat *wifi client* lewat internet ke banyak perangkat android yang dipasangkan aplikasi Telegram. Mikroprosesor dan *wifi client* terintegrasi dalam sebuah modul ESP8266.

Kata kunci : Sistem Peringatan Dini Banjir, era normal baru, pesan grup Telegram, HC-SR04, ESP8266

Abstract

The increase in flood water levels that can occur quickly causes affected residents to be less able to anticipate the arrival of floods. The design of this system is intended as an early warning to residents affected by the impending flood. This system is able to provide information directly to the wider community regarding river water levels and alert status in real time, so that people can anticipate and have more time to save themselves before the flood comes. This system works automatically so it does not require special operators, and peoples may access the early warning directly from their own homes, so it's very suitable to be applied in the new normal era, which is required to reduce unnecessary mobility and stay away from crowds. Using the ultrasonic sensor HC-SR04 to read the water level, the data is fed to the microprocessor for processing and determining the level of danger or alert status so that it can be broadcast and send it with a wifi client device via the internet to many android devices with the Telegram application installed. The microprocessor and wifi client are integrated in an ESP8266 module.

Keywords : Flood Early Warning System, *new normal era*, Telegram group message, HC-SR04, ESP8266

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Kerusakan alam akibat penggundulan hutan, alih fungsi lahan, penebangan pohon semena-mena maupun perubahan bentang alam secara sengaja menyebabkan bencana banjir sering melanda negeri kita. Curah hujan sedikit tinggi saja sudah mampu menyebabkan banjir. Bahkan fenomena banjir kiriman akibat curah hujan tinggi di bagian hulu sungai bisa menyebabkan banjir di wilayah hilir, tanpa masyarakat sekitar menyadari bencana banjir sedang mengancam.

Kondisi seperti ini menyebabkan banyaknya jatuh korban baik korban harta maupun nyawa. Masyarakat terdampak tidak punya waktu yang cukup untuk menyelamatkan diri akibat kurangnya informasi akan datangnya banjir. Faktor waktu diterimanya informasi juga sangat menentukan keselamatan korban. Informasi yang terlambat datang akan menyebabkan jatuh korban karena kurangnya antisipasi yang cukup.

Oleh karena itu sistem ini dirancang untuk mengatasi permasalahan di atas. Diharapkan jika banjir akan melanda, yang ditandai dengan naiknya permukaan air sungai, sensor ultrasonik akan membaca ketinggian muka air sungai, menentukan status tingkat kewaspadaannya, dan akan menyebarkannya melalui pesan di grup Telegram. Data ini beserta status kewaspadaannya akan dapat diketahui oleh seluruh masyarakat terdampak secara *real time*. Dengan demikian, mereka masing-

masing mempunyai cukup waktu untuk menyelamatkan diri dan harta bendanya.

Karena sistem ini bekerja secara otomatis, maka tidak lagi diperlukan operator yang harus mengawasinya. Masyarakat pun bisa mengakses peringatan dini dari rumah. Dengan demikian, era normal baru yang mensyaratkan mengurangi pergerakan orang dan mengurangi pertemuan tatap muka secara langsung akan bisa dipenuhi dengan sistem ini.

B. Permasalahan

Bagaimana merancang sebuah sistem peringatan dini untuk bencana banjir yang efektif, efisien, bekerja secara *real time*, mampu menjangkau banyak orang sekaligus memenuhi syarat untuk diterapkan pada era normal baru (*new normal*)?

II. BAHAN DAN METODE

A. Bahan Percobaan

1. Sensor Ultrasonik HC-SR04

Pemilihan sensor ultrasonik dilakukan dengan memperhatikan segi akurasi, kepraktisan, efisiensi dan kehandalan perangkat. Seperti diketahui, saat ini ada tujuh jenis sensor ketinggian muka air yang biasa dipakai [4], yaitu :

- 1) Sensor radar terpantul
- 2) Sensor hidrostatis
- 3) Sensor ultrasonik
- 4) Sensor Apung (*float sensor*)
- 5) Sensor kapasitif
- 6) Sensor radiometrik

Dari keenam jenis sensor tersebut, sensor ultrasonik merupakan sensor yang merupakan kompromi dari keakuratan, daya tahan, kemudahan instalasi, dan harga.

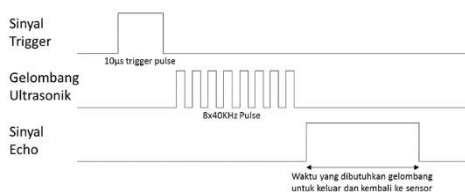
Gambar 1. Sensor Ultrasonik HC-SR04



Sensor ini menurut spesifikasi sanggup mengukur jarak dari 2 cm sampai 450 cm, sehingga cocok dipakai sebagai sensor ketinggian muka air sungai yang tidak memerlukan kemampuan sensor mengukur terlalu jauh atau dalam.

