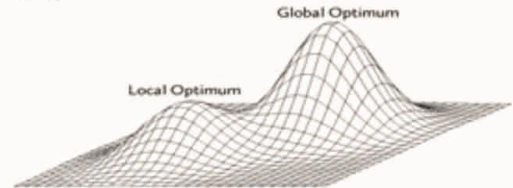
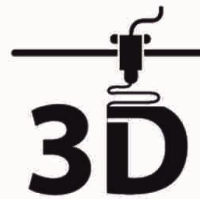


Vol. 12, No.1, Mei 2024

ISSN: 2338-7750

JURNAL REKAVASI

JURNAL REKAYASA DAN INOVASI TEKNIK INDUSTRI



Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta

Jurnal REKAVASI	Vol. 12	No. 1	Hlm. 1-69	Yogyakarta Mei 2024	ISSN: 2338-7750
--------------------	---------	-------	--------------	------------------------	--------------------

DAFTAR ISI

ANALISIS BEBAN KERJA MENTAL OPERATOR PRODUKSI TERHADAP PRODUKTIVITAS PT SWA I DENGAN METODE DRAWS <i>Yoggi Aldi Trisnanto, Aloysius Tommy Hendrawan, Halwa Annisa Khoiri</i>	1-8
PERBAIKAN KESEIMBANGAN LINI PRODUKSI PERAKITAN ELEKTRONIK PT 'X' DIDUKUNG SISTEM SIMULASI <i>Kohar Sulistyadi, Yunita Primasanti</i>	9-13
PENGUNAAN ANALISIS SENTIMEN UNTUK PERANCANGAN PRODUK: SEBUAH TINJAUAN PUSTAKA <i>Ignatius Benny Saputro, The Jin Ai</i>	14-22
KOMPARASI MATERIAL FILAMEN 3D PRINTER TERHADAP HASIL KUALITAS CETAK PRODUK MAINAN EGGBALL SUBMARINE <i>Muhammad Yanuardi Irfani, Ali Ramadhan</i>	23-34
ANALISA TEMPERATUR TEMPER TERHADAP STRUKTUR MIKRO DAN SIFAT MEKANIK BAJA KARBON SEDANG S45C UNTUK JIG <i>Daniel Partomuan, Budiarto, Dikky Antonius</i>	35-42
PENGARUH SISTEM MANAJEMEN LOGISTIK TERHADAP NILAI EKSPOR SEBAGAI UPAYA MENJAGA STABILITAS EKONOMI MENGHADAPI RESESI GLOBAL <i>Siti Fatimah, Ruri Artanti Prahastuti, Feni Ira Puspita, Danny Dwi Rachmanto, Rizal Ardianto</i>	43-51
PENENTUAN INTERVAL PERBAIKAN KOMPONEN BEARING PADA MOTOR LISTRIK TECO-3 PHASE INDUCTION 45 Kw TIPE AESV15020060FM DI PT. XYZ <i>Syakri Lasau, Idham Halid Lahay, Moh. Wahyudin P. Sunarto, Ruchbandi Rahmat T. Yasin</i>	52-60
ANALISIS POTENSI KECELAKAAN MENGGUNAKAN METODE HAZARD IDENTIFICATION AND RISK ASSESSMENT (HIRA) DAN JOB SAFETY ANALYSIS (JSA) PADA UMKM SOLEH <i>Adhe Avriyan, Joko Susetyo, Agus Hindarto Wibowo</i>	61-69

ANALISIS BEBAN KERJA MENTAL OPERATOR PRODUKSI TERHADAP PRODUKTIVITAS PT SWA I DENGAN METODE DRAWS

Yoggi Aldi Trisnanto¹, Aloysius Tommy Hendrawan¹, Halwa Annisa Khoiri¹

¹Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas PGRI Madiun

Jl. Setia Budi No 85, Kota Madiun, Jawa Timur

Email: atommyhendrawan@unipma.ac.id

ABSTRACT

PT SWA I is a manufacturing company operating in the textile industry. There are 3 production process departments, namely Pre Treatment, Dyeing, and Finishing. The company has a production target of 300,000 yards per day, which will be exported to various countries as well as the local market. The high level of work pressure is often experienced by operators due to the demanding production targets and the requirement to meet the company's quality standards to ensure optimal productivity. Therefore, workload is a crucial aspect that needs to be considered. This study utilizes the Defence Research Agency Workload Scale (DRAWS) method to measure the workload. The DRAWS method consists of 4 indicator categories: Input Demand (ID), Central Demand (CD), Output Demand (OD), and Time Pressure (TP). Based on the DRAWS method, the total workload results for the Pre Treatment, Dyeing, and Finishing process departments are 75.06% (overload), 75.55% (overload), and 68.56% (overload), respectively, with the most dominant indicators being Output Demand, Central Demand, and Time Pressure. The processing and analysis of data show that the operator's workload is not optimal, especially in categories related to physical tasks, information interpretation, and time pressure. To improve and optimize the production process, it is suggested to enhance teamwork, improve information sheets, and optimize the system during the operator's working hours. This will result in better and more efficient production processes.

Keyword : DRAWS Method, Production Operator, Workload

INTISARI

PT SWA I merupakan perusahaan manufaktur yang bergerak dibidang industri tekstil. Terdapat 3 bagian proses produksi yaitu *Pre Treatment*, *Dyeing* dan *Finishing*. Perusahaan memiliki target produksi 300.000 yard per hari yang akan di ekspor ke berbagai negara maupun pasar lokal. Tingkat tekanan kerja yang tinggi sering dialami oleh operator dikarenakan tingginya target produksi serta tuntutan kualitas yang sesuai standar perusahaan agar produktivitas berjalan dengan optimal, oleh sebab itu, beban kerja merupakan hal utama yang perlu diperhatikan. Penelitian ini menggunakan metode *Defence Research Agency Workload Scale* (DRAWS) dalam pengukuran beban kerja. Metode DRAWS memiliki 4 kategori indikator yaitu *Input Demand (ID)*, *Central Demand (CD)*, *Output Demand (OD)*, dan *Time Pressure (TP)*. Berdasarkan Metode DRAWS didapat hasil total beban kerja di bagian proses *Pre Treatment*, *Dyeing* dan *Finishing* masing-masing sebesar 75,06% (*overload*), 75,55% (*overload*) dan 68,56% (*overload*) dengan indikator yang paling dominan masing-masing adalah *Output Demand*, *Central Demand* dan *Time Pressure*. Berdasarkan pengolahan dan analisis data menunjukkan bahwa beban kerja operator tidak optimal khususnya pada kategori beban kerja yang berkaitan dengan fisik, penafsiran informasi dan tekanan waktu. Peningkatan rasa *teamwork*, perbaikan lembar informasi dan pengoptimalan sistem pada jam kerja operator dirasa perlu sebagai usulan perbaikan guna menghasilkan proses produksi yang lebih baik dan optimal.

Kata kunci : Beban Kerja, Metode DRAWS, Operator Produksi

PENDAHULUAN (INTRODUCTION)

Pekerja merupakan elemen penting yang harus diperhatikan oleh perusahaan agar proses bisnis dapat berjalan dengan baik dan lancar sesuai dengan target yang telah ditetapkan. Efisiensi dalam produksi yang dipertimbangkan membutuhkan tingkat saling ketergantungan yang tinggi antara unit produksi dengan sistem produksi (Monika, 2018). Agar proses produksi dapat berjalan dengan lancar faktor manusia atau SDM harus diperhatikan karena memiliki peranan sangat penting dalam proses produksi. Manusia sebagai operator dalam proses produksi memiliki keterbatasan yang dapat menyebabkan terjadinya kesalahan dalam pekerjaan. Salah satu penyebab utama adalah beban kerja yang tidak dapat diatasi oleh pekerja (Pt & Pulp, 2022). Beban kerja yang berlebihan atau tidak optimal dapat berdampak buruk bagi pekerja, seperti menyebabkan kesalahan dalam pekerjaan, mengganggu kesehatan fisik dan mental, atau bahkan menyebabkan kecelakaan kerja (Santoso, 2021). Dampak negatif tersebut tidak hanya mempengaruhi

pekerja, tetapi juga berdampak pada produktivitas perusahaan secara keseluruhan. Ketidakmampuan mengatasi beban kerja dapat menyebabkan penurunan produktivitas dalam proses produksi perusahaan (Sinaga, 2020) serta ketidaknyamanan yang dipaksakan di tempat kerja dapat mengakibatkan berkurangnya output dan kecacatan, yang pada gilirannya dapat mengakibatkan hilangnya pekerjaan (Setyawan et al., 2022). Oleh karena itu, penting bagi perusahaan untuk memperhatikan kesejahteraan dan kondisi kerja pekerja serta mengelola beban kerja dengan bijaksana agar tetap menjaga tingkat produktivitas yang optimal. Tingkat produktivitas dari perusahaan merupakan indikator dalam kemajuan perusahaan itu sendiri. Persaingan global menjadi alasan setiap perusahaan dapat meningkatkan produktivitasnya baik dari perdagangan dalam negeri maupun luar negeri

PT Sari Warna Asli Unit I adalah perusahaan manufaktur yang bergerak dibidang industri tekstil pada proses pengolahan kain mentah (grey) yang akan memenuhi pasar lokal seperti pasar Klewer, toko Sasami dan lain-lain serta ekspor ke berbagai negara seperti Jerman, Inggris, Kanada, China dan Hongkong. Target produksi yang ditetapkan perusahaan dapat memproduksi kain grey sejumlah 300.000 yard perhari. Terdapat 3 bagian proses produksi yaitu *Pre Treatment* yaitu Proses perlakuan awal pada kain sebelum dilakukan proses pencelupan. Proses produksi pada tahapan ini meliputi Bulu Bakar, HK Steam, SBO dan lain-lain. *Dyeing* yaitu Proses pencelupan kain sesuai warna yang dipesan oleh *buyer*. Proses produksi pada tahapan ini meliputi *Dyeing Exhaust* dan *Dyeing Continous dan Finishing* yaitu Proses perlakuan akhir pada kain sebelum di packing, proses produksi pada tahapan ini meliputi *Cutting, Resin Finish, Setting, White, Callender*

Berdasarkan jumlah target produksi yang harus dicapai perusahaan, operator harus berkonsentrasi dan fokus dalam melakukan aktivitas-aktivitas pekerjaan yang dilakukannya selama bekerja satu *shift* kerja (8 jam). Kesalahan yang dilakukan pekerja akibat kelelahan karena beban kerja yang tidak optimal dapat berakibat fatal, salah satu contoh yang pernah terjadi adalah kesalahan dalam memberikan takaran obat kimia yang mengakibatkan proses produksi menjadi terhambat. Kondisi pekerja merupakan hal yang sangat penting untuk diperhatikan oleh perusahaan. Kesejahteraan dan kesehatan pekerja memiliki dampak langsung terhadap kelancaran proses produksi dan kestabilan produktivitas perusahaan.

Berdasarkan observasi yang dilakukan metode yang dapat digunakan untuk mengukur beban kerja adalah metode DRAWS (*Defence Research Agency Workload Scale*). Prosesnya adalah dengan mengukur 4 dimensi kerja meliputi *Internal Demand, Central Demand, Output Demand dan Time Pressure* (Temprina et al., 2020). Metode tersebut memiliki kelebihan yaitu dapat mengidentifikasi dan menjelaskan secara terperinci beban kerja yang dirasakan operator pada setiap aktivitas yang dilakukan operator. Kelebihan tersebut sesuai dengan situasi dan kondisi perusahaan yang lebih sensitif dalam berbagai jenis pekerjaan, setiap penilaian indikator mampu memberikan informasi mengenai struktur tugas, dan lebih menjelaskan setiap pekerjaan yang dilakukan operator. Dengan diketahuinya beban kerja mental, diharapkan dapat mengurangi peluang produk defect karena human error dan perusahaan dapat memetakan pekerjaan sesuai dengan kemampuan karyawan. (Khoiri, 2023)

Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis beban kerja mental karyawan pada bagian finishing dimana pada divisi ini banyak produk yang cacat. Penilaian beban kerja mental diperoleh dari kuesioner yang diisi oleh karyawan. Kuesioner yang disusun berdasarkan pada indikator yang ada pada metode DRAWS karena metode ini dapat digunakan secara spesifik sesuai dengan bidang pekerjaan karyawan.

BAHAN DAN METODE (MATERIALS AND METHODS)

Tahapan Penelitian

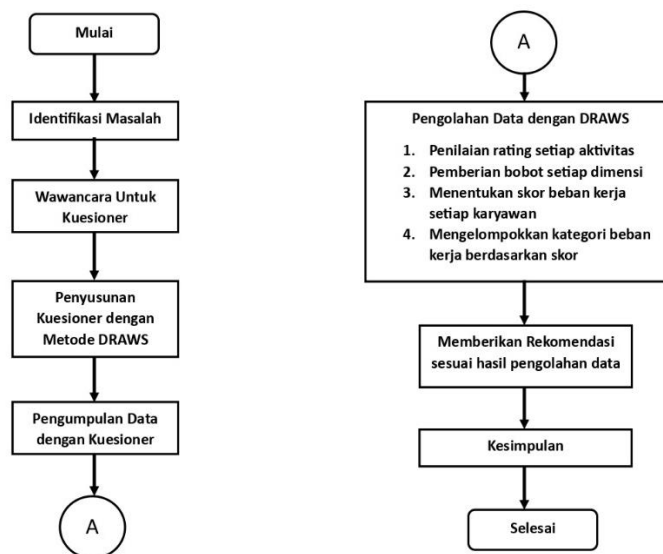
Dalam penelitian ini, permasalahan yang dikaji adalah mengenai beban kerja mental karyawan operator produksi PT SWA I. Langkah awal yang dilakukan adalah mewawancarai kepala produksi untuk mendapatkan data mengenai proses kerja yang dilakukan oleh karyawan. Proses kerja yang dilakukan karyawan ini digunakan sebagai input untuk menyusun kuesioner yang dibagi ke dalam empat indikator sesuai dengan metode DRAWS, yaitu *input demand, central demand, output demand, dan time pressure*. Langkah selanjutnya adalah membagikan kuesioner terhadap karyawan yang berjumlah 90 orang. Kuesioner yang diisi oleh karyawan ditampilkan dalam. Tujuan dari pengisian kuesioner adalah untuk mendapatkan nilai dan bobot yang diberikan karyawan untuk setiap pekerjaan yang dilakukan. Berdasarkan data nilai dan bobot yang diberikan karyawan, selanjutnya akan dianalisis dan dikelompokkan beban kerja mentalnya dengan menggunakan metode DRAWS. Berdasarkan hasil pengelompokan beban kerja mental karyawan tersebut dijadikan sebagai dasar dalam membuat rekomendasi terkait beban kerja karyawan

operator produksi. Definisi setiap indikator beban kerja mental dengan DRAWS ditampilkan dalam tabel 1 (Wijayanti, 2018).

Tabel 1. Definisi Setiap Indikator

No	Indikator	Definisi
1	<i>Input Demand</i> (ID)	Beban kerja mental yang dirasakan terkait dengan perolehan informasi dari sumber eksternal yang berhubungan dengan proses produksi
2	<i>Central Demand</i> (CD)	Beban kerja mental yang dirasakan berkaitan dengan penafsiran informasi dan proses dalam memutuskan tindakan terhadap pekerjaan yang dilakukan
3	<i>Output Demand</i> (OD)	Beban kerja mental yang dirasakan berkaitan dengan tindakan fisik atau lisan dalam mengerjakan pekerjaan?
4	<i>Time Pressure</i> (TP)	Beban kerja mental yang dirasakan berkaitan dengan kendala/hambatan yang berhubungan dengan tekanan waktu dalam menyelesaikan pekerjaan?

Berdasarkan tabel 1 terdapat 4 indikator yang memiliki definisi yang berbeda, karyawan harus mengisi seluruh indikator sesuai yang dialami selama bekerja. Sedangkan untuk tahapan penelitian ditampilkan dalam gambar 1.



Gambar 1. Tahapan Penelitian

Teknik Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan dengan cara penyebaran kuesioner kepada karyawan. Karyawan yang mengisi kuesioner berjumlah 90 orang yang berasal dari 3 bagian proses produksi yaitu proses *Pre Treatment*, *Dyeing* dan *Finishing*. Masing-masing dari proses tersebut memiliki total jumlah 30 orang.

Teknik Pengolahan dan Analisis Data

Kuesioner yang diisi oleh karyawan adalah pemberian nilai untuk masing-masing aktivitas per indikator dan pemberian bobot untuk setiap indikator berdasarkan indikator yang memberikan pengaruh paling besar terhadap beban kerja mental karyawan. Definisi untuk setiap indikator ditampilkan dalam tahapan penelitian. Pengelompokan beban kerja mental terbagi menjadi tiga yaitu *underload*, *optimal load*, dan *overload* yang didasarkan pada hasil perkalian nilai dan bobot. Jika aktivitas per indikator lebih dari satu, maka nilai untuk satu indikator diperoleh dari rata-rata nilai aktivitas.

HASIL DAN PEMBAHASAN (RESULT AND DISCUSSIONS)

Deskripsi Responden

Berikut adalah tabel responden secara keseluruhan

Tabel 2. Identitas Responden

IDENTITAS	KATEGORI	PRE TREATMENT (orang)	DYEING (orang)	FINISHING (orang)
SHIFT	Shift 1 (00.00 – 08.00)	10	10	10
	Shift 2 (08.00 – 16.00)	10	10	10
	Shift 3 (16.00 – 24.00)	10	10	10
PENDIDIKAN	SMP	1	4	0
	SMK	20	18	20
	SMA	9	8	9
	DIPLOMA	0	0	1
USIA	REMAJA AKHIR	5	9	7
	DEWASA AWAL	7	5	15
	DEWASA AKHIR	8	12	4
	LANSIA AWAL	10	4	4
PENYAKIT		1	4	2

Responden dalam penelitian ini adalah karyawan tiga proses produksi yaitu *Pre Treatment*, *Dyeing*, *Finishing* berjumlah total 90 orang dan semuanya berjenis kelamin laki-laki. Memiliki usia mulai dari 19 tahun sampai 55 tahun dengan lulusan terbanyak adalah SMK diikuti oleh SMA, SMP dan Diploma. Sedikit karyawan mempunyai Riwayat penyakit yaitu Maag, Hipertensi, GERD dan Migrain

Penilaian Beban Kerja Dengan DRAWS

Pengolahan data dengan metode DRAWS terdiri dari tiga tahap, yaitu penilaian responden terhadap setiap aktivitas per indikator dengan nilai antara 0 sampai dengan 100, langkah kedua adalah pembobotan untuk setiap indikator dimana jika dijumlah bobotnya adalah 1, dan langkah ketiga adalah penentuan dan pengelompokan skor yang diperoleh dari perkalian antara penilaian indikator dengan bobot indikator.