Sensor ultrasonik bekerja berdasarkan prinsip pemantulan suara. Perintah pemancaran yang diberikan pada *trigger pin* akan memicu pemancaran pulsa dengan frekuensi 40KHz selama 10µs dengan sudut pancaran sebesar 15°. Akhir pemancaran pulsa memicu level TTL *high* pada *echo pin*, kemudian pada saat pantulannya diterima oleh penerima ultrasonik akan memicu level TTL *low* pada *echo pin* [1].

Gambar 2. Diagram Waktu



Selang waktu (durasi) antara saat pemancaran pulsa dan penerimaan pulsa adalah sebesar lebar pulsa (*pulse width*) sinyal *echo* dan diukur secara perangkat lunak. Dengan mengetahui kecepatan rambat gelombang suara di udara, maka jarak obyek yang diukur bisa dihitung dengan persamaan :

$$S = v \times t$$

dimana S = jarak obyek dalam m
 v = kecepatan rambat suara dalam m/s
 t = durasi dalam s

Dengan mengetahui kecepatan rambat suara di udara bebas sebesar 340 m/s, lintasan pulsa 2 kali jarak (pergi dan datang) serta durasi yang hanya terjadi dalam hitungan µs, maka untuk mendapatkan jarak obyek dalam satuan cm persamaan di atas diturunkan menjadi :

$$S = 0,017 \times t$$

dimana S = jarak obyek dalam cm
 t = durasi dalam µs

Dalam spesifikasi produknya, dinyatakan bahwa akurasi sensor ini mencapai 0,3 cm [3].

Tabel 1. Spesifikasi HC-SR04

1	Catu daya	5V DC
2	Arus <i>Idle</i>	< 2mA
3	Arus Kerja	15mA
4	Sudut Ukur	30°
5	Sudut Efektif	15°

6	Jangkauan Ukur	2 – 400cm
7	Sinyal Trigger Input	10ms
8	Resolusi	0,3cm
9	Dimensi	45x20x15mm

Sementara menurut hasil percobaan pengukuran yang telah dilakukan oleh M. Kaur dan J. Pal menunjukkan akurasi yang baik dalam rentang pengukuran yang dibutuhkan dalam perancangan ini, yaitu 0,1% pada jarak 180cm ke atas [2].

Tabel 2. Hasil Pengukuran Aaktual [2]

No.	Jarak Aktual (cm)	Jarak Ukur (cm)	% Error
1	20	22,40	12
2	40	43	7,5
3	60	63,40	5,66
4	80	84,05	5,06
5	100	101,40	1,40
6	120	120,80	0,66
7	140	140,30	0,21
8	160	160,60	0,37
9	180	180,20	0,11
10	200	200,20	0,10

2. ESP8266-12F

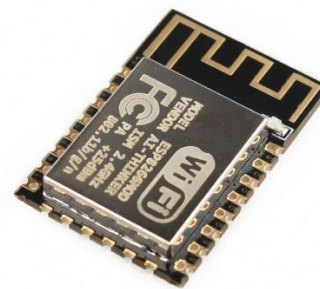
ESP8266 adalah sebuah *System on a Chip* atau SoC yang diproduksi oleh Espressif, sebuah perusahaan asal China. Sistem ini bekerja dengan sebuah unit mikrokontroller (MCU) 32 bit Tensilica L106 dan sebuah Wi-Fi *transceiver* [5].

ESP8266-12F atau sering juga disebut ESP-12F adalah salah satu varian dari keluarga ESP8266 yang dikembangkan oleh Ai-Thinker Technology. Mempunyai *form factor* SMD 22 *pin* dengan 9 *pin* di antaranya adalah

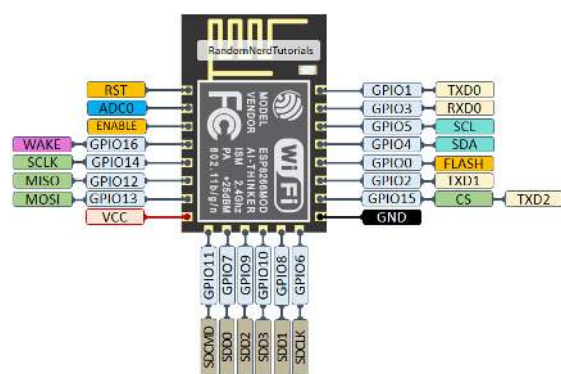
GPIO (*General Purpose Inpit Output*) dan sepasang *pin* Tx dan Rx. Sebagai perbandingan, varian pendahulunya, ESP-01 hanya mempunyai 2 *pin* GPIO dan sepasang *pin* Tx dan Rx.

Pada perancangan sistem ini pemrograman ESP-12F menggunakan Arduino IDE (*Integrated Development Environment*) yang merupakan perangkat lunak untuk penulisan program, proses *compile* dan pengunggah ke *board* sistem berbasis Arduino. Susunan program berbasis Arduino sendiri biasa disebut sebagai *sketch*.