1. Penilaian Rating Setiap Aktivitas

Langkah pertama dalam menentukan skor beban kerja dengan metode DRAWS adalah memberikan penilaian untuk setiap aktivitas per indikator. Nilai per indikator diperoleh dari kuesioner yang telah dibagikan dengan karyawan, dimana nilai yang diberikan untuk setiap pertanyaan adalah antara 0 sampai dengan 100 bergantung pada beban kerja mental karyawan yang dirasakan untuk aktivitas pekerjaan tersebut. Penilaian rating untuk salah satu responden ditampilkan pada tabel 3.

Tabel 3. Penilaian Rating Salah Satu Karyawan

Responden	ID	ID	ID	CD	CD	CD	CD	OD	OD	OD	OD	TP	TP	TP
	1	2	3	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3
A	90	90	100	100	90	80	80	80	80	80	80	80	70	80
	ID = 93.3			CD = 87.5				OD = 80				TP = 76.6		

Setiap indikator memiliki lebih dari satu pertanyaan, sehingga untuk mendapatkan nilainya dengan menggunakan rata-rata. Dari tabel 3 diperoleh nilai untuk ID = 93.3, CD = 87.5, OD = 80, dan TP = 76.6. Dengan cara yang sama diperoleh nilai untuk indikator CD, OD, dan TP. Cara yang sama dilakukan untuk menghitung rating setiap responden dari 90 orang

2. Pemberian Bobot Untuk Setiap Indikator

Tahap berikutnya adalah pembobotan tingkat kepentingan. Di tahap ini responden memberikan bobot dengan skor berskala persen setiap dimensi. Pembobotan ini memiliki ketentuan 4 dimensi harus memiliki penjumlahan dengan total 100%. Berikut adalah pembobotan tingkat kepentingan salah satu responden

Tabel 4. Pemberian Bobot Salah Satu Karyawan

RESPONDEN	DIMENSI (%)			
	ID	CD	OD	TP
A	50	10	20	20

Cara yang sama untuk menghitung keseluruhan responden yang berjumlah 90 orang.

3. Penentuan Skor Beban Kerja Mental

Pada tahap ini skor rating dan skor bobot setiap dimensi dikalikan kemudian dijumlah. Kumulasi penjumlahan tersebut yang dinamakan sebagai skor beban kerja. Skor beban kerja digunakan untuk mengetahui kategori kategori beban kerja dari operator. Kategori beban kerja berdasarkan skor terdapat pada tabel 5 berikut (Khoiri, 2023) .

Tabel 5. Pengelompokan Beban Kerja Mental dengan DRAWS

SKOR BEBAN KERJA	KATEGORI	KETERANGAN
0% - 40%	<i>Under Load</i>	Beban mental yang dirasakan rendah, dampak yang ditimbulkan kecil
40% - 60%	<i>Optimal Load</i>	Beban mental yang dirasakan sedang, dampak yang ditimbulkan besar
60% - 100%	<i>Over Load</i>	Beban mental yang dirasakan tinggi, dampak yang ditimbulkan besar

Berikut adalah perhitungan skor beban kerja dari ketiga proses produksi.

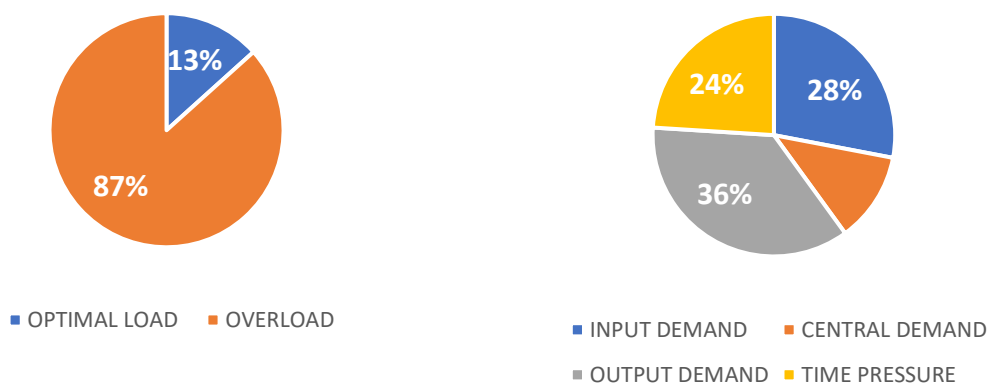
A. Proses *Pre Treatment*

Proses ini dilakukan sebelum memasuki proses pencelupan. Perhitungan skor salah satu karyawan bagian ini ditampilkan pada tabel 6.

Tabel 6. Perhitungan Skor Salah Satu Karyawan *Pre Treatment*

RESP	DIMENSI	RATING	BOBOT	SKOR
R1	ID	93,3	50	46,6
	CD	87,5	10	8,75
	OD	80	20	16
	TP	76,6	20	15,3
TOTAL			100	86,76

Cara yang sama dilakukan untuk menghitung skor beban kerja mental dari 30 operator *pre treatment*. Berdasarkan perhitungan skor beban kerja bagian *pre treatment* menghasilkan skor beban kerja dengan rata-rata 75.06%. Artinya, operator proses produksi *pre treatment* memiliki beban kerja dengan kategori *overload*



Gambar 2. Persentase Beban Kerja Mental *Pre Treatment*

Berdasarkan gambar 2 dari 30 operator memiliki beban kerja yang overload dengan persentase 87% sisanya atau sebesar 13% memiliki beban kerja yang optimal. Dari 87% tersebut beban kerja yang *overload* kemudian dibagi menjadi beberapa dimensi beban kerja. dimensi beban kerja yang paling tinggi yang dirasakan oleh operator adalah dimensi *Output Demand* yaitu sebesar 36%, selanjutnya adalah dimensi *Input Demand* sebesar 24%, Dimensi *Time Pressure* sebesar 24% dan yang paling rendah adalah dimensi *Central Demand* sebesar 12%.

Karena dimensi beban kerja yang paling tinggi adalah Dimensi *Output Demand* maka beban kerja yang dominan dialami oleh operator adalah aktivitas yang berkaitan dengan tindakan fisik atau lisan dalam mengerjakan pekerjaan.

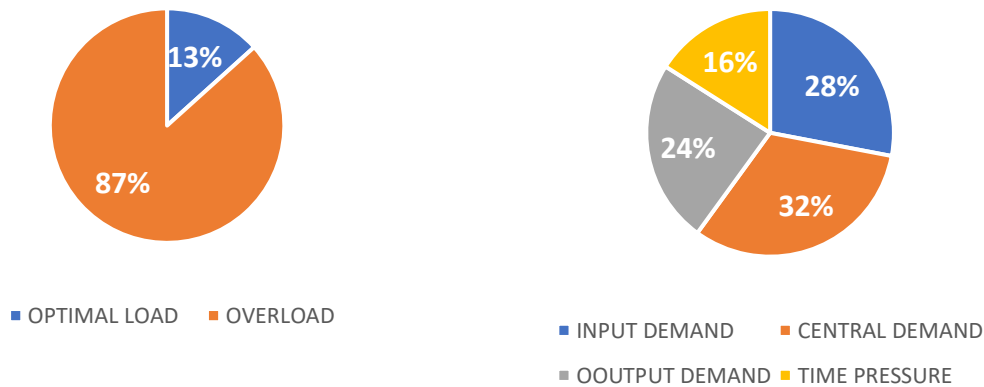
B. Proses *Dyeing*

Pada tahap ini kain dicelup sesuai warna yang telah ditentukan. Perhitungan skor salah satu karyawan bagian ini ditampilkan pada tabel 7.

Tabel 7. Perhitungan Skor Salah Satu Karyawan *Dyeing*

RESP	DIMENSI	RATING	BOBOT	HSL KALI
R1	ID	33.33	25	8.33
	CD	60	25	15
	OD	55	25	13.75
	TP	63.33	25	15.83
TOTAL			100	52.91

Cara yang sama dilakukan untuk menghitung skor beban kerja mental dari 30 operator *Dyeing*. Berdasarkan perhitungan skor beban kerja bagian *dyeing* menghasilkan skor beban kerja dengan rata-rata 75.55%. Artinya, operator proses produksi dyeing memiliki beban kerja dengan kategori *overload*.



Gambar 3. Persentase Beban Kerja Mental *Dyeing*

Berdasarkan gambar 3 dari 30 operator *dyeing* memiliki beban kerja yang *overload* dengan persentase 87% sisanya atau sebesar 13% memiliki beban kerja yang optimal. Hasil tersebut sama dengan jumlah persentase operator *pre treatment*. Dari 87% tersebut beban kerja yang *overload* kemudian dibagi menjadi beberapa dimensi beban kerja. Berdasarkan gambar dimensi beban kerja yang paling tinggi adalah *Central Demand* sebesar 32%, setelah itu dimensi beban kerja *Input Demand* sebesar 28%, *Output Demand* sebesar 24% dan yang paling rendah yang dialami operator *dyeing* adalah *Time Pressure* dengan persentase sebesar 16%. Karena dimensi beban kerja yang paling tinggi adalah Dimensi *Central Demand* maka beban kerja yang dominan dialami oleh operator adalah aktivitas yang berhubungan dengan penafsiran informasi, mental dan proses dalam memutuskan Tindakan yang tegas.

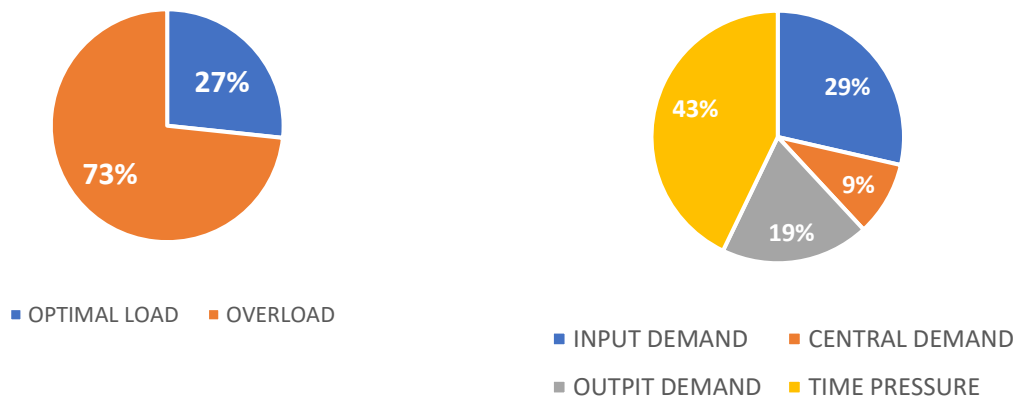
C. Proses *Finishing*

Pada bagian ini adalah tahap akhir proses produksi. Setelah dari proses ini kain akan diberikan ke bagian *Quality Control*. Perhitungan skor salah satu karyawan *Finishing* ditampilkan pada tabel 8.

Tabel 8. Perhitungan Skor Salah Satu Karyawan *Finishing*

RESP	DIMENSI	RATING	BOBOT	HSL KALI
R1	ID	78.33	25	19.58
	CD	75	25	18.75
	OD	86.66	25	21.66
	TP	78.33	25	19.58
TOTAL			100	79.58

Cara yang sama dilakukan untuk menghitung skor beban kerja mental dari 30 operator *Finishing*. Berdasarkan perhitungan skor beban kerja bagian *finishing* menghasilkan skor beban kerja dengan rata-rata 68.56%. Artinya, operator proses produksi finishing memiliki beban kerja dengan kategori *overload*.



Gambar 4. Persentase Beban Kerja Mental *Finishing*

Berdasarkan gambar 4 dari 30 operator *finishing* memiliki beban kerja yang *overload* dengan persentase 73% sisanya atau sebesar 27% memiliki beban kerja yang optimal. Hasil tersebut membuat bagian proses *finishing* memiliki beban kerja paling rendah diantara bagian proses yang lain. Dari 73% tersebut beban kerja yang *overload* kemudian dibagi menjadi beberapa dimensi beban kerja. dimensi beban kerja yang paling tinggi dialami oleh operator adalah dimensi *Time Pressure* sebesar 43%, kemudian urutan kedua dimensi *Input Demand* sebesar 29%, Dimensi *Output Demand* sebesar 19% dan yang paling rendah dimensi beban kerja yang dialami oleh operator adalah *Central Demand* sebesar 9%. Karena dimensi beban kerja yang paling tinggi adalah Dimensi *Time Pressure* maka beban kerja yang dominan dialami oleh operator adalah aktivitas yang berkaitan dengan kendala/hambatan yang berhubungan dengan tekanan waktu terhadap karyawan dalam bertindak cepat.

Rekomendasi

Berdasarkan analisis data yang dilakukan, diketahui bahwa karyawan bagian proses *Pre Treatment*, *Dyeing* dan *Finishing* memiliki indikator beban kerja yang paling dominan masing-masing adalah *Output Demand*, *Central Demand*, dan *Time Pressure* maka rekomendasi yang dapat diberikan adalah sebagai berikut.

1. Proses *Pre Treatment*

Mengoptimalkan waktu istirahat operator dengan durasi yang disiplin sesuai waktu yang telah ditentukan. Istirahat sangat diperlukan untuk mempertahankan ketangkasan digital, ketajaman indra serta ketekunan konsentrasi dalam melakukan pekerjaan. Selanjutnya adalah membangun dan menanamkan jiwa berkarakter *teamwork* dalam menyelesaikan pekerjaan, dengan begitu operator akan saling membantu operator lain apabila dirasa memerlukan bantuan dengan catatan tidak mengganggu pekerjaan utamanya misalnya ketika memasukkan *roll* kain ke dalam mesin produksi. Selain itu, asupan nutrisi yang diberikan pada jam makan siang juga harus diperhatikan untuk menjaga stamina, kesehatan dan kestabilan tubuh operator produksi saat menjalani aktivitas.

2. Proses *Dyeing*

Pemberian pelatihan kepada operator *Dyeing* tentang pemahaman jenis dan fungsi obat kimia yang digunakan dalam proses produksi bagian *dyeing* yang bertujuan untuk mengurangi risiko terjadinya kesalahpahaman pada penafsiran informasi antar operator atau bagian *chemical* pada perusahaan. Selanjutnya adalah memperbaiki keterangan tulisan pada alat komunikasi berupa kertas obat yang digunakan oleh perusahaan pada operator *dyeing* agar tidak terjadi *miss communication* yang mengakibatkan salah penafsiran informasi kemudian ada kesalahan dalam pemberian obat sehingga dapat menghambat keberlangsungan proses produksi dan mengurangi produktivitas

3. Proses *Finishing*

Penambahan mesin produksi karena bagian *finishing* adalah bagian terakhir yang dilewati oleh semua jenis kain, hal itu mengakibatkan apabila terjadi *problem* atau kerusakan pada salah satu mesin mengakibatkan penumpukan *roll* dan terhambatnya proses produksi pada bagian *finishing* padahal seperti yang kita ketahui bahwa target produksi dari perusahaan sangat tinggi. Hal tersebutlah yang membuat beban kerja operator tinggi pada dimensi *time pressure*. Dengan adanya mesin produksi baru diharapkan mampu menyelesaikan permasalahan tersebut. Selanjutnya adalah lebih meningkatkan perawatan pada mesin produksi agar tidak terjadi kerusakan mesin yang mengakibatkan waktu proses produksi menjadi terhambat. Terakhir adalah pendisiplinan jam istirahat yang harus ditingkatkan agar waktu istirahat yang diberikan pada operator selama 1 jam dapat digunakan secara maksimal.

KESIMPULAN (CONCLUSION)

Berdasarkan hasil pengolahan dan pembahasan menggunakan metode DRAWS, maka dapat disimpulkan bahwa beban kerja yang dialami oleh operator produksi pada bagian *Pre Treatment, Dyeing dan Finishing* memiliki rata-rata masing-masing 75,06%, 75,55% dan 68,56%. Karena nilai tersebut >60% artinya beban kerja dari seluruh operator dikategorikan sebagai beban kerja *overload* dengan dimensi yang paling tinggi masing-masing adalah *Output Demand* sebesar 36%, *Central Demand* sebesar 32% dan *Time Pressure* sebesar 43%.

DAFTAR PUSTAKA

- Khoiri, H. A. (2023). Penilaian Beban Kerja Mental Operator Produksi. 06(01), 24–33.
- Monika, S. (2018). Beban Kerja Dan Stres Kerja Terhadap Kinerja Karyawan Pada Pt. Galamedia Bandung Perkasa. Sereal Untuk, 51(1), 51.
- Pt, P., & Pulp, T. (2022). Pengukuran Beban Kerja Mental Karyawan Bagian Produksi Dengan Metode Defence Research Agency Workload Scale (Draws) Skripsi Oleh : Azia Permata Azhari Fakultas Teknik Universitas Medan Area Medan Bagian Produksi Dengan Metode Defence Research Agency Workload Scale.
- Santoso, W. B. (2021). Pengukuran Beban Kerja Mental Dan Fisik Operator Metode Defense Research Agency Workload Scale (Draws) Dan Cardiovascular Load (Cvl). Kaizen: Management Systems & Industrial Engineering Journal, 04(02), 1–8.
- Setyawan, H., Hendrawan, A. T., & Untari, E. (2022). Analisis Postur Kerja Dengan Metode Reba Untuk Mengurangi Keluhan Musculoskeletal Pada Petani Padi Di Desa Sugihrejo Magetan. Set-Up : Jurnal Keilmuan Teknik, 1(1), 74.
- Sinaga, S. (2020). Pengaruh Motivasi Dan Pengalaman Kerja Terhadap Produktivitas Kerja Karyawan Pada Pt. Trikarya Cemerlang Medan. Jurnal Ilmiah Metadata, 2(2), 159–169.
- Temprina, P. T., Grafika, M., Susanto, B. A., & Safirin, M. T. (2020). Analisis Beban Kerja Operator Produksi Koran Dengan Metode Defence Research Agency Workload Scale (Draws) Dan Modified Cooper Harper (Mch) Di. 01(06), 49–60.
- Wijayanti, G. Dalam. (2018). Dengan Menggunakan Metode Defense Research Agency Workload Scale (Draws). Pengukuran Beban Kerja Karyawan Dengan Menggunakan Metode Defense Research Agency Workload Scale (Draws).