Gambar 3. ESP-12F



Gambar 4. ESP-12F *Pinout* Diagram



3. Aplikasi Telegram

Aplikasi Telegram adalah sebuah aplikasi pengiriman pesan multi platform tidak berbayar yang dikembangkan oleh Nikolai dan Pavel Durov serta bisa

dioperasikan di Android, Windows, Linux maupun MacOS. Kelebihan aplikasi ini dibanding dengan aplikasi pengiriman pesan lain adalah pihak pengembang memungkinkan pemakai menggunakan API secara tidak berbayar.

API atau *Application Programming Interface* adalah sebuah program *interface* yang berfungsi sebagai perantara antar aplikasi atau bahkan antar platform. Dengan diijinkannya pemakaian membuat API, maka seorang pengembang tidak perlu harus membangun perangkat lunaknya mulai dari nol untuk bisa terhubung dengan aplikasi ini.

Bot atau *Robot* adalah bentuk API yang banyak digunakan oleh pengembang untuk mengotomasikan perangkatnya melalui aplikasi Telegram. *Bot* bisa bertindak sebagai pemicu eksekusi program lain baik dalam satu platform maupun berbeda platform. Dan ini diijinkan secara penuh dan tidak berbayar oleh pengembang Telegram.

Sistem yang penulis bangun menggunakan fitur *bot* ini sebagai sarana penghubung dengan aplikasi Telegram. *Bot* ini berfungsi sebagai pengatur pengiriman notifikasi berupa ketinggian muka air sungai dan status kewaspadaan yang dihasilkan oleh MCU untuk dikirimkan melalui aplikasi Telegram ke akun-akun Telegram yang telah didaftarkan dalam sebuah *group*.

Tersedia dua jenis pengiriman pesan secara massal, yaitu *group* dan *channel*. Perbedaan utamanya adalah pada *group*

anggota hanya bisa ditambahkan oleh admin, dan semua anggota *group* bisa berinteraksi langsung dengan anggota lain. Namun pada *channel* anggota (disebut pelanggan atau *subscriber*) bisa bergabung tanpa harus melalui admin dan pelanggan hanya bisa menerima pesan tanpa bisa membalas.

Dari uraian di atas penulis memilih *group*, agar antar anggota bisa saling bertukar informasi jika diperlukan saat terjadinya status siaga.

4. Catu Daya

Pada perancangan sistem ini menggunakan catu daya 12Volt DC 1A. Namun karena kebutuhan tegangan ada 2 yaitu 5Volt dan 3,3Volt, maka digunakan regulator *dual voltage* untuk menghasilkan kedua tegangan tersebut dari catu daya tunggal 12Volt.

Tegangan 5Volt digunakan untuk mencatu sensor ultrasonik HC-SR04 dengan arus kerja sebesar 15mA dan tegangan 3,3Volt digunakan untuk mencatu ESP-12F dengan arus kerja sebesar 71mA.

Gambar 5. Regulator *Dual Voltage*

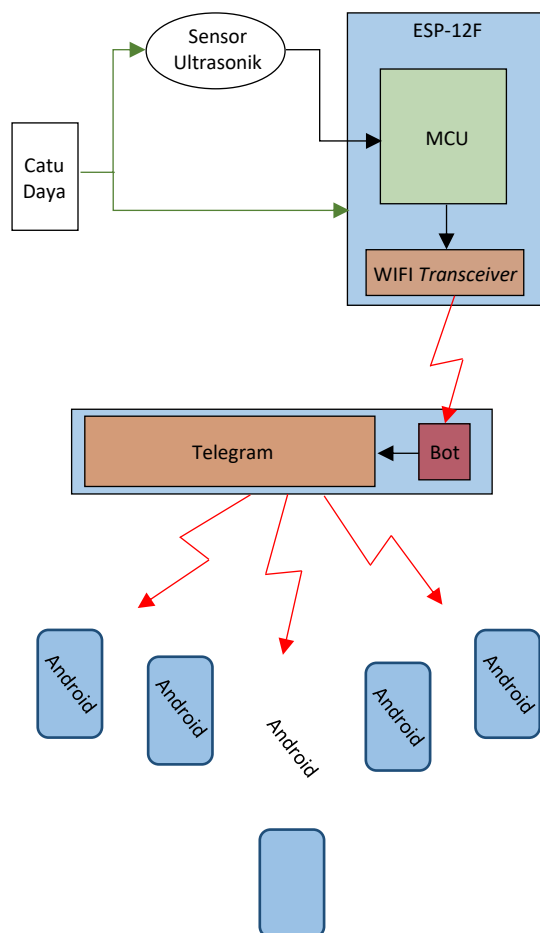


Total arus kerja yang diambil dari catu daya hanya 86mA, sehingga catu daya 1A sudah sangat mencukupi.

B. Perancangan dan Pembuatan Sistem

Dalam gambar 6 diperlihatkan arsitektur perancangan sistem ini, dimana sensor ultrasonik memberikan data berupa durasi pembacaan dan diumpankan ke unit mikrokontroler. Data diproses di unit mikrokontroler dan diterjemahkan sebagai data ketinggian muka air sungai.

Gambar 6. Arsitektur Sistem



Kemudian nilai ketinggian muka air ini dibandingkan dengan data tingkat bahaya atau tingkat kewaspadaan yang

dibuat berdasarkan kondisi aktual sungai yang akan dipasang sistem ini.

Dalam perancangan sistem ini dianggap kedalaman sungai adalah 6 meter. Tingkat kewaspadaannya ditentukan seperti ditunjukkan oleh tabel 3.

Tabel 3. Penentuan Tingkat Kewaspadaan Sesuai Tinggi Muka Air Sungai

Tinggi Muka Air dalam Meter	Tingkat Kewaspadaan
3 – 4 meter	Siaga 3
4 – 5 meter	Siaga 2
di atas 5 meter	Siaga 1

Gambar 7. Diagram Alir

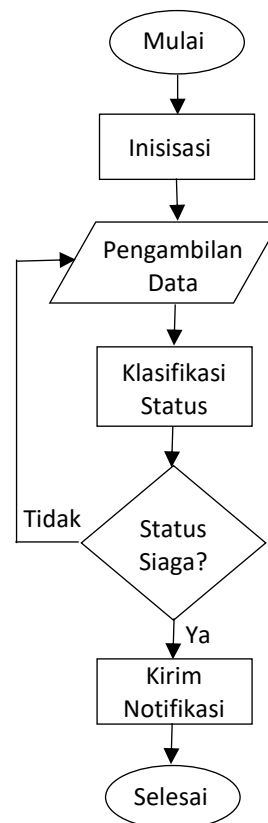


Diagram alir (flowchart) pada gambar 7 memperlihatkan bagaimana data diproses dari saat masih berupa pembacaan durasi oleh sensor sampai dikirim ke

Telegram melalui sebuah *bot*. Data ketinggian muka air sungai berikut status tingkat kewaspadaan dikirimkan ke *bot* Telegram melalui jaringan internet oleh Wi-Fi *transceiver*, selanjutnya oleh *bot* dikirimkan ke seluruh akun anggota grup yang dinamakan “Flood Early Warning System” melalui aplikasi Telegram.

Jeda pengiriman notifikasi diatur secara berjenjang sesuai tingkatan status kewaspadaan. Pada status siaga 3, pengiriman notifikasi tiap 20 menit sekali, pada status siaga 2 tiap 10 menit sekali dan pada siaga 3 tiap 2 menit sekali.

Pembuatan *bot* Telegram dilakukan dengan membuat permintaan penggunaan *bot* pada aplikasi Telegram. Permintaan dilakukan dengan mengirim perintah “/newbot” ke @BotFather. Selanjutnya @BotFather akan mengirim *token* dan ID akun *bot* yang kita dapatkan.

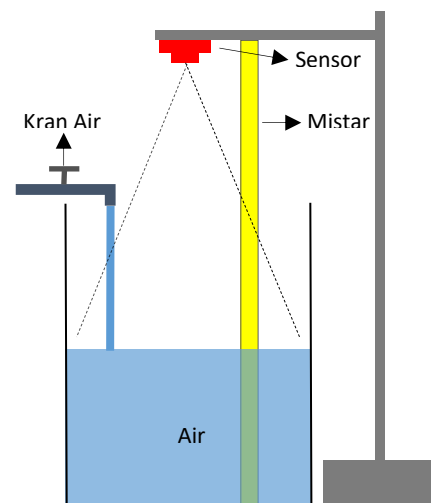
Agar bisa mengirim pesan ke dalam *group*, perlu dibuat sebuah *group* dimana batas maksimum anggotanya sebanyak 20.000 anggota. Setelah *group* dibuat, maka akun *bot* dimasukkan sebagai salah satu anggotanya. ID *group* inilah yang nantinya digunakan sebagai alamat pengiriman pesan.

C. PENGUJIAN SISTEM

Untuk pengujian sistem penulis menggunakan miniatur berskala dengan memanfaatkan bejana yang diisi air dan air ditambahkan melalui selang air sebagai peniru pertambahan ketinggian muka air sungai.

Sensor memancarkan frekuensi ultrasonik 40KHz, kemudian pantulannya diterima kembali. Durasi antara waktu pancar dan terima dikalkulasi dan dikirimkan ke aplikasi Telegram.. Sementara air dari kran ditambahkan sejak dari ketinggian 25 cm sampai ke 55 cm dari dasar bejana. Ini adalah permodelan menaikinya muka air sungai dari 2,5 meter sampai 5,5 meter dengan skala 1 : 10. Sementara air ditambahkan, aplikasi Telegram dipantau untuk memonitor pengiriman notifikasi baik data ketinggian muka air sungai (dalam meter) dan status kewaspadaannya.