PERBAIKAN KESEIMBANGAN LINI PRODUKSI PERAKITAN ELEKTRONIK PT 'X' DIDUKUNG SISTEM SIMULASI

Kohar Sulistyadi¹, Yunita Primasanti²

¹Staf Pengajar Sekolah Pascasarjana, Universitas Sahid Surakarta

² Staf Pengajar TI – FT, Universitas Sahid Surakarta

E-mail: ksulistyadi@gmail.com¹, yunitaprimasanti@usahidsolo.ac.id²

ABSTRACT

Improving of assignment line balancing at work stations must be use to get increasing efficiency production line. The efficiency of production line can be represented by minimum number of worker to put in production, and minium idle time. The aim of research is to find improving of assembly production line and to achieve the production target into simulation system in line balancing. Line CY.14-XX is one of the production line that proude television with capacity 190 unit per hour. Time work have been measure by time study method. The first condition efficiency of production line is 70 percent with idle time is 191 second or 29 percent, and number of operating workers for producing television using 40 operator. The result of simulation system in production line shows efficiency of production line increase 81 percent with idle time is 115 seconds or 19 percen, and number of operating workers for producing television decreasing 4 operators or using 36 operators. Pursuant on simulation system result that the proposal of improvement line of balancing electronic assembly can be applied to real production system.

Key words: production management, line balancing assembly, simulation system

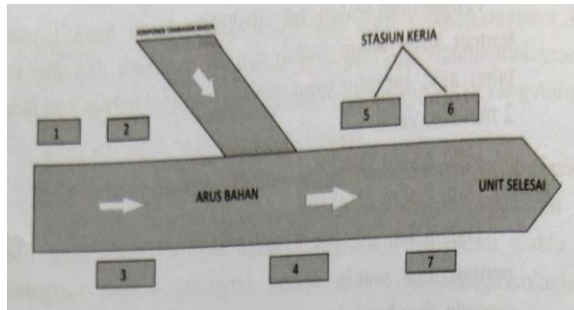
INTISARI

Perbaikan penugasan keseimbangan lini dari stasiun kerja harus selalu dilakukan untuk mendapatkan peningkatan efisiensi lini produksi. Efisiensi lini produksi dapat dinyatakan oleh jumlah tenaga kerja yang dialokasikan pada kerja minimum dan waktu mengganggu yang minimum. Tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan perbaikan dari perakitan lini produksi dan untuk mencapai target produksi melalui sistem simulasi di lini perakitan (Lini CY.14-XX adalah salah satu dari lini produksi yang menghasilkan televisi dengan kapasitas produksi 190 unit perjam). Waktu kerja telah diukur berdasarkan metode *time study*. Kondisi awal efisiensi lini perakitan adalah 70% dengan waktu mengganggu 191 detik, atau 29%, dan jumlah pekerja untuk menghasilkan televisi dengan mempekerjakan 40 operator. Hasil simulasi sistem dalam lini produksi menunjukkan efisiensi lini produksi meningkat menjadi 81%, dengan waktu mengganggu 115 detik atau 19% dan jumlah pekerja untuk menghasilkan televisi berkurang menjadi mempekerjakan 36 operator. Didukung oleh sistem simulasi bahwa usulan perbaikan keseimbangan lini perakitan elektronik dapat diterapkan pada sistem produksi nyata.

Kata kunci: manajemen produksi, keseimbangan lini perakitan, sistem simulasi

PENDAHULUAN (INTRODUCTION)

Lini produksi perakitan televisi PT. X Electronics sering mengalami ketidakseimbangan pengalokasian kerja, sehingga menyebabkan operator atau mesin kerja mengganggu, dan terjadi *bottleneck* di stasiun kerja. Akibat efisiensi lini produksi menjadi rendah, karena tidak meratanya beban kerja tiap stasiun kerja. Ketidakteraturan beban kerja ini ditunjukkan oleh perbedaan waktu kerja di stasiun kerja. Tujuan meminimumkan waktu mengganggu, dan *bottle neck* lini produksi diperlukan sebagai evaluasi lini produksi melalui *line balancing*. Pada *assembly line* sekelompok orang dan mesin melakukan tugas elemental dalam merakit suatu produk. Andi dan Nasution, (2018) menyatakan keseimbangan lini produksi dilakukan melalui pemerataan beban kerja operator dalam proses produksi. Menurut Sulistyadi dan Basriman (2018) menyatakan *line balancing* pada perakitan diterapkan melalui penugasan pada beberapa stasiun kerja pada lini produksi yang bertujuan untuk memenuhi target produksi dengan jumlah stasiun kerja yang minimum. Di sisi lain Nugrianto, *et.al.* (2020) menjelaskan keseimbangan lini merupakan perencanaan kapasitas lini perakitan yang mencakup penentuan struktur lini produksi, seperti jumlah orang atau mesin dan pembagian tugas. Penelitian ini dicoba melakukan perbaikan keseimbangan lini produksi pada perakitan elektronik dengan didukung sistem simulasi



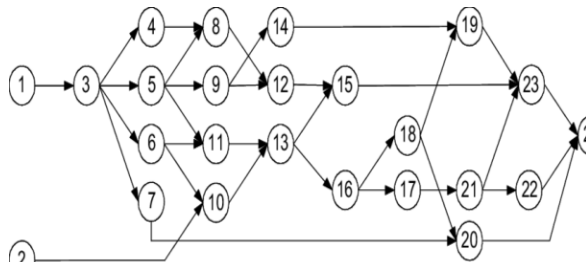
Gambar 1. Tata letak lini perakitan televisi

Tujuan penelitian ini untuk mendapatkan informasi tingkat efisiensi lini produksi X yang sedang beroperasi dalam memproduksi televisi saat ini dan membuat usulan perbaikan lini perakitan produksi X dalam meningkatkan tingkat efisiensi dan mengurangi waktu menganggur.

BAHAN DAN METODE (MATERIALS AND METHODS)

Merancang lini yang seimbang dapat digunakan metoda heuristik, karena metoda ini sesuai dengan keseimbangan lini bersifat non polinomial. Beberapa metode heuristik : (1) Metode *Ranked Positioned Weight (RPW)* dan (2) Metode *Largest Candidate Rule (LCR)*.

Hubungan saling keterkaitan antara satu pekerjaan dengan pekerjaan lainnya digambarkan dalam suatu diagram precedence (*Precedence Diagram*). Secara sistematis kegiatan penyeimbangan lini (*line balancing*) adalah mencari solusi penempatan elemen kegiatan ke dalam stasiun kerja, sehingga didapatkan susunan stasiun kerja yang mempunyai beban kerja yang seimbang, supaya waktu menganggur, dan bottleneck lini produksi dapat diminimumkan ditunjukkan pada gambar 2, diagram precedence perakitan televisi



Gambar 2. diagram preseden dan aliran proses perakitan televisi

1. Metode *Ranked Positioned Weight*

Metode ini mengutamakan waktu elemen terpanjang, dimana elemen kerja ini akan diprioritaskan terlebih dahulu untuk ditempatkan dalam stasiun kerja dan diikuti oleh elemen kerja yang lain yang memiliki waktu elemen yang lebih rendah. Tri Panudju, (2018) menganalisis Penerapan Konsep Penyeimbangan Lini berdasarkan Metode Ranked Position Weight (RPW) Pada Sistem Produksi telah mampu memberikan informasi bobot pada setiap elemen kerja dengan memperhatikan *diagram precedence*. Setiap elemen kerja yang memiliki ketergantungan besar akan memiliki bobot yang semakin besar agar lebih diprioritaskan.

2. Metode *Largest Candidate Rule*

Heizer, Jay. Dan Barry, Render, (2016), menggabungkan beberapa proses atas dasar pengurutan operasi dari

waktu proses terbesar. Sebelum dilakukan penggabungan, harus ditentukan terlebih dahulu, berapa waktu siklus yang akan dipakai.

HASIL DAN PEMBAHASAN (RESULT AND DISCUSSIONS)

Keseimbangan Lini Perakitan

Pada dasarnya keseimbangan lini adalah metode penugasan sejumlah pekerjaan ke dalam stasiun kerja yang saling berkaitan dalam satu lini produksi, sehingga setiap stasiun kerja memiliki waktu yang tidak melebihi waktu siklus. Keterkaitan sejumlah pekerjaan dalam lini produksi harus mempertimbangkan keseimbangan pekerjaan ke dalam tiap stasiun kerja.

Tujuan keseimbangan lini adalah untuk meminimumkan waktu menganggur mesin atau operasi pekerja yang dapat diperinci sebagai berikut. (1) meminimumkan waktu menganggur yang terjadi di tiap stasiun kerja, (2) mengurangi bottleneck lini produksi, (3) mengurangi penumpukan barang akibat tidak meratanya beban kerja, (4) mengefektifkan pekerjaan operator, fasilitas dan sumberdaya.

Pengukuran waktu kerja

Mengukur sistem kerja diperlukan prinsip pengukuran kerja yang meliputi teknik pengukuran waktu, psikologis dan fisiologis. Tujuan pengukuran waktu kerja untuk mendapatkan waktu baku penyelesaian pekerjaan yang akan dijadikan standar kerja secara wajar bagi pekerja normal. pengukuran waktu kerja memiliki beberapa manfaat yaitu :

- (1) menentukan jadwal dan perencanaan kerja, agar biaya produksi dapat dihitung,
- (2) menentukan waktu proses produksi sehingga didapatkan harga jual produk yang menguntungkan,
- (3) mengalokasikan penggunaan sejumlah mesin /alat dan operator kerja,
- (4) menentukan pengendalian biaya tenaga kerja.

Pengukuran waktu dilakukan melalui pengamatan operator kerja dan mencatat waktu tiap elemen kerja dengan pendekatan jam henti.

Langkah yang dilakukan dalam pengukuran waktu baku adalah :

1. Pengukuran pendahuluan, yaitu banyaknya pengukuran yang akan dilakukan oleh pengukur. Selanjutnya diuji keseragaman dan kecukupan dari data tersebut dengan menggunakan tingkat ketelitian dan tingkat keyakinan.
2. Menghitung waktu siklus (W_s) yaitu waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan satu satuan produksi
 $W_s = 190/60 = 3,166 \text{ mnt}$
3. Menghitung Waktu Normal (W_n) dilakukan dengan mengkalikan W_s terhadap faktor penyesuaian. Beberapa cara perhitungan faktor penyesuaian, dapat digunakan dengan metode Shumard, Westinghouse, dan Objektif.
 $W_n = W_s (1,08) = 3,42 \text{ mnt}$
4. Mendapatkan Waktu Baku (W_b) dilakukan dengan memberikan faktor kelonggaran. Faktor kelonggaran diberikan untuk kebutuhan pribadi, menghilangkan rasa *fatigue* (kelelahan), dan hambatan yang tidak dapat dihindarkan.
 $W_b = W_n (1+0,1) = 3.762 \text{ mnt}$

Beberapa langkah yang dilakukan untuk mendapatkan waktu baku untuk semua elemen kegiatan kerja lini produksi adalah sebagai berikut :

- a. Pengukuran waktu diperlukan pengujian keseragaman data melalui : menghitung nilai rata-rata sub group dan rata-rata dari rata-rata sub group elemen kerja, menghitung Standard Deviasi dan Standard Deviasi dari distribusi rata-rata sub group data waktu, menentukan batas kontrol atas dan batas kontrol bawah (BKA dan BKB).
 $BKA = 3,85$
 $BKB = 3,38$
- b. Pengukuran kecukupan data untuk mengetahui data mewakili kondisi nyata.

Ukuran Performansi Lini Produksi

Performansi lini produksi perakitan dilihat dari :

- (1) Pencapaian dalam target produksi (dalam hal volume, waktu, dll), yaitu persentase mengenai seberapa jauh target produksi tercapai,
- (2) Kualitas produksi, yaitu persentase mengenai seberapa jauh hasil produksi memenuhi spesifikasi atau ketentuan,
- (3) Tingkat efisiensi setiap stasiun kerja dan efisiensi lini secara keseluruhan. Suatu proses yang mempunyai tipe produksi massal, yang melibatkan sejumlah besar komponen yang harus dirakit, perencanaan produksi dalam pengaturan operasi atau penugasan. Pengaturan produksi dengan keseimbangan lini dapat meningkatkan efisiensi = 0,282 mnt atau sebesar 7,5 %. Kondisi ideal dari suatu lini perakitan adalah jika jumlah waktu operasi yang terdapat pada setiap stasiun kerja sama dengan waktu siklus. Dimana waktu siklus itu sendiri sama dengan kecepatan produksi yang diinginkan. Beberapa parameter dari performansi lini produksi Waktu menganggur sebesar 191 detik atau sekitar 29% dari waktu kerja termasuk dalam kegiatan *waste*. antara lain adalah :

1) Waktu menganggur = $n.Ws. - \sum_{i=1}^n Wi = 191$ detik atau 29 %

2) Keseimbangan waktu senggang

$$\text{Balance delay} = \frac{n.Ws - \sum_{i=1}^n Wi}{n.Ws} \times 100\% = 82 \%$$

3) Efisiensi stasiun kerja = $\frac{Wi}{Ws} \times 100\% = 2,40 / 3,166 \text{ mnt} = 75,80\%$

4) Efisiensi lini = $\frac{\sum_{i=1}^n Wi}{n.Ws} \times 100\% = 80 \%$

Efisiensi lini = $12,664 / (3,166 \times 5) \times 100\% = 80.0 \%$

Keterangan :

n = jumlah stasiun kerja

Ws = waktu stasiun kerja terbesar / waktu siklus

Wi = waktu sebenarnya pada setiap stasiun

i = 1,2,3,...,N

Analisis Perhitungan tingkat efisiensi lini

Hasil perhitungan kondisi yang sedang berjalan didapatkan :

tingkat efisiensi lini produksi rata-rata di tiap stasiun adalah sebesar 75.8 %. Kecilnya tingkat efisiensi lini disebabkan oleh perbedaan waktu operasi yang tidak merata ada diantara stasiun kerja. Tingkat efisiensi dengan stasiun kerja pada 31,66 % - 50 % sebanyak 5 stasiun kerja, sedangkan 23 stasiun kerja lainnya memiliki tingkat efisiensi stasiun 70 - 100 % dengan keseimbangan yang tidak merata pada lini awal terdapat 23 stasiun kerja dengan jumlah operator 40 orang.

Perhitungan Waktu menganggur sebesar 191 detik atau sekitar 29% dari waktu kerja termasuk dalam kegiatan *waste*.

Hasil rekapitulasi perhitungan perbaikan didapatkan :

- 1. tingkat efisiensi lini produksi menjadi 80 % dengan rata-rata efisiensi di tiap stasiun 75,8 %. Peningkatan tingkat efisiensi terjadi karena adanya penggabungan beberapa stasiun yang mempunyai waktu proses yang kecil sehingga perbedaan waktu antara setiap stasiun kerja tidak terlalu besar.
- 2. Pada lini awal terdapat 23 stasiun kerja dengan jumlah operator 36 orang, 4 operator yang lain dipindahkan diunit produksi lain. Waktu menganggur menjadi sebesar 115 detik atau sekitar 19 % dari waktu kerja.

Commented [LS1]:

Analisis Perbandingan hasil simulasi

Hasil dari pengumpulan data statistik didukung dengan simulasi diperoleh bahwa pada lini produksi kondisi awal seluruh stasiun kerja mengalami idle dengan tingkat persentase idle rata-rata 2,40/ 3,166 mnt di beberapa stasiun kerja terdapat idle 75,80% %. Waktu idle pada kondisi awal lini 25,2 %. Proses menunggu terjadi di 13 stasiun kerja dengan persentase rata-rata 16 %. Lini produksi perbaikan tingkat persentase idle rata-rata sebesar 6 %. Pada kondisi perbaikan waktu idle menjadi 1,26%. Waktu menunggu kondisi perbaikan menjadi 9 %.

KESIMPULAN (CONCLUSION)

Berdasarkan analisis sistem dengan didukung simulasi pada lini produksi perakitan elektronik dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Tingkat rata-rata efisiensi lini produksi di tiap stasiun adalah sebesar 70%, sedang tingkat efisiensi lini produksi perbaikan dengan didukung sistem simulasi dapat ditingkatkan menjadi 81 % rata-rata efisiensi di tiap stasiun adalah sebesar 82 %.
2. Waktu menganggur pada kondisi saat ini sebesar 191 detik atau sekitar 24% dari waktu kerja termasuk dalam kegiatan *waste*, jumlah operator yang dialokasikan pada perakitan ini sebesar 40 orang, sedang waktu menganggur pada perbaikan sebesar 115 detik atau sekitar 19% dari waktu kerja, jumlah operator yang dialokasikan pada perakitan ini sebesar 36 orang .