Gambar 8. Model Pengujian



Karena kesulitan memperoleh bejana dengan kedalaman 600 cm, maka dalam model titik dasar bukan bejana dianggap mempunyai ketinggian 150 cm. Dengan demikian semua ukuran pada mistar model pada gambar 7 ditambahkan 15 cm sebagai kompensasi.

Penentuan tingkat kewaspadaan sesuai tinggi muka air sungai pada tabel 3 dalam pengujian menjadi seperti pada

tabel 4 berikut. Pada aplikasi sesungguhnya, tingkat kewaspadaan ini ditentukan berdasarkan kondisi sungai sesungguhnya, baik kedalaman maupun ketinggian tanggulnya.

Tabel 4. Penentuan Tingkat Kewaspadaan pada skala 1 : 10

Tinggi Muka Air dalam Meter		Tingkat Kewaspadaan
Faktual	Skala	
3 – 4 m	30 – 40 cm	Siaga 3
4 – 5 m	40 – 50 cm	Siaga 2
> 5 m	> 50 cm	Siaga 1

Namun dalam proses pengolahan oleh unit mikroprosesor data, penskalaan 1 : 10 dikembalikan tanpa skala sehingga pembacaan tetap seperti tabel 3. Pada notifikasi yang dikirim ke anggota *group* Telegram pun tetap mencantumkan data ketinggian muka air sungai sdalam meter esuai tabel 3. *Sketch* pembacaan data dan penskalaan beserta penjelasannya dapat dilihat pada gambar 9.

Demikian juga untuk jeda waktu pengiriman notifikasi yang pada perancangan adalah 20 menit untuk status siaga 3, 12 menit untuk siaga 2 dan 3 menit untuk siaga 1 dalam pengujian dipersingkat menjadi 20 detik untuk siaga 3, 12 detik untuk siaga 2 dan 3 detik untuk siaga 1.

Kedua hal di atas dilakukan untuk mempermudah dan mempersingkat waktu pengujian tanpa mengurangi esensi perancangan sistem.

Pembacaan durasi dimulai dengan memberikan pulsa *high level* TTL sepanjang 10µs. Perintah *pulseIn* akan mencatat panjang pulsa *high* yang diterima *echo pin*. Panjang pulsa ini didefinisikan sebagai durasi.

Gambar 9. *Sketch* Pembacaan Data dan Penskalaan

```
SPDBB_Skala$
void loop() {
  digitalWrite(trigPin, LOW);delayMicroseconds(2);
  digitalWrite(trigPin, HIGH);delayMicroseconds(10);
  digitalWrite(trigPin, LOW);
  durasi = pulseIn(echoPin, HIGH);

  jarak = durasi * 0.017;
  float tinggi = (60.00 - float(jarak)) * 10;
  int itinggi = int(tinggi);
  String stinggi = String(itinggi);
  String Pesan = Level + stinggi + "Satuan";
  /* Serial.println(Pesan);
  */
}
```

Jarak antara sensor dengan muka air sungai dihitung sesuai persamaan pada sub bab II.A.1 dengan mengalikan durasi dengan 0,017.

Ketinggian muka air sungai dihitung dengan mengurangi ketinggian sensor (60 cm) dengan jarak, kemudian untuk mengembalikan ke ketinggian muka air tanpa skala dilakukan pengalihan dengan 10 (sesuai skala 1 : 10). Dengan demikian pada tampilan ketinggian muka air sungai nantinya akan diperoleh nilai dalam satuan cm yang sesuai dengan kondisi sungai yang dimodelkan. Namun pada aplikasi sesungguhnya, pengalihan dengan 10 ini harus dihapus.

Pernyataan tipe data *float* dimaksudkan untuk tetap menyimpan digit di belakang koma agar saat dilakukan penskalaan dengan 1 : 10 digit ini tidak diabaikan. Pernyataan *int* digunakan untuk

membulatkan nilai *float* jarak setelah pengalihan dengan 10, sehingga tidak ada digit di belakang koma pada notifikasi.

Sedangkan pernyataan *string* digunakan untuk mengkonversi data ketinggian muka air agar bisa ditampilkan di aplikasi Telegram. Pernyataan *Serial.println* di dalam tanda */* ... */* digunakan untuk kontrol lewat *serial monitor* saat pengujian *sketch*. Pada *sketch* yang sesungguhnya pernyataan ini dihilangkan (*omitted*).