DAFTAR PUSTAKA

- Tri Panudju (2018), Analisis penerapan konsep penyeimbangan lini (*Line Balancing*) dengan metode *ranked position weight* (RPW) pada sistem produksi penyamakan kulit di PT. Tong Hong Tannery Indonesia Serang Banten
- Nugrianto, at all (2020), Analisis penerapan *line balancing* untuk peningkatan efisiensi pada proses produksi pembuatan pagar besi studi kasus: CV. Bumen Las Kontraktor, *Bulletin of Applied Industrial Engineering Theory* Vol 1, No.2
- Heizer, Jay. Dan Barry, Render (2016), *Operations management* buku 2 edisi ke tujuh , Jakarta:Penerbit Salemba Empat.
- Andi dan Nasution (2018), Keseimbangan lini perakitan produk tipe HD1172 menggunakan metoda heuristik pada line main assy iron di PT. Selaras Citra Nusantara Perkasa, *Jurnal Ilmiah Teknologi dan Rekayasa* Vol 23 No. 3 , Sekolah pascasarjana Usahid Press : Universitas Sahid Jakarta

PENGGUNAAN ANALISIS SENTIMEN UNTUK PERANCANGAN PRODUK: SEBUAH TINJAUAN PUSTAKA

Ignatius Benny Saputro¹, The Jin Ai²

^{1,2}Departement Teknik Industri, Universitas Atma Jaya Yogyakarta
Jl. Babarsari 43 Sleman 55281

Email: 205603236@students.uajy.ac.id, the.jinai@uajy.ac.id

ABSTRACT

Currently, consumers often provide comments and reviews on the products via social media and e-commerce platforms. Companies can utilize these comments and reviews to find out voice of customer for their products. Voice of customers are an important input within the product design process. One technique that has recently been widely used to assess consumer comments and reviews is sentiment analysis. Objective of this article is examining the extent to which sentiment analysis is used to support product design process through a literature review. Literatures are searched using the Web of Science Core Collection with "product design" and "sentiment analysis" keywords. After screening, fifty articles relevant to these keywords were selected. From these selected articles, it can be concluded that sentiment analysis has indeed been widely used to support the product design process, both for new products and for the process of improving the design of various types of products including services. In its application, sentiment analysis is integrated with various product design techniques such as quality function deployment (QFD), Kano, and Kansei method. There are two categories of techniques for determining negative or positive sentiment, namely techniques based on lexicon and machine learning techniques. Sentiment analysis in the product design process is also integrated with ontology and fuzzy concepts. Future research directions are expanding application to other product types and developing techniques by integrating various product design and various up-to-date techniques with the aim of obtaining appropriate and accurate techniques to extract customers' voices.

Keywords: product design, sentiment analysis, voice of customer, literature review

INTISARI

Saat ini konsumen sering memberikan komentar dan review terhadap produk yang digunakannya melalui platform media sosial dan platform *e-commerce*. Perusahaan mempunyai peluang untuk memanfaatkan komentar dan review tersebut untuk mengetahui keinginan dan kebutuhan konsumen atas produk yang dihasilkannya. Keinginan dan kebutuhan konsumen tersebut merupakan masukan berarti dalam proses perancangan produk. Salah satu teknik yang akhir-akhir ini banyak dipakai untuk menilai komentar dan review konsumen adalah analisis sentimen. Artikel ini disusun dengan tujuan untuk mencermati sejauh mana analisis sentimen digunakan untuk mendukung proses perancangan produk melalui tinjauan pustaka dari penelitian dalam bidang ini. Pustaka dicari dengan menggunakan basis data *Web of Science Core Collection* dengan menggunakan kata kunci "*product design*" dan "*sentiment analysis*". Setelah dilakukan pengkajian diperoleh lima puluh artikel yang relevan dengan kedua kata kunci tersebut. Dari artikel terpilih tersebut, dapat disimpulkan bahwa analisis sentimen memang telah banyak digunakan dalam mendukung proses perancangan produk, baik untuk produk baru maupun untuk proses perbaikan desain berbagai jenis produk termasuk jasa. Dalam penerapannya, analisis sentimen diintegrasikan dengan berbagai teknik perancangan produk seperti *quality function deployment* (QFD), metode Kano, dan metode Kansei. Terdapat dua kategori teknik untuk menentukan sentimen negatif atau positif yaitu teknik berdasarkan *lexicon* dan teknik *machine learning*. Analisis sentimen dalam proses perancangan produk juga diintegrasikan dengan konsep *ontology* dan *fuzzy*. Arah penelitian di masa datang adalah memperluas aplikasi ke jenis produk lain dan pengembangan teknik dengan integrasi berbagai teknik perancangan produk dan berbagai konsep dan teknik terkini dengan tujuan mendapatkan teknik yang sesuai dan akurat dalam mendapatkan keinginan konsumen.

Kata kunci: perancangan produk, analisis sentimen, keinginan konsumen, tinjauan pustaka

PENDAHULUAN (INTRODUCTION)

Perkembangan di dalam dunia saat ini membuat konsumen sering memberikan komentar atau review terhadap produk yang digunakannya melalui berbagai media sosial yang dimilikinya. Bagi konsumen lain, review konsumen tersebut digunakan sebagai salah satu pertimbangan ketika ingin mengambil keputusan untuk membeli suatu produk. Selain itu, review dari konsumen dapat menjadi informasi berguna bagi perusahaan yang memproduksi produk tersebut (Awad dan Mahmoud, 2021; Alotaibi, 2023).

Salah satu hal penting yang diharapkan perusahaan untuk dapat digali dari review konsumen adalah keinginan atau kebutuhan dari konsumen atas produk yang dihasilkannya, yang sering disebut dengan *voice of customer* (VOC). Di tengah situasi persaingan dunia bisnis yang semakin ketat dan penuh ketidakpastian, perusahaan harus selalu dapat beradaptasi terhadap kebutuhan konsumen yang berubah-ubah seiring berjalannya waktu. Adaptasi yang dilakukan semata untuk memberikan *customer value* untuk memuaskan keinginan pelanggan, salah satunya dengan cara selalu melakukan pengembangan produk baru yang sesuai dengan kebutuhan dan keinginan pasar. Proses pengembangan produk baru biasanya terdiri dari tiga tahap yaitu fase definisi/desain, fase realisasi/prototipe, dan fase integrasi/peluncuran produk. VOC sangat berperan dalam tahap desain, saat perusahaan mencocokkan kebutuhan konsumen (VOC) dengan *value* produk yang akan disampaikan kepada konsumen. Hal ini dilakukan perusahaan untuk dapat menciptakan keunggulan kompetitifnya, sehingga dapat unggul bersaing dengan kompetitor yang ada. Dengan desain yang baik akan memberikan daya tarik bagi konsumen, sehingga mereka memiliki keinginan untuk membelinya (Kreuzbauer & Malter, 2005). Resiko kegagalan suatu produk bisa dikurangi dengan mempertimbangkan VOC ke dalam proses desain dan pengembangan produk (Nazari-Shirkouhi & Keramati, 2017).

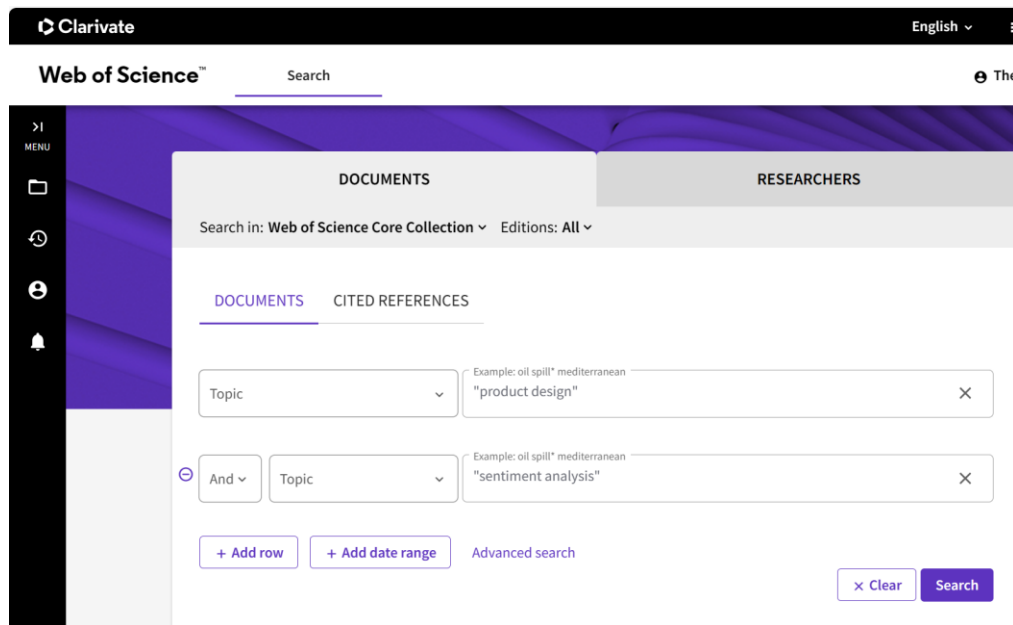
Perusahaan mempunyai tantangan dalam memanfaatkan data review konsumen tersebut, yang jumlahnya sangat besar tersedia dalam setiap platform media sosial. Sebagai contoh, Twitter atau X, pada tahun 2023 memiliki jumlah pengguna sebanyak 353 juta dan secara rata-rata setiap harinya terdapat sekurangnya 500 juta *tweet* atau komentar dari pengguna (Shepherd, 2024), yang diantaranya mungkin mengandung review dari konsumen terhadap produk tertentu. Selain ukuran data yang sangat besar, data review tersebut merupakan data teks yang tidak terstruktur. Untuk mengatasi hal tersebut, para peneliti telah menghasilkan serangkaian prosedur analisis informasi teks yang dihasilkan di media sosial. Untuk mendapatkan data yang berguna, analisis sentimen dapat dilakukan dengan menggunakan *text mining* dan *natural language processing*. Tujuan dari analisis sentimen sendiri adalah untuk menyusun polaritas dalam suatu teks ke dalam kelas-kelas berikut: positif, netral, dan negatif (Mäntylä dkk, 2018).

Dalam sekitar sepuluh tahun terakhir ini, telah terdapat banyak penelitian yang membahas mengenai proses untuk menggali informasi dari sentimen pelanggan yang banyak tersedia di berbagai platform media sosial ataupun platform *e-commerce* yang bertujuan untuk membantu proses perancangan produk (Jin dkk., 2019). Artikel ini disusun dengan tujuan untuk mencermati sejauh mana analisis sentimen telah digunakan untuk mendukung proses perancangan produk melalui tinjauan pustaka dari penelitian-penelitian yang telah dilakukan dalam bidang ini.

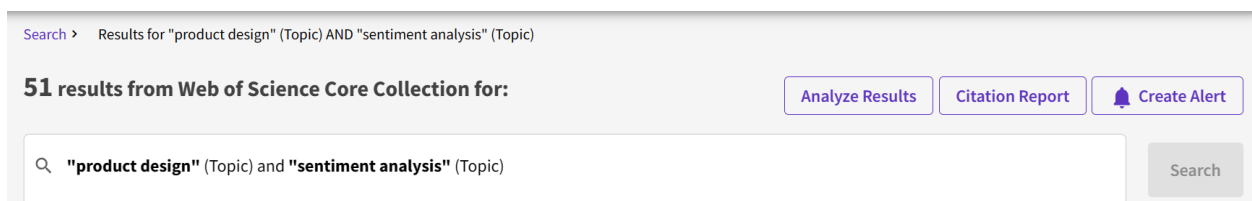
BAHAN DAN METODE (MATERIALS AND METHODS)

Pencarian pustaka dilakukan dengan menggunakan basis data *Web of Science Core Collection* dari *Clarivate* yang bisa diakses melalui situs <https://www.webofscience.com>. Kata kunci yang digunakan adalah “*product design*” dan “*sentiment analysis*” pada kriteria pencarian *Topic*, seperti terlihat pada Gambar 1. Dengan kata kunci tersebut yang dilakukan pada tanggal 1 Maret 2024, diperoleh sejumlah 51 artikel seperti terlihat pada Gambar 2.

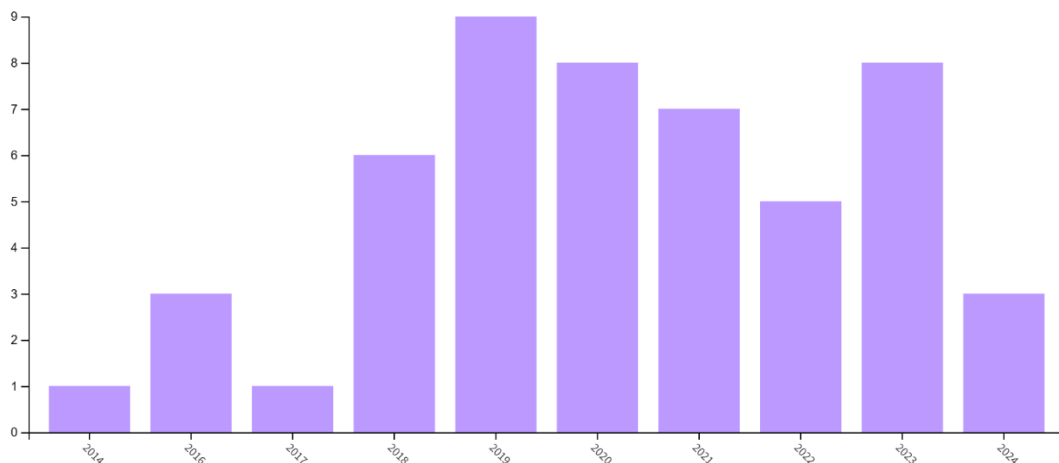
Lima puluh satu artikel yang ditemukan tersebut dikaji sebagai bahan untuk pembahasan tinjauan pustaka ini. Distribusi tahun publikasi dari artikel tersebut dapat dilihat pada Gambar 3. Artikel pertama dipublikasikan pada tahun 2014, dan mulai tahun 2016 setiap tahun terdapat artikel yang dipublikasikan dengan topik tersebut. Sejak tahun 2018 sampai 2023, sekurangnya terdapat 5 artikel dengan dua kata kunci tersebut.



Gambar 1. Pencarian Pustaka di *Web of Science Core Collection*

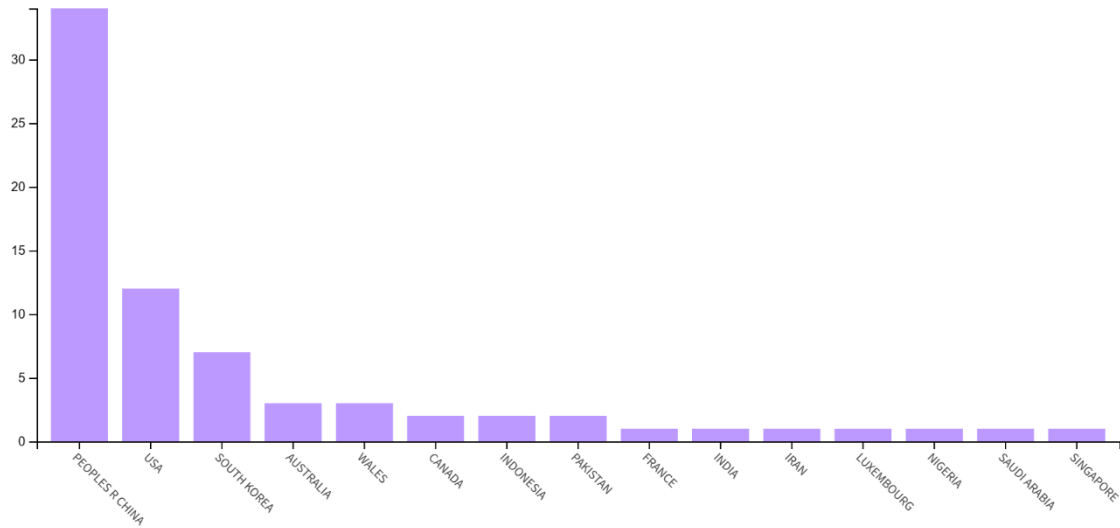


Gambar 2. Hasil Pencarian Pustaka dari *Web of Science Core Collection*



Gambar 3. Distribusi Tahun Publikasi Artikel

Jika ditinjau dari asal negara artikel tersebut, seperti terlihat pada Gambar 4, dominasi dari Cina terlihat dengan lebih dari tiga puluh artikel yang berasal dari negara tersebut. Negara lain yang berkontribusi banyak berkontribusi adalah Amerika Serikat dengan lebih dari sepuluh artikel, dan Korea Selatan dengan lebih dari lima artikel. Sementara itu, jika dilihat dari distribusi bidang ilmu, seperti terlihat pada Gambar 5, terlihat bahwa lima puluh satu artikel tersebut didominasi oleh bidang *Engineering Multidisiplinary* (tiga belas artikel), *Computer Science Artificial Intelligence* (dua belas artikel), *Engineering Electrical Electronic* (sebelas artikel), *Business, Computer Science Information Systems, Engineering Manufacturing* (masing-masing tujuh artikel), *Engineering Industrial, Operation Research Management Science, Computer Science Interdisiplinary Applications* (masing-masing enam artikel), dan *Automation Control Systems* (lima artikel).



Gambar 4. Distribusi Tahun Publikasi Artikel



Gambar 5. Distribusi Bidang Ilmu

Setelah itu, keseluruhan artikel yang ada dibaca dengan cermat apakah memang benar isinya berkaitan langsung dengan topik penggunaan analisis sentimen dalam proses perancangan produk. Artikel yang tidak relevan dengan pembahasan topik tersebut dikeluarkan dari daftar untuk dikaji dalam proses selanjutnya. Dengan pembacaan yang cermat, terdapat satu artikel yang benar-benar tidak relevan dengan pembahasan topik ini. Sehingga secara keseluruhan hanya terdapat 50 (lima puluh artikel) yang akan dikaji dalam proses selanjutnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN (RESULT AND DISCUSSIONS)

Berdasarkan pustaka yang dikaji, analisis sentimen telah diterapkan dalam proses perancangan produk berbagai macam jenis produk. Proses perancangan untuk produk elektronik merupakan produk yang paling banyak disebut dalam pustaka yang dikaji telah menggunakan analisis sentimen, dengan proses perancangan telepon seluler merupakan produk yang paling banyak disebut oleh berbagai pustaka, antara lain: Jin, Ji dan Kwong (2016), Chang dan Lee (2018), Zhang dkk. (2019), Rathore dan Ilavarasan (2020), Yang dkk. (2021), Joung dan Kim (2021), Zhang dkk. (2022), Liu dkk. (2024), Chen dkk. (2022), Zhang dkk. (2023), Ghorbanloo dan Shokouhyar (2023), Wang, Hu dan Liu (2024), Li dkk. (2023). Sementara itu proses perancangan produk untuk berbagai produk elektronik lainnya yang telah menggunakan analisis sentimen, antara lain adalah produk *air purifier* (Zhang dkk., 2021), produk *mouse* untuk komputer (Jiao dan Qu, 2019), kamera digital (Ali dkk., 2020), produk *google glass* (Hernández-Fernández dkk., 2019),

hair dryer (Xing dkk., 2020), komputer *laptop* (Suryadi dan Kim, 2019; Zhang dkk., 2022), komputer tablet (Suryadi dan Kim, 2019; Wang dkk., 2022), produk *smart speaker* (Lee dkk., 2023), produk *smart watch* (Jiang dkk., 2023), produk *sweeping robot* (Jiang dkk., 2022), televisi (Park dkk., 2024), dan mesin cuci (Wang, Lu dan Tan, 2018).

Selain produk elektronik, teknik analisis sentimen juga telah diterapkan dalam proses perancangan produk pakaian dan sepatu (Han dan Moghaddam, 2021), produk keramik (Liu dan Xu, 2021), produk kosmetik (Park, 2020), makanan khususnya *pizza* (Rathore dan Ilavarasan, 2020), serta produk kendaraan bermotor atau otomotif (Rathore dan Ilavarasan, 2020; Sun dkk., 2022; Zhang dkk., 2023). Sementara itu, secara umum teknik yang sama telah digunakan untuk proses perancangan produk yang *eco-friendly* (Maarif dkk., 2024). Hal yang menarik adalah teknik ini juga telah digunakan untuk proses perancangan jasa, yaitu jasa platform *ridesharing* (Ali, Wang dan Riaz, 2020).

Sementara itu, bila dilihat dari sudut pandang yang lain, analisis sentimen telah diterapkan baik untuk proses perancangan produk baru (*new product design*) maupun untuk proses perbaikan dari suatu desain produk (*product design improvement*). Penerapan analisis sentimen untuk proses perancangan produk baru telah dilakukan oleh Jiang dkk. (2018), Hernández-Fernández dkk. (2019), Rathore dan Ilavarasan (2020), Liu dan Xu (2021), Chen dkk. (2022), Quan dkk. (2023), dan Zhang dkk. (2023). Sementara penerapan analisis sentimen untuk proses perbaikan dari suatu desain produk Chang dan Lee (2018), Yang dkk. (2021), Zhang dkk. (2022), Sun dkk. (2022), Li dkk. (2023), Lee dkk. (2023), Wang dkk. (2024), dan Park dkk. (2024).

Terdapat dua sumber data yang populer digunakan sebagai sumber data untuk proses analisis sentimen dalam rangkaian perancangan produk, yaitu data yang bersumber dari platform media sosial dan platform *e-commerce*. Penelitian terdahulu yang menggunakan data yang bersumber dari platform media sosial adalah Lau dkk. (2014), Chen dkk. (2017), Ireland dan Liu (2018), Sun dkk. (2019), Wang dkk. (2019), Ng dan Law (2020), Ali, Wang dan Riaz (2020), Rathore dan Ilavarasan (2020), dan Liu dkk. (2024). Sementara itu, lebih banyak penelitian terdahulu yang menggunakan data yang bersumber dari platform *e-commerce*, antara lain adalah Lau dkk. (2014), Chen dkk. (2017), Ireland dan Liu (2018), Sun dkk. (2019), Wang dkk. (2019), Zhang dkk. (2019), Ng dan Law (2020), Zhang dkk. (2021), Han dan Moghaddam (2021), Liu dan Xu (2021), Yang dkk. (2021), Liu dkk. (2024), Zhang dkk. (2023), dan Wang, Hu, dan Liu (2024). Amazon adalah platform *e-commerce* yang banyak disebut digunakan sebagai sumber data (Jin dkk., 2016; Jin, Ji dan Gu, 2016; Jin, Ji dan Kwong, 2016; Wang dkk., 2018; Sun dkk., 2019; Ali dkk., 2020; Zhou dkk., 2020; Chen dkk., 2022; Lee dkk., 2023; Wang dkk., 2024).

Berdasarkan kajian pustaka tersebut di atas, terlihat juga bahwa adalah lazim dalam proses analisis sentimen untuk perancangan produk menggunakan lebih dari satu sumber data, sebagai contoh dengan data yang bersumber dari platform media sosial dan platform *e-commerce* secara bersama-sama (Lau dkk., 2014; Chen dkk., 2017; Ireland dan Liu, 2018; Sun dkk., 2019; Wang dkk., 2019; Ng dan Law, 2020; Liu dkk., 2024; Maarif dkk., 2024).

Dalam penerapannya, analisis sentimen juga telah diintegrasikan ke dalam berbagai teknik tradisional yang biasa digunakan dalam proses perancangan produk, seperti *quality function deployment* (QFD), metode Kano, dan metode Kansei. Integrasi teknik analisis sentimen dengan teknik QFD dalam proses perancangan produk telah dilakukan oleh Xing dkk. (2020) dan Liu dkk. (2024). Integrasi teknik analisis sentimen dengan metode Kano dalam proses perancangan produk telah dilakukan oleh Zhou dkk. (2020), Zhang dkk. (2021), Zhang dkk. (2022), Joung dan Kim (2022), Hussain dkk. (2022), Liu dkk. (2024). Sementara itu integrasi teknik analisis sentimen dengan metode Kansei dalam proses perancangan produk telah dilakukan oleh Wang dkk. (2018b), Jiao dan Qu (2019), Wang dkk. (2019), Ali, Wang dan Riaz (2020).

Secara umum teknik analisis sentimen dapat dilakukan pada tiga level yang berbeda, yaitu level dokumen atau sering disebut dengan analisis *coarse-grained*, level kalimat atau yang sering disebut dengan analisis *medium-grained*, dan level aspek/atribut atau yang sering disebut dengan analisis *fine-grained*. Di dalam aplikasi teknik analisis sentimen dalam proses perancangan produk, penelitian terdahulu menunjukkan bahwa aplikasinya terdapat pada ketiga level analisis tersebut. Analisis *coarse-grained* dalam proses perancangan produk telah dilakukan oleh Lau dkk. (2014) dan Sun dkk. (2019). Sedangkan analisis *medium-grained* dalam proses perancangan produk telah dilakukan oleh Jin, Ji, dan Gu (2016), Suryadi &

Kim (2019), serta Chen dkk. (2022). Sementara lebih banyak dijumpai proses perancangan produk dengan analisis pada level *fine-grained*, seperti yang telah dilakukan oleh Lau dkk. (2014), Jin, Ji, dan Kwong (2016), Sun dkk. (2019), Zhang dkk. (2021), Wang, Hu, dan Liu (2024), serta Park dkk. (2024).

Dalam menentukan sentimen dari suatu pernyataan, yaitu untuk menentukan pernyataan tersebut merupakan sentimen negatif atau sentimen positif, terdapat dua kategori teknik yang dipakai yaitu teknik berdasarkan *lexicon* atau teknik *machine learning*. Salah satu contoh penggunaan teknik berdasarkan *lexicon* untuk menentukan sentimen terdapat pada penelitian Ghorbanloo dan Shokouhyar (2023). Sementara penggunaan teknik *machine learning* dalam menentukan sentimen telah dilakukan oleh beberapa peneliti, di antaranya Suryadi dan Kim (2019), Zhou dkk. (2020), Han dan Moghaddam (2021), Wang dkk. (2022). Jenis *machine learning* yang telah digunakan pada analisis sentimen dalam proses perancangan produk adalah *unsupervised learning* (Wang dkk., 2018b; Ali, Wang, dan Riaz, 2020; Park dkk., 2024), *semi-supervised learning* (Lau dkk., 2014; Sun dkk., 2019), *capsule neural network* (Wang, Hu, dan Liu, 2024), *convolutional neural network* (Xing dkk., 2020), dan *explainable deep neural network* (Joung dan Kim, 2021; Joung dan Kim, 2022).

Terdapat juga beberapa konsep lain yang diintegrasikan dalam proses analisis sentimen untuk desain produk. Konsep pertama yang diintegrasikan adalah *Ontology*. Lau dkk. (2014) dan Sun dkk. (2019) masing-masing mengusulkan algoritma berbasis *machine learning* berjenis yang *semi-supervised* untuk melakukan pencarian *ontology* produk. Chang dan Lee (2018) menggunakan *ontology* untuk menghubungkan parameter perancangan dengan berbagai afeksi yang sesuai. Ali dkk. (2020) mengembangkan teknik berbasis *ontology* untuk mendapatkan fitur desain produk. Sementara itu, Setchi & Asikhia (2019) menggunakan algoritma berbasis *ontology* untuk menggali gambar skema yang digunakan dalam proses perancangan produk.

Konsep lain yang diintegrasikan dengan proses analisis sentimen untuk desain produk adalah konsep *fuzzy*. Xing dkk. (2020) menggunakan logika *fuzzy* untuk memodelkan sentimen konsumen yang beragam yang digunakan untuk menentukan tingkat kepuasan konsumen. Ng & Law (2020) menggunakan konsep *fuzzy entity-relationship (fuzzy ER)* untuk merangkum konten pada platform media sosial yang dituliskan oleh konsumen. Teknik *fuzzy regression* juga telah digunakan dalam penelitian Jiang dkk. (2022) dan Jiang dkk. (2023). Dalam kedua penelitian tersebut *fuzzy regression* digunakan untuk memodelkan variasi dari preferensi konsumen yang muncul dalam komentar *online*. Jiang dkk. (2019) mengusulkan metodologi baru yang mampu memodelkan keinginan pelanggan secara dinamis berbasis *fuzzy* yang disebut *dynamic evolving neural-fuzzy inference system (DENFIS)*. Melalui teknik ini keinginan pelanggan pada waktu yang berbeda dapat dianalisis dengan lebih baik. Sementara itu, terdapat juga penelitian yang mengintegrasikan konsep *fuzzy* dan *ontology* secara bersama-sama dalam sebuah terminologi baru yaitu *fuzzy product ontology* (Lau dkk., 2014; Sun dkk., 2019).

KESIMPULAN (CONCLUSION)

Berdasarkan keseluruhan pustaka yang telah dikaji tersebut di atas, terlihat bahwa memang analisis sentimen telah banyak digunakan dalam mendukung proses perancangan produk. Perancangan berbagai macam jenis produk telah disebutkan dalam pustaka menggunakan analisis sentimen, diantaranya berbagai jenis produk elektronik, seperti telepon seluler, *air purifier*, *mouse* komputer, kamera digital, *hair dryer*, computer, *smart speaker*, *smart watch*, *sweeping robot*, televisi, dan mesin cuci, kemudian berbagai produk lainnya seperti pakaian dan sepatu, keramik, kosmetik, makanan, dan kendaraan bermotor. Hal yang menarik juga adalah analisis sentimen telah digunakan untuk proses perancangan produk jasa, yaitu jasa platform *ridesharing*. Dalam berbagai penggunaannya, analisis sentimen telah diterapkan baik untuk proses perancangan produk baru maupun untuk proses perbaikan dari suatu desain produk. Terdapat dua sumber data yang populer digunakan sebagai sumber data untuk proses analisis sentimen dalam rangkaian perancangan produk, yaitu data yang bersumber dari platform media sosial dan platform *e-commerce*. Ditemukan juga bahwa adalah lazim dalam proses analisis sentimen untuk perancangan produk menggunakan lebih dari satu sumber data, misalnya menggunakan data yang bersumber dari platform media sosial dan platform *e-commerce* secara bersama-sama. Dalam penerapannya, analisis sentimen juga telah diintegrasikan ke dalam berbagai teknik tradisional yang biasa digunakan dalam proses perancangan produk, seperti *quality function deployment (QFD)*, metode Kano, dan metode Kansei. Sementara dalam penerapannya, teknik analisis sentimen diaplikasikan pada tiga level analisis yang berbeda yaitu level dokumen atau sering disebut dengan analisis *coarse-grained*, level kalimat atau yang sering disebut dengan

analisis *medium-grained*, dan level aspek/atribut atau yang sering disebut dengan analisis *fine-grained*. Sedangkan dalam menentukan sentimen dari suatu pernyataan, yaitu untuk menentukan pernyataan tersebut merupakan sentimen negatif atau sentimen positif, terdapat dua kategori teknik yang dipakai yaitu teknik berdasarkan *lexicon* dan teknik *machine learning*. Kecenderungan yang ada adalah teknik *machine learning* lebih banyak digunakan dibandingkan dengan teknik berdasarkan *lexicon*. Ditemukan juga dalam berbagai pustaka, bahwa analisis sentimen dalam proses perancangan produk diintegrasikan dengan konsep *ontology* dan *fuzzy* yang dapat mendukung proses perancangan produk dan/atau teknik analisis sentimen itu sendiri.

Berdasarkan tinjauan pustaka tersebut di atas, dapat diperkirakan bahwa arah penelitian di masa datang dalam bidang ini adalah memperluas aplikasi ke jenis produk lain yang saat ini belum terlalu banyak disentuh, yaitu di luar produk elektronik, misalnya proses perancangan produk otomotif atau juga perancangan produk jasa. Di samping itu, pengembangan teknik analisis sentimen dalam proses perancangan produk dengan cara integrasi baik dengan berbagai teknik yang biasa digunakan dalam proses perancangan produk maupun dengan berbagai konsep dan teknik terkini yang sedang berkembang juga akan menjadi arah penelitian di masa yang akan datang. Tujuannya adalah mendapatkan teknik yang sesuai dan akurat dalam mendapatkan keinginan konsumen pada berbagai situasi agar proses perancangan produk menjadi semakin baik, lancar, serta sejalan dengan tujuan perusahaan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, M. M., Doumbouya, M. B., Louge, T., Rai, R., & Karray, M. H. (2020). Ontology-based approach to extract product's design features from online customers' reviews. *Computers in Industry*, *116*, 103175.
- Ali, S., Wang, G., & Riaz, S. (2020). Aspect based sentiment analysis of ridesharing platform reviews for kansei engineering. *IEEE Access*, *8*, 173186-173196.
- Alotaibi, F. M. (2023). A machine-learning-inspired opinion extraction mechanism for classifying customer reviews on social media. *Applied Sciences*, *13*(12), 7266.
- Awad, N. A., & Mahmoud, A. (2021). Analyzing customer reviews on social media via applying association rule. *Computers, Materials and Continua*, *68*(2), 1519-1530.
- Chang, D., & Lee, C. (2018). A product affective properties identification approach based on web mining in a crowdsourcing environment. *Journal of Engineering Design*, *29*(8-9), 449-483.
- Chen, K., Jin, J., Zhao, Z., & Ji, P. (2022). Understanding customer regional differences from online opinions: a hierarchical Bayesian approach. *Electronic Commerce Research*, 1-27.
- Chen, K., Luo, P., & Wang, H. (2017). An influence framework on product word-of-mouth (WoM) measurement. *Information & Management*, *54*(2), 228-240.
- Ghorbanloo, S., & Shokouhyar, S. (2023). Consumers' attitude footprint on sustainable development in developed and developing countries: a case study in the electronic industry. *Operations Management Research*, *16*(3), 1444-1475.
- Han, Y., & Moghaddam, M. (2021). Eliciting attribute-level user needs from online reviews with deep language models and information extraction. *Journal of Mechanical Design*, *143*(6), 061403.
- Hernández-Fernández, A., Mora, E., & Hernández, M. I. V. (2019). When a new technological product launching fails: A multi-method approach of facial recognition and E-WOM sentiment analysis. *Physiology & behavior*, *200*, 130-138.
- Hussain, J., Azhar, Z., Ahmad, H. F., Afzal, M., Raza, M., & Lee, S. (2022). User experience quantification model from online user reviews. *Applied Sciences*, *12*(13), 6700.
- Ireland, R., & Liu, A. (2018). Application of data analytics for product design: Sentiment analysis of online product reviews. *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*, *23*, 128-144.
- Jiang, H., Kwong, C. K., Kremer, G. O., & Park, W. Y. (2019). Dynamic modelling of customer preferences for product design using DENFIS and opinion mining. *Advanced Engineering Informatics*, *42*, 100969.
- Jiang, H., Kwong, C. K., Park, W. Y., & Yu, K. M. (2018). A multi-objective PSO approach of mining association rules for affective design based on online customer reviews. *Journal of Engineering Design*, *29*(7), 381-403.
- Jiang, H., Sabetzadeh, F., Lin, Z., & Tang, H. (2022). Nonlinear time series fuzzy regression for developing explainable consumer preferences' models based on online comments. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, *30*(10), 4460-4470.
- Jiang, H., Wu, X., Sabetzadeh, F., & Chan, K. Y. (2023). Developing explicit customer preference models using fuzzy regression with nonlinear structure. *Complex & Intelligent Systems*, *9*(5), 4899-4909.