Sketch pada gambar 10 menunjukkan penentuan status kewaspadaan sesuai tinggi muka air sungai. Digunakan deklarasi IF untuk klasifikasi masing-masing tingkat kewaspadaan,

Gambar 10. *Sketch* Pembacaan Data dan Penskalaan

```
SPDBB_Skala$
if (300 <= itinggi && 400 > itinggi) {
  bot.sendMessage(idChat, Pesan, "");
  bot.sendMessage(idChat, "Status SIAGA 3...", "");
  /* Serial.println("Mengirim data sensor ke telegram");
  Serial.println("Siaga 3");
  Serial.println(""); */
  delay(20000);
}

if (400 <= itinggi && 500 > itinggi) {
  bot.sendMessage(idChat, Pesan, "");
  bot.sendMessage(idChat, "Status SIAGA 2...", "");
  /* Serial.println("Mengirim data sensor ke telegram");
  Serial.println("Siaga 2");
  Serial.println(""); */
  delay(12000);
}

if (itinggi >= 500) {
  bot.sendMessage(idChat, Pesan, "");
  bot.sendMessage(idChat, "Status SIAGA 1...", "");
  /* Serial.println("Mengirim data sensor ke telegram");
  Serial.println("Siaga 1");
  Serial.println(""); */
  delay(2000);
}
}
```

Perintah *bot.sendMessage* digunakan untuk mengirim pesan ke *bot*, dengan *idChat* adalah ID *group* yang telah dibuat. Perintah *delay()* digunakan untuk memberi jeda pengiriman pesan dalam milidetik.

Perlu dijelaskan bahwa sistem ini mengambil akses internet dari *access point*, sehingga dalam aplikasi aktual di lapangan jika tidak tersedia, maka *access point* perlu disediakan terlebih dahulu.

Koneksi ke *access point* dilakukan pada saat inisiasi program, dilanjutkan dengan identifikasi *perangkat keras* oleh *bot* dengan mengisikan *token* yang telah diberikan. Pada gambar 11 ditunjukkan *sketch* perintah tersebut.

Gambar 11. *Sketch* Inisiasi Program

```
SPDBB_Skala$
#include <WiFiClientSecure.h>
#include <UniversalTelegramBot.h>
#include <ArduinoJson.h>

char ssid[] = " ";
char password[] = " ";

#define BOTtoken "19201 idhV5e"
#define idChat "-1001591070301"
#define echoPin 05
#define trigPin 04

long durasi, jarak, tinggi;
String Level = "Ketinggian Air : ";
String Satuan = " CM";

WiFiClientSecure client;
UniversalTelegramBot bot(BOTtoken, client);
```

Pada inisiasi juga diisikan *library* dan variabel-variabel yang dibutuhkan. Perintah *#define* mendefinisikan parameter-parameter yang dibutuhkan, seperti *token*, ID *group*, pemetaan *trigger pin* di *pin* GPIO 04 dan *echo pin* di GPIO 05. Sementara variabel yang digunakan adalah *durasi*, *jarak*, *tinggi*, *Level* dan *Satuan*.

III. HASIL PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN

Pengujian dimaksudkan untuk mengetahui kinerja sistem secara keseluruhan, baik dari keakuratan pembacaan sensor, keberhasilan

pengiriman notifikasi ke semua anggota *group* dan juga waktu yang dibutuhkan untuk mengirim notifikasi (kecepatan).

Pengujian dimulai dengan mengisikan air pada bejana setinggi 25cm (pengukuran pada mistar 10cm). Kemudian secara terus menerus kran air dibuka penuh. Sambil mengamati tinggi muka air, aplikasi Telegram pada perangkat android juga dimonitor.

Gambar 112 Pengujian dengan Permodelan



Pada ketinggian muka air 31cm (pengukuran mistar 16cm) notifikasai mulai terkirim dengan jeda kirim 22 detik dengan pesan sebagai berikut :

Ketinggian Air : 310 CM,
Status : SIAGA 3..

Namun karena penambahan ketinggian muka air dirasa terlalu lambat,

maka dilakukan penambahan air dengan gayung. Ketika ketinggian air mencapai 34cm (pengukuran mistar 19cm), notifikasi kembali terkirim dengan jeda 24 detik berbunyi :

Ketinggian Air : 340 CM
Status : SIAGA 3..

Pengiriman notifikasi berikutnya terjadi di ketinggian muka air 45cm (pengukuran mistar 30cm) dengan jeda 15 detik berbunyi :

Ketinggian Air : 450 CM
Status : SIAGA 2..

Demikian seterusnya sampai percobaan terakhir penambahan air pada ketinggian 55cm (pembacaan mistar 40cm), terkirim notifikasi terakhir dengan jeda 5 detik berbunyi :

Ketinggian Air : 550 CM
Status : SIAGA 1..

Untuk hasil lengkap pengujian ditunjukkan di tabel 5, sedangkan gambar 13, gambar 14 dan gambar 15 yang masing-masing merupakan tampilan layar android anggota *group Flood Early Warning* penerima notifikasi.