- Jiao, Y., & Qu, Q. X. (2019). A proposal for Kansei knowledge extraction method based on natural language processing technology and online product reviews. *Computers in Industry*, *108*, 1-11.
- Jin, J., Ji, P., & Gu, R. (2016). Identifying comparative customer requirements from product online reviews for competitor analysis. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, *49*, 61-73.
- Jin, J., Ji, P., & Kwong, C. K. (2016). What makes consumers unsatisfied with your products: Review analysis at a fine-grained level. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, *47*, 38-48.
- Jin, J., Liu, Y., Ji, P., & Kwong, C. K. (2019). Review on recent advances in information mining from big consumer opinion data for product design. *Journal of Computing and Information Science in Engineering*, *19*(1), 010801.
- Jin, J., Liu, Y., Ji, P., & Liu, H. (2016). Understanding big consumer opinion data for market-driven product design. *International Journal of Production Research*, *54*(10), 3019-3041.
- Joung, J., & Kim, H. M. (2021). Approach for importance–performance analysis of product attributes from online reviews. *Journal of Mechanical Design*, *143*(8), 081705.
- Joung, J., & Kim, H. M. (2022). Explainable neural network-based approach to Kano categorisation of product features from online reviews. *International Journal of Production Research*, *60*(23), 7053-7073.
- Kreuzbauer, R., & Malter, A. J. (2005). Embodied cognition and new product design: Changing product form to influence brand categorization. *Journal of Product Innovation Management*, *22*(2), 165-176.
- Lau, R. Y., Li, C., & Liao, S. S. (2014). Social analytics: Learning fuzzy product ontologies for aspect-oriented sentiment analysis. *Decision Support Systems*, *65*, 80-94.
- Lee, J., Jeong, B., Yoon, J., & Song, C. H. (2023). Context-aware customer needs Identification by linguistic pattern mining based on online product reviews. *IEEE Access*, *11*, 71859-71872.
- Li, Y., Dong, Y., Wang, Y., & Zhang, N. (2023). Product design opportunity identification through mining the critical minority of customer online reviews. *Electronic Commerce Research*, 1-29.
- Liu, C., & Xu, Y. (2021). Consumer sentiment involvement in big data analytics and its impact on product design innovation. *Sustainability*, *13*(21), 11821.
- Liu, P., Zhang, K., Dong, X., & Wang, P. (2024). A big data-Kano and SNA-CRP based QFD model: Application to product design under Chinese new E-commerce model. *IEEE Transactions on Engineering Management*, *71*, 4246-4260.
- Maarif, M. R., Syafrudin, M., & Fitriyani, N. L. (2024). Uncovering Sustainability Insights from Amazon's Eco-Friendly Product Reviews for Design Optimization. *Sustainability*, *16*(1), 172.
- Mäntylä, M. V., Graziotin, D., & Kuuttila, M. (2018). The evolution of sentiment analysis—A review of research topics, venues, and top cited papers. *Computer Science Review*, *27*, 16-32.
- Nazari-Shirkouhi, S., & Keramati, A. (2017). Modeling customer satisfaction with new product design using a flexible fuzzy regression-data envelopment analysis algorithm. *Applied Mathematical Modelling*, *50*, 755-771.
- Ng, C. Y., & Law, K. M. (2020). Investigating consumer preferences on product designs by analyzing opinions from social networks using evidential reasoning. *Computers & Industrial Engineering*, *139*, 106180.
- Park, J. (2020). Framework for sentiment-driven evaluation of customer satisfaction with cosmetics brands. *IEEE Access*, *8*, 98526-98538.
- Park, K., Park, S., & Joung, J. (2024). Contextual Meaning-based Approach to Fine-grained Online Product Review Analysis for Product Design. *IEEE Access*, *12*, 4225-4238.
- Quan, H., Li, S., Zeng, C., Wei, H., & Hu, J. (2023). Big data and AI-driven product design: a survey. *Applied Sciences*, *13*(16), 9433.
- Rathore, A. K., & Ilavarasan, P. V. (2020). Pre-and post-launch emotions in new product development: Insights from twitter analytics of three products. *International Journal of Information Management*, *50*, 111-127.
- Setchi, R., & Asikhia, O. K. (2017). Exploring user experience with image schemas, sentiments, and semantics. *IEEE Transactions on Affective Computing*, *10*(2), 182-195.
- Shepherd, J. (2024). 23 Essential Twitter (X) Statistics You Need to Know in 2024. The Social Shepherd. <https://thesocialshepherd.com/blog/twitter-statistics>
- Sun, B., Mao, H., & Yin, C. (2022). How to identify product defects and segment consumer groups on an online auto forum. *International Journal of Consumer Studies*, *46*(6), 2270-2287.
- Sun, Q., Niu, J., Yao, Z., & Yan, H. (2019). Exploring eWOM in online customer reviews: Sentiment analysis at a fine-grained level. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, *81*, 68-78.

- Suryadi, D., & Kim, H. M. (2019). A data-driven approach to product usage context identification from online customer reviews. *Journal of Mechanical Design*, 141(12), 121104.
- Wang, R., Liu, J., Li, M., Fu, C., & Hou, Y. (2024). Multi-modal online review driven product improvement design based on scientific effects knowledge graph. *Journal of Engineering Design*, 1-38.
- Wang, W. M., Li, Z., Liu, L., Tian, Z. G., & Tsui, E. (2018). Mining of affective responses and affective intentions of products from unstructured text. *Journal of Engineering Design*, 29(7), 404-429.
- Wang, W. M., Li, Z., Tian, Z. G., Wang, J. W., & Cheng, M. N. (2018). Extracting and summarizing affective features and responses from online product descriptions and reviews: A Kansei text mining approach. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 73, 149-162.
- Wang, W. M., Wang, J. W., Li, Z., Tian, Z. G., & Tsui, E. (2019). Multiple affective attribute classification of online customer product reviews: A heuristic deep learning method for supporting Kansei engineering. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 85, 33-45.
- Wang, X., He, J., Curry, D. J., & Ryoo, J. H. (2022). Attribute embedding: Learning hierarchical representations of product attributes from consumer reviews. *Journal of Marketing*, 86(6), 155-175.
- Wang, Y., Lu, X., & Tan, Y. (2018). Impact of product attributes on customer satisfaction: An analysis of online reviews for washing machines. *Electronic Commerce Research and Applications*, 29, 1-11.
- Wang, Z., Hu, S. J., & Liu, W. D. (2024). Product feature sentiment analysis based on GRU-CAP considering Chinese sarcasm recognition. *Expert Systems with Applications*, 241, 122512.
- Xing, T., Wang, G., Yuan, L., Liu, Y., Ye, X., & Zhao, J. (2020). A systematic estimation approach for the importance of engineering characteristics based on online reviews. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture*, 234(11), 1433-1447.
- Yang, C., Wu, L., Tan, K., Yu, C., Zhou, Y., Tao, Y., & Song, Y. (2021). Online user review analysis for product evaluation and improvement. *Journal of Theoretical and Applied Electronic Commerce Research*, 16(5), 1598-1611.
- Zhang, J., Zhang, A., Liu, D., & Bian, Y. (2021). Customer preferences extraction for air purifiers based on fine-grained sentiment analysis of online reviews. *Knowledge-Based Systems*, 228, 107259.
- Zhang, L., Chu, X., & Xue, D. (2019). Identification of the to-be-improved product features based on online reviews for product redesign. *International Journal of Production Research*, 57(8), 2464-2479.
- Zhang, M., Sun, L., Wang, G. A., Li, Y., & He, S. (2022). Using neutral sentiment reviews to improve customer requirement identification and product design strategies. *International Journal of Production Economics*, 254, 108641.
- Zhang, N., Qin, L., Yu, P., Gao, W., & Li, Y. (2023). Grey-Markov model of user demands prediction based on online reviews. *Journal of Engineering Design*, 34(7), 487-521.
- Zhou, F., Ayoub, J., Xu, Q., & Jessie Yang, X. (2020). A machine learning approach to customer needs analysis for product ecosystems. *Journal of mechanical design*, 142(1), 011101.

KOMPARASI MATERIAL FILAMEN 3D *PRINTER* TERHADAP HASIL KUALITAS CETAK PRODUK MAINAN *EGGBALL SUBMARINE*

Muhammad Yanuardi Irfani¹, Ali Ramadhan^{2*}

¹ Program Studi Desain Produk, Universitas Mercu Buana, Jl. Meruya Selatan No. 1 Kembangan; Jakarta Barat 11650, DKI Jakarta

² Program Studi Desain Produk, Universitas Mercu Buana, Jl. Meruya Selatan No. 1 Kembangan; Jakarta Barat 11650, DKI Jakarta

E-mail: 41921010002@student.mercubuana.ac.id¹, ali.ramadhan@mercubuana.ac.id²

ABSTRACT

Material refers to the base substance used in the production of a product or object, which possesses specific physical properties that influence the characteristics of the product. Filament, on the other hand, is a form of material in the form of a long thread that can be melted and shaped into three-dimensional objects. The result refers to the final outcome of a process or activity, depicting what has been achieved or obtained. Print quality pertains to the level of accuracy, clarity, and perfection of the 3D printing process, which is influenced by the parameters and characteristics of the material, machine, and design. Toys are objects or products designed and created for entertainment, play, or educational purposes, commonly used by children. The qualitative comparative method is employed in this research to obtain specific information on the comparison of the effects of using various types of filament materials in Eggball Submarine toys

Keywords: *Comparison, filament, material, toy*

INTISARI

Material adalah bahan dasar yang digunakan dalam pembuatan suatu produk atau objek, yang memiliki sifat fisik tertentu yang mempengaruhi karakteristik suatu produk. Filamen adalah bentuk material berupa benang panjang yang dapat dilelehkan dan dicetak menjadi objek tiga dimensi. Hasil adalah produk akhir dari suatu proses atau kegiatan, yang menggambarkan apa yang telah dicapai atau diperoleh. Kualitas cetak mengacu pada tingkat keakuratan, kejelasan, dan kesempurnaan hasil cetakan pada proses cetak 3D, yang dipengaruhi oleh parameter dan karakteristik material, mesin, dan desain cetakan. Mainan adalah objek atau produk yang dirancang dan dibuat untuk tujuan hiburan, kegiatan bermain, atau pendidikan yang umumnya digunakan oleh anak-anak. Metode kualitatif komparatif digunakan dalam penelitian ini untuk memperoleh informasi yang spesifik tentang perbandingan pengaruh penggunaan berbagai jenis material filamen pada mainan *Eggball Submarine*

Kata Kunci : Filamen, mainan, material, komparasi

PENDAHULUAN (INTRODUCTION)

Kualitas cetak produk mengacu pada tingkat keakuratan, ketepatan, dan detail dari objek yang dihasilkan melalui proses pencetakan (Seprianto & Wilza, 2017). Hal ini mencakup aspek visual seperti kejelasan, ketepatan geometri, kehalusan permukaan, serta integritas struktur objek yang dicetak. Kualitas cetak yang tinggi menunjukkan bahwa objek dicetak dengan presisi dan tingkat detail yang tinggi sesuai dengan desain yang diinginkan (Maulana, 2021).

Produk merupakan hasil dari proses perancangan hingga pembuatan atau pengolahan yang memiliki nilai kegunaan bagi konsumen (Prabowo & Zoelangga, 2019). Produk pada umumnya memiliki wujud berupa barang fisik, seperti perangkat elektronik, pakaian, kendaraan, peralatan dapur dan sebagainya. Produk dapat memiliki berbagai atribut, seperti kualitas, fitur, desain, harga, merek, serta layanan pendukung. Tujuan utama produk adalah untuk memenuhi kebutuhan atau keinginan konsumen dan memberikan nilai tambah. Produk yang sukses adalah yang dapat memenuhi ekspektasi konsumen, memberikan solusi yang efektif, dan memberikan kepuasan serta nilai yang diharapkan (Wibowo, 2019).

Mainan adalah produk atau alat yang dirancang khusus untuk tujuan hiburan, pembelajaran, maupun media pengembangan anak-anak (Fitriyanti & Hasballah, 2023). Mainan seringkali dirancang dengan warna, bentuk, dan fitur yang disesuaikan dengan kebutuhan anak-anak untuk bermain dan mengembangkan keterampilan motorik, kognitif, sosial, dan emosional mereka (Anggraini, 2018). Produk mainan umumnya berupa seperti boneka, balon, mobil miniatur, atau permainan papan, maupun benda yang dapat digunakan dalam permainan imajinatif, seperti kostum atau mainan berbasis media elektronik.

Eggball Submarine merupakan produk mainan yang dihasilkan melalui proses cetak 3 dimensi. “*Eggball*” diambil dari Bahasa Inggris yakni bola berbentuk telur atau permainan yang menggunakan bola berbentuk telur, sedangkan “*submarine*” mengacu pada imitasi bentuknya yakni bentuk kapal selam. Jadi secara definisi *Eggball Submarine* merupakan mainan bola telur yang berbentuk kapal selam yang dimainkan dengan dilempar ke air.

Dalam era perkembangan teknologi yang pesat, kemampuan teknologi pencetakan 3D semakin maju, memungkinkan manusia untuk merancang dan memproduksi berbagai produk melalui printer 3D. Dengan kemajuan kemampuan teknologi tersebut, material 3D saat ini sudah bisa diterapkan pada produk mainan. Teknologi pencetakan 3D membuka pintu menuju kebebasan desain yang tak terbatas dalam pembuatan mainan. Dengan menggunakan material 3D, para desainer dapat menciptakan mainan dengan bentuk, detail, dan fitur yang sangat kompleks. Mainan yang sebelumnya sulit dicetak atau dibuat dengan metode konvensional, kini dapat direalisasikan dengan mudah menggunakan teknologi printer 3D.

Komparasi material-material filamen 3D pada produk mainan merupakan suatu langkah awal yang krusial dalam proses perancangan, produksi dan pengembangan suatu mainan. Pada perancangan mainan, desainer perlu untuk mempertimbangkan faktor-faktor dasar dalam perancangan sebuah produk mainan seperti kekuatan, fleksibilitas, tahan lama, keamanan, dan kemampuan cetak pada saat memilih material filamen yang akan digunakannya. Dengan melakukan komparasi material tersebut, desainer dapat membuat keputusan yang tepat dalam memilih material yang sesuai dengan kebutuhan dan spesifikasi mainan.

Komparasi material pada mainan *Eggball Submarine* merupakan langkah yang penting dalam memastikan bahwa mainan tersebut telah memenuhi standar kualitas, performa, dan keamanan yang optimal. *Eggball Submarine* adalah mainan yang dirancang untuk berinteraksi dengan air, sehingga komparasi diperlukan untuk memilih material filamen 3D seperti apa yang cocok untuk diterapkan pada produk *Eggball Submarine*. Komparasi dan pembuatan keputusan tersebut menjadi faktor penting dalam merancang mainan untuk memberikan pengalaman bermain yang menyenangkan dan aman kepada anak-anak.

BAHAN DAN METODE (MATERIALS AND METHODS)

Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode kualitatif dengan pendekatan komparatif. Menurut (Sugiyono, 2010), metode penelitian kualitatif cenderung mengumpulkan data berupa kata-kata, gambar, dan pengalaman subjektif, sedangkan metode penelitian kuantitatif mengumpulkan data berupa angka atau variabel yang dapat diukur (Nugrahani & Hum, 2014).

Metode kualitatif yang dilakukan pada penelitian ini ditujukan untuk mendapatkan informasi berupa seleksi material pada hasil penerapan cetak 3D pada produk mainan, khususnya pada mainan yang terhubung dengan air seperti mainan kapal selam.

Penelitian ini menggunakan pendekatan komparatif yakni suatu metode penelitian yang dilakukan dengan membandingkan fenomena atau objek yang diteliti dalam dua atau lebih subjek penelitian dalam kondisi yang berbeda (Ramadhan, 2021). Metode komparatif adalah metode penelitian yang digunakan untuk membandingkan dua atau lebih kelompok yang mempunyai kesamaan dan perbedaan dalam variabel yang diukur (Moleong, 2017).

Dalam metode komparatif, data yang dikumpulkan biasanya berupa data kualitatif atau kuantitatif yang kemudian diolah dan dianalisis dengan teknik-teknik tertentu (Jaya, 2020). Hasil analisis kemudian digunakan untuk menghasilkan kesimpulan mengenai perbedaan atau kesamaan antara dua atau lebih kelompok atau kondisi yang dibandingkan. Pada penelitian ini akan dilakukan komparasi 4 material filamen yang digunakan

pada mainan *Eggball Submarine*. Yang akan menjadi target komparasi dari keempat material tersebut adalah ketahanan, pengaruh, kapabilitas yang dimiliki oleh keempat material filamen 3d yang diterapkan pada mainan *Eggball Submarine*.

HASIL DAN PEMBAHASAN (RESULT AND DISCUSSIONS)



Hasil Komparasi Mainan *Eggball Submarine* dengan material PLA, ABS, TPU, PETG Beserta Beban Hasil & Durasi Cetak 3 Dimensi



Berdasarkan hasil komparasi antara mainan *Eggball Submarine* dengan material PLA, ABS, TPU, dan PETG, ditemukan beberapa perbedaan dalam kualitas cetak dari masing-masing material. Material ABS memiliki hasil cetak yang halus dan tidak berserat pada detil kecil seperti baling-baling, namun mengalami *layer lines* pada bagian badan bawah mainan. Material PLA memiliki hasil cetak dengan tekstur yang halus (Ramadhan et al, 2022) pada bagian badan utama, namun kualitas cetak pada detil kecil seperti bagian badan belakang tidak rapih dan mengalami *pillowing*. Material PETG memiliki hasil cetak yang berserat dan mengkilap, namun mengalami *layer lines* pada kurvatur depan dan belakang, serta terlihat jelas pada detil kecil di bagian baling-baling. Material TPE memiliki hasil cetak yang berserat kasar, tidak mengkilap, namun sangat lentur dan tahan terhadap benturan atau tekanan.

Berdasarkan hasil tersebut, setiap material memiliki karakteristik serta kelebihan dan kekurangan dalam kualitas cetaknya masing-masing. Hal tersebut dapat dijadikan acuan dalam pemilihan material yang dibutuhkan dalam cetak 3d untuk produk mainan agar sesuai dengan hasil yang diinginkan.

Berdasarkan komparasi tersebut didapati bahwa tiap material memiliki hasil beban serta durasi cetak yang berbeda-beda, diantaranya sebagai berikut. Material ABS memiliki beban 38,3 Gram dengan durasi cetak ± 3 Jam 45 Menit, Material PLA memiliki beban 48,4 Gram dengan durasi cetak ± 2 Jam 50 Menit, Material PETG memiliki beban 60 Gram dengan durasi cetak ± 2 Jam 50 Menit dan, Material TPE memiliki beban 20 Gram dengan durasi cetak ± 3 Jam 45 Menit.

Tabel 1. Komparasi berat hasil cetak mainan *Eggball Submarine*

No.	Foto	Penjelasan
1		<p>ABS (acrylonitrile butadiene styrene) Secara visual hasil cetak pada material ini memiliki karakteristik warna yang tidak kilap Kelebihan: Hasil cetak memiliki karakteristik halus dan tidak berserat pada detil kecil seperti pada bagian baling-baling. Kekurangan: hasil cetak pada badan bawah mainan mengalami <i>layer lines</i> yakni garis <i>layer</i> terlihat menonjol Memiliki beban: 38,3 Gram Durasi Cetak: ± 3 Jam 45 Menit</p>
2		<p>PLA (polylactic acid) Secara visual Hasil cetak pada material ini memiliki karakteristik yang berserat dan semi kilap Kelebihan: Hasil cetak pada material ini memiliki tekstur yang halus pada bagian badan utama. Kekurangan: Kualitas cetak pada detil kecil seperti bagian badan belakang tidak rapih dan mengalami <i>pillowing</i> alias bentuk bantalan yang timbul. Memiliki beban: 48,4 Gram Durasi Cetak: ± 2 Jam 50 Menit</p>

No.	Foto	Penjelasan
3		<p>PETG (polyethylene terephthalate glycol) Secara visual hasil cetak pada material ini memiliki karakteristik yang berserat dan mengkilap Kelebihan: Hasil cetak halus dan cenderung pada badan utama Kekurangan: Hasil cetak TPE mengalami <i>Layer lines</i> pada kurvatur depan dan belakang, serta terlihat jelas pada detil kecil di bagian baling-baling. Memiliki beban: 60 Gram Durasi Cetak: ± 2 Jam 50 Menit</p>
4		<p>TPE (thermoplastic elastomer) Secara visual hasil cetak pada material ini memiliki karakteristik yang berserat kasar, tidak mengkilap dan sangat lentur. Kelebihan: Tidak mudah patah, tahan terhadap benturan atau tekanan. Kekurangan: Kualitas cetak TPE memiliki hasil yang sangat kasar dan berserabut (<i>stringy</i>) terlebih pada bagian detil kecil dan kurvatur badan bawah. Memiliki beban: 20 Gram Durasi Cetak: ± 3 Jam 45 Menit</p>

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa berat hasil cetakan 3D bervariasi tergantung pada jenis material dan *infill* yang digunakan. Material PETG memiliki berat cetakan yang paling tinggi, diikuti oleh PLA, ABS, dan TPE. Perbedaan beban tersebut terjadi akibat adanya perbedaan masa jenis dengan rincian sebagai berikut. Material ABS memiliki masa jenis 1,04g/cm³, Material PLA memiliki masa jenis 1,24g/cm³, Material PETG memiliki masa jenis 1,27g/cm³, Material TPE memiliki masa jenis 1,14g/cm³.

Kapabilitas Stabilitas Keseimbangan

Untuk memenuhi persyaratan mainan ini dapat dipajang adalah dengan melakukan uji stabilitas keseimbangan dengan memposisikan mainan *Eggball Submarine* berdiri dengan seimbang tanpa ada bantuan alas lainnya. Setelah ujicoba didapati bahwa sebagai berikut. Material ABS memiliki kemampuan berdiri seimbang, Material PLA tidak memiliki kemampuan berdiri seimbang, Material PETG memiliki kemampuan berdiri seimbang dengan mudah, Material TPE memiliki kemampuan berdiri seimbang dengan mudah.



Gambar 1. Komparasi Keseimbangan Mainan *Eggball Submarine*.
 Sumber: Dokumentasi Pribadi

Berdasarkan hasil uji stabilitas keseimbangan ini, dapat disimpulkan bahwa material ABS, PETG, dan TPE lebih cocok digunakan untuk mainan *Eggball Submarine* yang dapat dipajang dengan posisi berdiri seimbang. Sementara itu, material PLA kurang cocok untuk tujuan tersebut karena tidak memiliki stabilitas yang memadai dalam posisi berdiri.

Daya tahan suhu ruang

Uji komparasi daya tahan suhu ruang dilakukan untuk mengevaluasi pengaruh suhu ruangan terhadap mainan *Eggball Submarine*. Pengujian ini bertujuan untuk mengamati bagaimana material filamen cetak 3D yang digunakan pada mainan tersebut bereaksi terhadap suhu lingkungan dalam ruangan. Hasil dari uji coba ini penting untuk memastikan bahwa material filamen 3D yang digunakan tidak mengalami deformasi, kerusakan,

atau perubahan fisik lainnya saat terpapar suhu ruangan. Dalam ujicoba ini komparasi dilakukan di dalam ruangan yang memiliki suhu 31,3°C dengan kelembapan udara 66%.






Gambar 2. Komparasi Daya Tahan Suhu Ruang Padas Mainan Eggball Submarine.
Sumber: Dokumentasi Pribadi


Berdasarkan hasil uji komparasi daya tahan suhu ruang terhadap beberapa material filamen cetak 3d mainan *Eggball Submarine* didapati hasil bahwa tidak ada reaksi atau perubahan fisik yang terjadi pada setiap jenis material Dalam komparasi tersebut semua material menunjukkan ketahanan yang baik terhadap suhu ruangan. Tidak ada reaksi atau perubahan fisik yang signifikan yang terjadi pada setiap jenis material saat terpapar suhu ruangan stabil.

Komparasi Daya Apung, Kapabilitas Menembus Air Posisi Normal, Vertikal, & Horizontal

Berdasarkan hasil uji coba setiap material dihasilkan dari cetak 3d didapati bahwa mainan dapat terapung dengan baik pada permukaan air namun dengan posisi terbalik akibat ada bagian desain mainan yang lebih berat.

Tabel 2.. Komparasi Keseimbangan Mainan Eggball

No.	Foto	Penjelasan
1		<p>ABS (acrylonitrile butadiene styrene) Dapat mengapung dengan kondisi terbalik Hasil uji lempar posisi normal: Material ABS dapat menembus permukaan serta cenderung meluncur lebih dalam dan kembali ke permukaan tanpa melompat. Hasil uji lempar posisi vertikal: Material ABS meluncur kedalam permukaan air tanpa memantul dan tidak menyentuh dasar wadah. Hasil uji lempar posisi horizontal: Material ABS Lebih sulit untuk meluncur kedalam permukaan air, tidak memantul dan tidak mendekati dasar wadah.</p>
2		<p>PLA (polylactic acid) Dapat mengapung dengan kondisi terbalik Hasil uji lempar posisi normal: Material PLA dapat menembus permukaan air serta cenderung meluncur lebih dalam hingga menghantam dasar wadah dan kembali ke permukaan tanpa melompat. Hasil uji lempar posisi vertikal: Material PLA meluncur kedalam permukaan hingga menyentuh dasar wadah dan kembali ke permukaan dengan gelombang lompatan kecil. Hasil uji lempar posisi horizontal: Material PLA meluncur kedalam permukaan hingga menyentuh dasar wadah dan kembali ke permukaan tanpa lompatan.</p>
3		<p>PETG (polyethylene terephthalate glycol) Dapat mengapung dengan kondisi terbalik Hasil uji lempar posisi normal:</p>

No.	Foto	Penjelasan
		<p>Material PETG dapat menembus permukaan air serta cenderung meluncur lebih dalam hingga menghantam dasar wadah dengan keras dan kembali ke permukaan dengan melompat.</p> <p>Hasil uji lempar posisi vertikal: Material PETG meluncur ke dalam permukaan hingga menghantam dasar wadah dengan keras dan kembali ke permukaan tanpa lompatan.</p> <p>Hasil uji lempar posisi horizontal: Material PETG meluncur ke dalam permukaan hingga menghantam dasar wadah dengan keras dan kembali ke permukaan tanpa lompatan.</p>
4		<p>TPE (thermoplastic elastomer) Dapat mengapung dengan kondisi terbalik</p> <p>Hasil uji lempar posisi normal: Material TPE tidak menembus permukaan air dan tidak pula memantul dari permukaan air, sehingga terkesan seperti ‘lengket’ menempel pada permukaan air.</p> <p>Hasil uji lempar posisi vertikal: Material TPE tidak menembus permukaan air, dan sedikit memantul atau melompat ke arah atas permukaan air.</p> <p>Hasil uji lempar posisi horizontal: Material TPE tidak menembus permukaan air, dan tidak pula melompat dari permukaan air.</p>

Pada uji jatuh posisi vertikal, material ABS, PLA, dan PETG juga memiliki reaksi yang berbeda. Material ABS hanya meluncur ke dalam permukaan air tanpa memantul atau menyentuh dasar wadah. Material PLA meluncur ke dalam permukaan hingga menyentuh dasar wadah dan kembali ke permukaan dengan gelombang lompatan kecil. Material PETG meluncur ke dalam permukaan dengan keras hingga menghantam dasar wadah dan kembali ke permukaan tanpa lompatan. Sementara itu, material TPE tidak menembus permukaan air dan sedikit memantul atau melompat ke atas permukaan air.


Pada uji jatuh posisi horizontal, material ABS sulit untuk meluncur ke dalam permukaan air dan tidak mendekati dasar wadah. Material PLA meluncur ke dalam permukaan hingga menyentuh dasar wadah dan kembali ke permukaan tanpa lompatan. Material PETG meluncur ke dalam permukaan dengan keras hingga menghantam dasar wadah dan kembali ke permukaan tanpa lompatan. Material TPE tidak menembus permukaan air dan tidak melompat dari permukaan air.




Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa masing-masing material filamen memiliki reaksi yang berbeda ketika terbentur dengan air, dan posisi mainan terhadap hantaman ke air juga sangat berpengaruh dalam menghasilkan reaksi yang berbeda-beda.

Komparasi Pengaruh Uji Benturan ke Tanah, Lantai, dan Pengaruh Injakan Pada Mainan

Berdasarkan uji benturan dari lemparan ke arah tanah tidak membuat mainan *Eggball Submarine* mengalami kerusakan maupun deformasi sedikitpun.

Tabel 3. Komparasi uji ketahanan mainan *Eggball Submarine*

No.	Foto	Penjelasan
1		<p>ABS (acrylonitrile butadiene styrene)</p> <p>Hasil uji benturan ke tanah: Tidak ada bagian yang terlepas maupun pecah.</p> <p>Hasil uji benturan ke lantai: Badan utama bagian atas patah, poros baling-baling patah, baling-baling utuh.</p>

No.	Foto	Penjelasan
		<p>Hasil uji injakan: Mainan mengalami deformasi bentuk yakni berupa retakan dan mengalami lecet pada bagian badan mainan yang telah bersentuhan dengan permukaan lantai.</p>
2		<p>PLA (polylactic acid) Hasil uji benturan ke tanah: Tidak ada bagian yang terlepas maupun pecah. Hasil uji benturan ke lantai: Badan utama utuh, poros baling-baling patah, baling-baling utuh. Hasil uji injakan: Mainan tidak mengalami deformasi bentuk, namun mengalami lecet pada bagian badan samping kiri yang telah bersentuhan dengan permukaan lantai.</p>
3		<p>PETG (polyethylene terephthalate glycol) Hasil uji benturan ke tanah: Tidak ada bagian yang terlepas maupun pecah. Hasil uji benturan ke lantai: Badan utama utuh, poros baling-baling patah, sirip belakang patah. Hasil uji injakan: Mainan tidak mengalami reaksi apapun</p>
4		<p>TPE (thermoplastic elastomer) Hasil uji benturan ke tanah: Tidak ada bagian yang terlepas maupun pecah. Hasil uji benturan ke lantai: Tidak ada bagian yang terlepas maupun pecah. Hasil uji injakan: Bagian kurvatur depan pada badan utama mengalami sobek setelah uji injak.</p>

Uji benturan dilakukan dengan menjatuhkan mainan dari ketinggian 140 cm sesuai dengan prosedur Standar Nasional Indonesia ISO 8124-1:2010 yang meregulasi uji jatuh dilakukan pada ketinggian ± 138 cm.

Berdasarkan uji benturan mainan *Eggball Submarine* dengan dijatuhkan dari ketinggian 140 cm didapati hasil bahwa material ABS mengalami kerusakan dengan bagian atas badan dan poros baling-baling patah. Material PLA mengalami patah pada bagian poros baling-baling. Material PETG mengalami kerusakan pada bagian sirip dan poros baling-baling. Material TPE tidak mengalami kerusakan maupun deformasi bentuk.

Berdasarkan hasil uji injakan ini, didapati bahwa material filamen yang digunakan dalam produksi mainan *Eggball Submarine* memiliki reaksi yang berbeda terhadap injakan. Material seperti ABS dan PLA cenderung lebih rentan mengalami deformasi dan lecet, material PETG menunjukkan kestabilan terhadap injakan. Dan material TPE memiliki kekuatan lentur yang tinggi tetapi rentan mengalami sobek pada bagian tertentu.

Pembahasan

Evaluasi pengaruh material terhadap kualitas mainan *Eggball Submarine*

Evaluasi dilakukan untuk menemukan perbedaan yang dihasilkan dari tiap-tiap material filamen yang digunakan pada mainan *Eggball Submarine*. Hasil evaluasi yang dilakukan dalam penelitian terhadap berbagai jenis material yang digunakan pada mainan *Eggball Submarine* menunjukkan adanya kelebihan dan kekurangan pada masing-masing material tersebut.

Hasil evaluasi pada penelitian ini adalah dengan menilai dari tiap-tiap uji coba terhadap material *Eggball Submarine*. Uji coba yang dilakukan pada penelitian ini meliputi 3 tahapan komparasi yang meliputi komparasi

kualitas cetak, komparasi berat, dan komparasi stabilitas keseimbangan. Didapati bahwa komparasi kualitas cetak 3d dari tiap-tiap mainan memiliki hasil yang beragam.

Komparasi Kualitas Cetak

Pada komparasi kualitas cetak didapati hasil sebagai berikut: Diketahui bahwa material ABS memiliki kualitas cetak dengan tekstur permukaan halus, warna yang tidak kilap, dan bagian detil presisi. Untuk material PLA memiliki hasil cetak dengan tekstur permukaan bagian utama halus, warna semi kilap, dan tekstur kasar pada bagian detail kecil. Material PETG memiliki hasil cetak dengan tekstur berserat kasar, warna mengkilap, dan tekstur kasar pada bagian detail kecil. Dan material TPE memiliki hasil cetak dengan tekstur berserabut kasar, warna tidak mengkilap, tekstur kasar pada bagian detail kecil, dan kelenturan yang tinggi.

Komparasi Berat

Pada komparasi berat didapati hasil sebagai berikut: Material ABS memiliki beban 38,3 Gram, Material PLA memiliki beban 48,4 Gram, Material PETG memiliki beban 60 Gram, Material TPE memiliki beban 20 Gram. Setiap hasil cetak mainan *Eggball Submarine* memiliki berat gramasi yang berbeda, hal tersebut karena adanya perbedaan massa jenis yang dimiliki oleh masing-masing material filamen cetak 3d dengan rincian sebagai berikut: Material ABS memiliki masa jenis $1,04\text{g/cm}^3$, Material PLA memiliki masa jenis $1,24\text{g/cm}^3$, Material PETG memiliki masa jenis $1,27\text{g/cm}^3$, Material TPE memiliki masa jenis $1,14\text{g/cm}^3$.

Komparasi Stabilitas Keseimbangan

Material ABS dapat berdiri seimbang, Material PLA tidak dapat berdiri seimbang, Material PETG dapat berdiri seimbang, Material TPE dapat berdiri seimbang. Berdasarkan hasil evaluasi yang dilakukan terhadap material filamen cetak 3d mainan *Eggball Submarine*, dapat disimpulkan bahwa setiap material memiliki karakteristik yang berbeda dan memberikan pengaruh yang berbeda terhadap kualitas mainan. Oleh karenanya, pemilihan material filamen dalam pembuatan mainan *Eggball Submarine* perlu mempertimbangkan kualitas cetak, berat, stabilitas keseimbangan, dan karakteristik lainnya sesuai dengan kebutuhan mainan.

Pengaruh Lingkungan Terhadap Mainan *Eggball Submarine*

Pengaruh lingkungan merupakan dampak yang ditimbulkan dari uji coba mainan *Eggball Submarine* terhadap lingkungan di sekitarnya. Dalam penelitian ini pengaruh lingkungan terhadap mainan *Eggball Submarine* meliputi pengaruh terhadap air dan pengaruh suhu ruangan terhadap mainan *Eggball Submarine*.

Hasil evaluasi pada penelitian ini adalah dengan menilai dari tiap-tiap uji coba terhadap material *Eggball Submarine*. Uji coba yang dilakukan pada tahapan ini meliputi 2 proses uji, yakni uji daya apung dan uji ketahanan suhu ruangan.

Uji daya apung

Pada tahap ini, uji daya apung dilakukan untuk melihat kemampuan mainan dalam menghadapi lingkungan air. Uji daya apung juga berguna untuk melihat apakah ada kebocoran atau tidak dari tiap-tiap material filamen cetak 3d pada mainan *Eggball Submarine*, dan pengujian ini juga bertujuan untuk memastikan bahwa material filamen cetak 3D yang digunakan pada mainan tersebut tidak mengalami deformasi atau kerusakan saat terpapar lingkungan air. Dan pada uji daya apung didapati hasil sebagai berikut: Material ABS dapat mengapung dengan posisi terbalik tanpa kebocoran, Material PLA dapat mengapung dengan posisi terbalik tanpa kebocoran, Material PETG dapat mengapung dengan posisi terbalik tanpa kebocoran, Material TPE dapat mengapung dengan posisi terbalik tanpa kebocoran.

Uji Daya Tahan Suhu Ruang

Pada tahap ini, uji daya tahan terhadap suhu ruang dilakukan untuk mengamati bagaimana mainan daya tahan *Eggball Submarine* dalam suhu lingkungan dalam ruangan. Pengujian ini juga bertujuan untuk memastikan bahwa material filamen cetak 3D yang digunakan pada mainan tersebut tidak mengalami deformasi atau kerusakan saat terpapar suhu ruangan. Material ABS tidak bereaksi apapun, Material PLA tidak bereaksi apapun, Material PETG tidak bereaksi apapun, Material TPE tidak bereaksi apapun.

Berdasarkan hasil evaluasi terhadap pengaruh lingkungan terhadap mainan *Eggball Submarine*, seluruh material filamen yang digunakan pada mainan *Eggball Submarine* mampu mengapung dengan posisi terbalik tanpa adanya kebocoran dan deformasi bentuk. Hal ini menunjukkan bahwa mainan *Eggball Submarine* dapat digunakan di lingkungan air, dan diperlukan penyesuaian kembali pada desain *Eggball Submarine*. Selain itu,

dalam pengujian terhadap suhu ruangan, mainan *Eggball Submarine* tidak menunjukkan reaksi apa pun pada setiap material filamen yang digunakan. Hal ini menunjukkan bahwa mainan ini memiliki ketahanan terhadap suhu ruangan yang umumnya ada di dalam rumah atau area bermain dalam ruangan.

Pengaruh posisi gerak dinamis terhadap kapabilitas menembus permukaan air

Posisi gerak dinamis merupakan salah satu faktor yang tidak bisa dipisahkan pada saat bermain dengan mainan *Eggball Submarine*. Dalam penelitian ini, dilakukan evaluasi terhadap pengaruh posisi gerak dinamis terhadap kapabilitas mainan dalam menembus permukaan air.