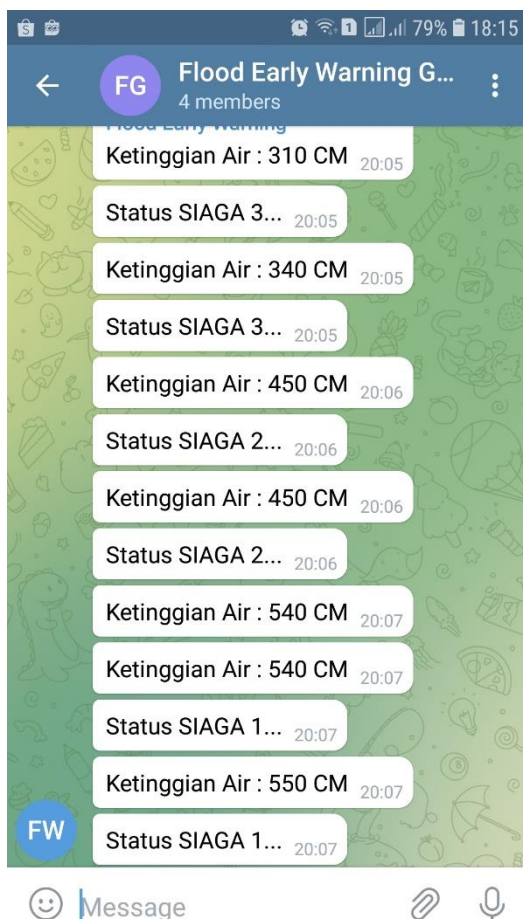
Pada pengiriman notifikasi ketinggian 54cm (pembacaan mistar 39cm) terjadi pengulangan pesan ketinggian air, hal ini dimungkinkan karena jeda pengiriman notifikasi yang diset pada 3 detik secara aktual terlalu pendek, sehingga dengan keterlambatan atau *delay* oleh sistem Telegram yang berkisar antara 2 sampai 4 detik, pesan yang terkirim bertumpuk sehingga terkirim 2 buah pesan.

Namun ini barulah sebatas hipotesa penulis, perlu dibuktikan lebih jauh.

Tabel 4. Hasil Lengkap Pengujian

Pembacaan Mistar (cm)	Tampilan Android (cm)	Jeda Notifikasi (s)
16	310 (Siaga 3)	22
19	340 (Siaga 3)	24
30	450 (Siaga 2)	24
39	540 (Siaga 1)	15
40	550 (Siaga 1)	6

Gambar 113 Hasil Monitoring oleh Android 1

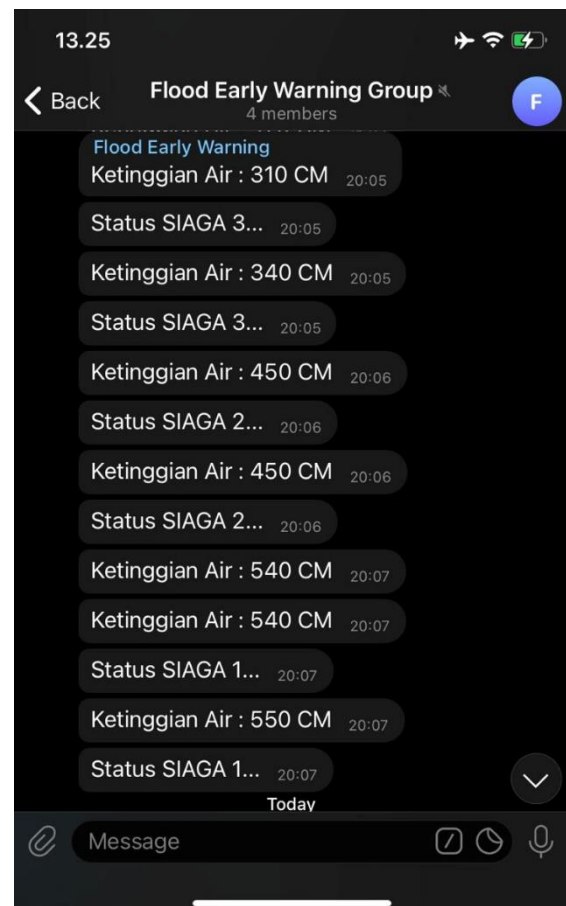


Keterlambatan pengiriman notifikasi yang hanya 2 sampai 4 detik menunjukkan

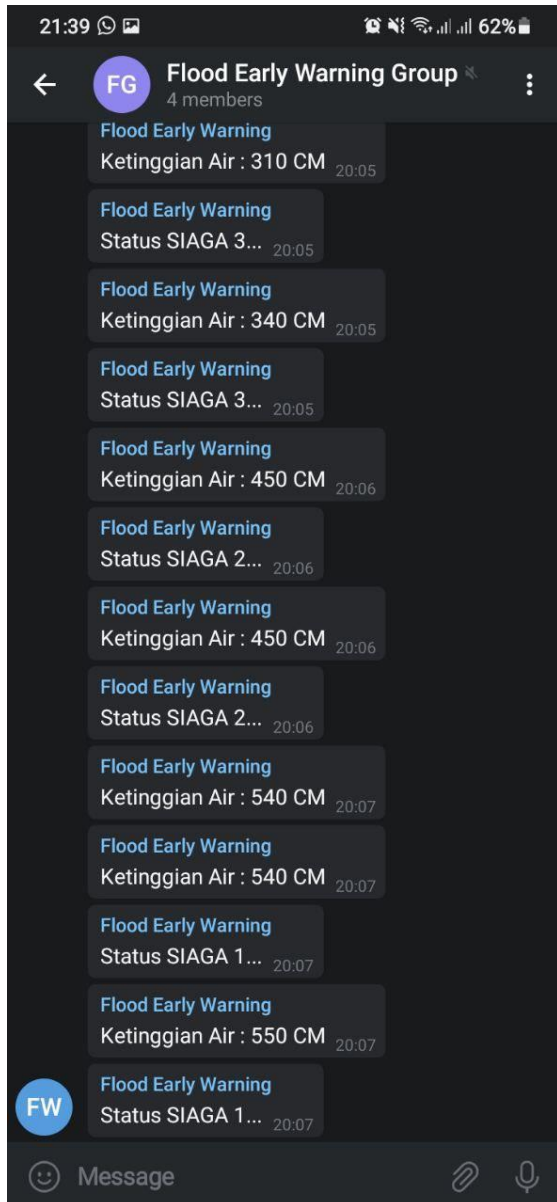
sistem ini masih bisa dikategorikan sebagai peringatan dini yang *real time*.

Sedangkan tampilan hasil pengukuran ketinggian muka air meskipun pada pengujian sulit diperoleh secara akurat (karena posisi pengamat dan mistar yang berbeda ketinggian sehingga posisi pengamatan tidak tegak lurus terhadap mistar), namun kesalahan pembacaan tidak lebih dari 1cm. Hasil pengukuran di tampilan Telegram juga menunjukkan nilai yang konsisten sama dengan hasil pengamatan secara manual dalam skala 1 : 10, sehingga penggunaan sensor ultrasonik sangat baik dalam hal keakuratan pembacaan.

Gambar 114 Hasil Monitoring oleh Android 2



Gambar 115 Hasil Monitoring oleh Android 3



IV. KESIMPULAN

1. Penggunaan sensor ultrasonik HC-SR04 sangat baik untuk pendeteksi ketinggian permukaan air sungai pada perancangan Sistem Peringatan Dini Bencana Banjir.
2. Kecepatan pengiriman notifikasi peringatan oleh aplikasi Telegram sangat baik untuk digunakan sebagai penyampai peringatan dini, bahkan bisa dikategorikan sebagai *real time*.
3. Penggunaan *bot* pada aplikasi Telegram untuk mengirimkan notifikasi secara massal (sampai 20.000 akun pengguna) sangat tepat dalam Sistem Peringatan Dini Bencana Banjir yang disyaratkan harus mampu menyebarluaskan notifikasi dalam waktu sesingkat-singkatnya.
4. Secara teknis, hasil perancangan ini tepat untuk diaplikasikan sebagai alat pemberi peringatan dini bencana banjir bagi masyarakat umum, memenuhi kriteria akurat, cepat dan jangkauan luas.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Elect Freaks. “*Ultrasonic Ranging Module HC-SR04*”. Tersedia di <https://www.electroschematics.com/content/uploads/2013/07/HCSR04-datasheet-version-1.pdf> diakses pada 11 Agustus jam 9:46 WIB
- [2] M. Kaur, J. Pal. “Distance Measurement of Object by Ultrasonic Sensor HC-SR04”. IJSRD – International Journal for Scientific Research and Development Vol. 3, Issue 05,2015. Tersedia di http://www.ijrd.com/articles/IJSRD_V3I50440.pdf diakses pada 11 Agustus 2021 jam 14:35 WIB.

- [3] Cyron Technologies Sdh. Bhd. “Product User’s Manual - HC-SR04 Ultrasonic Sensor”. 2013.

- [4] Direct Industry. “Choosing The Right Level Sensor”. Tersedia di <https://guide.directindustry.com/choosing-the-right-level-sensor/> diakses pada 11 Agustus 2021 jam 17:55 WIB.

- [5] P. Pieter. 2017. “A Beginner’s Guide to The ESP8266”. Tersedia di <https://tttapa.github.io/ESP8266/Chapter01%20-%20ESP8266.html> diakses pada 11 Agustus 2021 jam 18:50 WIB.

- [6] Telegram. “Bots: Introduction for Developers”. Tersedia di <https://core.telegram.org/bots> diakses pada 4 Agustus 2021 jam 09:15 WIB.

Webinar Nasional

& Call for Paper

Fakultas Teknik

Supported by:



PT Adhi Karya (Persero) Tbk.



PT. VIRAMA KARYA PERSERO
ENGINEERING & MANAGEMENT CONSULTANS

Fakultas Teknik
Universitas Islam Batik Surakarta
Jl. Agus Salim No. 10 Surakarta
Telp. (0271) 714751 Fax. 0271740160

ISBN 978-979-1230-71-1