Hasil evaluasi pada penelitian ini adalah dengan menilai dari tiap-tiap uji coba terhadap material *Eggball Submarine*. Uji coba yang dilakukan pada tahapan ini meliputi 3 proses uji mainan *Eggball Submarine* terhadap benturan ke air. Metode uji coba dilakukan dengan 3x percobaan, yakni dengan posisi mainan *eggball* mengarah diagonal, vertikal dan dengan posisi mainan *eggball* mengarah horizontal.

Uji Coba Lemparan ke Air Posisi Vertikal

Dalam uji coba dilempar ke dalam air dengan posisi diagonal, ditemukan hasil sebagai berikut:

Material ABS dapat menembus permukaan serta cenderung meluncur lebih dalam dan kembali ke permukaan tanpa melompat.

Material PLA dapat menembus permukaan air serta cenderung meluncur lebih dalam hingga menghantam dasar wadah dan kembali ke permukaan tanpa melompat.

Material PETG dapat menembus permukaan air serta cenderung meluncur lebih dalam hingga menghantam dasar wadah dengan keras dan kembali ke permukaan dengan melompat.

Material TPE tidak menembus permukaan air dan tidak pula memantul dari permukaan air, sehingga terkesan seperti 'lengket' menempel pada permukaan air.

Uji Coba Lemparan ke Air Posisi Vertikal

Dalam uji coba dilempar ke dalam air dengan posisi vertikal, ditemukan hasil sebagai berikut:

Material ABS meluncur kedalam permukaan air tanpa memantul dan tidak menyentuh dasar wadah.

Material PLA meluncur kedalam permukaan hingga menyentuh dasar wadah dan kembali ke permukaan dengan gelombang lompatan kecil.

Material PETG meluncur kedalam permukaan hingga menghantam dasar wadah dengan keras dan kembali ke permukaan tanpa lompatan.

Material TPE tidak menembus permukaan air, dan sedikit memantul atau melompat ke arah atas permukaan air.

Uji Coba Lemparan ke Air Posisi Horizontal

Dalam uji coba dilempar ke dalam air dengan posisi horizontal, ditemukan hasil sebagai berikut:

Material ABS lebih sulit untuk meluncur kedalam permukaan air, tidak memantul dan tidak mendekati dasar wadah.

Material PLA meluncur kedalam permukaan hingga menyentuh dasar wadah dan kembali ke permukaan tanpa lompatan.

Material PETG meluncur kedalam permukaan hingga menghantam dasar wadah dengan keras dan kembali ke permukaan tanpa lompatan.

Material TPE tidak menembus permukaan air, dan tidak pula melompat dari permukaan air.

Dengan demikian, dapat diketahui bahwa posisi gerak dinamis pada mainan *Eggball Submarine* mempengaruhi kapabilitas menembus permukaan air. Setiap material filamen memiliki karakteristik yang berbeda dalam menghadapi posisi gerak tersebut.

Evaluasi Keamanan mainan *Eggball Submarine*

Keamanan mainan merupakan aspek yang sangat penting dalam perancangan dan produksi mainan, terkhusus pada mainan *Eggball Submarine*. Evaluasi keamanan pada mainan ini melibatkan penilaian terhadap material yang digunakan dalam pembuatannya. Dalam evaluasi keamanan mainan *Eggball Submarine*, material filamen cetak 3D yang digunakan harus memenuhi parameter keamanan yang dibutuhkan seperti uji lemparan ke air, uji benturan ke tanah, uji benturan ke lantai dan uji injakan.

Uji lemparan ke air

Uji lemparan ke air ditujukan untuk mengetahui keamanan mainan *Eggball Submarine* saat dimainkan di air. Uji lemparan ke air juga untuk meneliti apakah ada bagian yang pecah atau rusak setelah dilakukan pelemparan ke air. Uji lemparan ke air didapati hasil sebagai berikut.

Material ABS tidak mengalami kerusakan

Material PLA tidak mengalami kerusakan

Material PETG tidak mengalami kerusakan

Material TPE tidak mengalami kerusakan

Uji benturan tanah

Uji benturan Tanah ditujukan untuk mengetahui keamanan mainan *Eggball Submarine* saat dimainkan di luar ruang. Pengujian ini juga ditujukan untuk meneliti apakah ada bagian yang pecah atau rusak setelah dilakukan uji benturan tanah. Uji benturan Tanah didapati hasil sebagai berikut.

Material ABS tidak mengalami kerusakan

Material PLA tidak mengalami kerusakan

Material PETG tidak mengalami kerusakan

Material TPE tidak mengalami kerusakan

Uji Benturan Lantai

Uji benturan lantai ditujukan untuk mengetahui keamanan mainan *Eggball Submarine* saat dimainkan di dalam ruang. Pengujian ini juga ditujukan untuk meneliti apakah ada bagian yang pecah atau rusak setelah dilakukan uji benturan lantai. Uji benturan lantai didapati hasil sebagai berikut.

Material ABS mengalami kerusakan dengan rincian Badan utama bagian atas patah, poros baling- baling patah, baling-baling utuh.

Material PLA mengalami kerusakan dengan rincian Badan utama utuh, poros baling-baling patah, baling-baling utuh.

Material PETG mengalami kerusakan dengan rincian Badan utama utuh, poros baling-baling patah, sirip belakang patah, dan baling-baling utuh

Material TPE tidak mengalami kerusakan maupun deformasi.

Uji Injakan

Uji injakan dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui bagaimana kekuatan mainan apabila terinjak oleh kaki pada saat tidak dimainka. Pengujian ini juga ditujukan untuk meneliti bagaimana dampak kerusakan yang ditimbulkan setelah uji injak dilakukan. Uji injak didapati hasil sebagai berikut.

Material ABS mengalami deformasi bentuk yakni berupa retakan dan mengalami lecet pada bagian badan mainan yang telah bersentuhan dengan permukaan lantai.

Material PLA tidak mengalami deformasi bentuk, namun mengalami lecet pada bagian badan samping kiri yang telah bersentuhan dengan permukaan lantai.

Material PETG tidak mengalami kerusakan

Material TPE tidak mengalami kerusakan dengan bagian kurvatur depan pada badan utama mengalami sobek setelah uji injak.

Berdasarkan hasil evaluasi keamanan yang telah dilakukan pada mainan *Eggball Submarine* dengan penggunaan berbagai material filamen Pada uji lemparan ke air dan uji benturan ke tanah, seluruh material yang digunakan terbukti mampu bertahan tanpa mengalami kerusakan. Hal tersebut membuktikan bahwa tiap material filamen yang digunakan pada mainan *Eggball* menunjukkan performa yang baik dalam berbagai lingkungan, baik itu dalam air atau di luar ruang. Namun, pada uji benturan lantai dan uji injakan, terjadi perbedaan signifikan dalam respon dari masing-masing material. Material ABS, PLA, dan PETG menunjukkan beberapa tingkat kerusakan dan deformasi, sementara TPE bertahan tanpa kerusakan atau deformasi. Ini menunjukkan bahwa dalam situasi yang melibatkan benturan keras atau tekanan tinggi terhadap mainan *Eggball Submarine*, performa dan ketahanan material akan uji coba tersebut memiliki kelemahan dan kelebihan masing-masing.

Implikasi Hasil Komparasi Material pada Mainan *Eggball Submarine*

Hasil evaluasi dari komparasi material pada mainan *Eggball Submarine* berperan penting sebagai modal dasar dalam menentukan kualitas dan performa mainan tersebut. Melalui proses komparatif ini, berbagai jenis filamen cetak 3D yang digunakan dalam pembuatan mainan *Eggball Submarine* diuji dan dibandingkan untuk mengidentifikasi karakteristik unik masing-masing.

Hasil perbandingan material pada mainan *Eggball Submarine* menunjukkan perbedaan signifikan dalam karakteristik antara berbagai jenis filamen cetak 3D. Dari perbandingan ini, beberapa implikasi penting dapat diturunkan terkait kualitas cetakan, ketahanan dan stabilitas material, serta interaksi mereka dengan lingkungan.

Kualitas cetakan adalah salah satu faktor kunci dalam penelitian perbandingan ini. Setiap material menawarkan tekstur permukaan yang berbeda dan kemampuan untuk mempertahankan detail dengan presisi tinggi atau rendah. Faktor ini memiliki dampak langsung pada estetika visual mainan *Eggball Submarine*.

Ketahanan dan stabilitas material juga memiliki pengaruh signifikan dalam hasil perbandingan. Beberapa material mungkin lebih tahan terhadap benturan dan tekanan, sementara yang lain mungkin lebih rentan terhadap deformasi dan kerusakan.

Interaksi material dengan lingkungan adalah pertimbangan lain yang penting. Mainan *Eggball Submarine* akan berinteraksi dengan air dan faktor lingkungan lainnya. Oleh karena itu, filamen cetak 3D yang tahan air, stabil pada berbagai suhu, dan tahan terhadap pengaruh lingkungan lainnya menjadi pilihan yang ideal.

Berdasarkan hasil perbandingan, jelas bahwa setiap material memiliki kelebihan dan kekurangan tertentu. Perbandingan ini memberikan gambaran mendalam tentang potensi masing-masing material dalam hal kualitas cetak, kekuatan, stabilitas, dan interaksi dengan lingkungan.

KESIMPULAN (CONCLUSION)

Berdasarkan hasil penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa pemilihan jenis filamen 3D sangat mempengaruhi kualitas akhir dan performa dari mainan *Eggball Submarine*. Setiap jenis filamen memiliki kelebihan dan kekurangan tersendiri, dan pemilihan filamen harus disesuaikan dengan kebutuhan dan spesifikasi produk. Penelitian ini juga menyoroti pentingnya melakukan komparasi material dalam proses desain dan produksi untuk memastikan bahwa produk akhir memenuhi standar keamanan, kualitas, dan estetika yang diinginkan. Bahwa pemilihan material filamen cetak 3D untuk konteks desain mainan harus dapat menyesuaikan dengan karakteristik mainan itu sendiri, terutama mainan yang terhubung dengan lingkungan pada saat bermainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggraini, D. (2018). Pengembangan Alat Permainan Edukatif Dengan Barang Bekas Untuk Mengembangkan Bahasa Anak Usia Dini Di Ra Al-Hidayah Kecamatan Kasui Kabupaten Waykanan (Doctoral dissertation, UIN Raden Intan Lampung).
- Fitriyanti, C., & Hasballah, J. (2023). Pengembangan Alat Permainan Edukatif Kantong Gurita Untuk Mengembangkan Motorik Halus Anak. *J-HyTEL: Journal of Hypermedia & Technology-Enhanced Learning*, 1(2), 75-86.
- Fonna, N. (2019). Pengembangan revolusi industri 4.0 dalam berbagai bidang. Bogor: Guepedia.
- Ikhsanto, L. N., & Zainuddin, Z. (2019). Analisa Kekuatan Bending Filamen Abs Dan Pla Pada Hasil 3d Printer Dengan Variasi Suhu Nozzle. *Media Mesin: Majalah Teknik Mesin*, 21(1), 9-17.
- Jaya, I. M. L. M. (2020). Metode Penelitian Kuantitatif dan Kualitatif: Teori, Penerapan, dan Riset Nyata. Yogyakarta: Anak Hebat Indonesia.
- Maulana, A. J. P., Widodo, A., & Kholis, N. (2021). Rancang Bangun Kartesian Robot Untuk Mencetak Gambar Pada Pancake. *Jurnal Teknik Elektro*, 10(3), 749-756.
- Misdawati, M. (2019). Analisis Kontrastif Dalam Pembelajaran Bahasa. *A Jamiy: Jurnal Bahasa Dan Sastra Arab*, 8(1), 53-66.
- Nugrahani, F., & Hum, M. (2014). Metode penelitian kualitatif. Solo: Cakra Books

- Pamasaria, H. A., Saputra, T. H., Utama, A. S., & Budiyanoro, C. (2020). Optimasi Keakuratan Dimensi Produk Cetak 3D Printing berbahan Plastik PP Daur Ulang dengan Menggunakan Metode Taguchi. *JMPM: Jurnal Material dan Proses Manufaktur*, 4(1), 12-19.
- Prabowo, R., & Zoelangga, M. I. (2019). Pengembangan Produk Power Charger Portable dengan Menggunakan Metode Quality Function Deployment (QFD). *Jurnal Rekayasa Sistem Industri*, 8(1), 55-62.
- Rahmadina, R. (2021). Modul Ajar: Biologi Sel Dalam Kehidupan. Medan: UIN Sumatera Utara
- Ramadhan, A., Syarifuddin, G., Cahyaningrum, D., & Pribadi, S. (2021, April). Utilization of Three Dimensional Printers as a Production Tool. In International Conference on Engineering, Technology and Social Science (ICONETOS 2020) (pp. 418-423). Atlantis Press.
- Ramadhan, A., Syarifuddin, G., Pribadi, S., & Medina, R. (2022). Physical Character Of Polylactic Acid Material. In International Symposium on Cultural Heritage, Universitas Mercu Buana, DKI Jakarta (pp. 273-280).
- Ramadhan, M. (2021). Metode penelitian. Jakarta: Cipta Media Nusantara.
- Sayidah, N. (2018). Metodologi penelitian disertai dengan contoh penerapannya dalam penelitian. Sidoarjo: Zifatama Jawara.
- Shabiriani, U. N. (2016). TA: Penciptaan Buku Pop-Up Cerita Panji Semirang Kediri dengan Menggunakan Ilustrasi Kartun sebagai Upaya Pengenalan Warisan Budaya Lokal (Doctoral dissertation, Institut Bisnis dan Informatika Stikom Surabaya).
- Soegijono, M. S. (1993). Wawancara sebagai salah satu metode pengumpulan data. *Media Penelitian Dan Pengembangan Kesehatan*, 3(1), 157152.
- Sugiyono, P. D. (2010). Metode Peneliian. Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D. Bandung: Alfabeta
- Virendra, S. (2023, March 3). 3D Printing Desain Model Bisnis untuk Teknologi dan Industri Baru. <https://doi.org/10.31219/osf.io/qkxdr>
- Wibowo, R. A. (2019). Manajemen Pemasaran Edisi 1. Semarang: *Semarang University*.

ANALISA TEMPERATUR TEMPER TERHADAP STRUKTUR MIKRO DAN SIFAT MEKANIK BAJA KARBON SEDANG S45C UNTUK JIG

Daniel Partomuan¹, Budiarto^{2*}, Dikky Antonius³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, UKI, Jakarta.

*Corresponding Author: budiarto@uki.ac.id

Email : dikkyantonius@uki.ac.id, dpartomuan@gmail.com,

ABSTRACT

To choose the right heat treatment process for industrial applications of S45C medium carbon steel, it is necessary to know the influence of technological parameters during the heat treatment process such as heating temperature, holding time and cooling medium on the microstructure and mechanical properties. This research aims to analyze the effect of tempering temperature on the microstructure and mechanical properties of S45C medium carbon steel as a JIG material. Using an experimental method, in the form of heat treatment in the austenite phase at a temperature of 825OC, holding time 30 minutes, rapid dipping in oil media, and continued with varying tempering temperatures of 200OC, 250OC, and 300OC and a holding time of 30 minutes. Testing of crystal size, dislocation density, and lattice microstrain using an X-ray diffractometer (XRD) was calculated using the Derby Scherrer equation, and hardness testing using the Brinell scale. The results of microstructural analysis show that the average crystal size increased significantly after the heating process starting from the austenite phase, dipping quickly in oil and tempering. However, the dislocation density and lattice microstrain decreased. The hardness and tensile strength test results show an increase with added tempering temperature.

Keywords: dislocation density, medium carbon steel S45C, temper, XRD, hardness

INTISARI

Untuk memilih proses perlakuan panas yang tepat untuk aplikasi industri baja karbon medium S45C, perlu diketahui pengaruh parameter teknologi selama proses perlakuan panas seperti suhu pemanasan, waktu penahanan dan media pendingin terhadap struktur mikro dan sifat mekanik. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa pengaruh temperatur temper terhadap struktur mikro dan sifat mekanik pada baja karbon sedang S45C sebagai material JIG. Menggunakan metode eksperimen, berupa perlakuan panas pada fasa austenit temperatur 825OC waktu penahanan 30 menit, dicelup cepat pada media oli, dan dilanjutkan variasi temperatur temper 200 OC, 250 OC, dan 300 OC serta waktu tahan 30 menit. Pengujian ukuran kristal, kerapatan dislokasi, dan regangan mikro kisi menggunakan difraktometer sina-X (XRD) dihitung menggunakan persamaan Derby Scherrer, dan uji kekerasan dengan skala Brinell. Hasil analisa struktur mikro menunjukkan bahwa rerata ukuran kristal mengalami kenaikan yang signifikan setelah proses pemanasan mulai dari fase austenit, dicelup cepat media oli dan ditemper. Namun untuk kerapatan dislokasi dan regangan mikro kisi mengalami penurunan. Hasil uji kekerasan dan kuat tarik memperlihatkan kenaikan dengan temperatur temper ditambahkan.

Kata Kunci : kerapatan dislokasi, baja karbon sedang S45C , temper, XRD, kekerasan

PENDAHULUAN (INTRODUCTION)

Kebanyakan logam yang digunakan dalam pembuatan bahan struktural dan mekanik adalah bentuk polikristalin. Sifat mekaniknya bergantung pada beberapa skala fitur seperti tekstur kristal, ukuran butir, dan kepadatan dislokasi. Struktur mikro dapat di analisa dengan bantuan alat mikroskop optik dan mikroskop elektron pemindaian biasanya digunakan untuk mempelajari fitur berskala relatif besar.

Struktur mikro yang ditinjau pada struktur kristal dapat dianalisa dengan menggunakan difraktometer sinar-X (XRD), dimana profil puncak difraksi dihasilkan terukur yang menunjukkan dua jenis

pelebaran: pelebaran fisik akibat regangan tak homogen dan pelebaran instrumental akibat sistem pengukuran. Perluasan instrumental harus dihilangkan dari profil garis yang diukur untuk menentukan kepadatan dislokasi intrinsic, regangan mikro kisi, dan ukuran kristalit dengan bantuan persamaan Derby Scherrer. Dalam penelitian ini, perluasan instrumental dihilangkan dengan menggunakan fungsi Voigt. Profil terukur dipasang dengan fungsi Voigt, dan kemudian lebar penuh setengah maksimal (FWHM) dari profil instrumental dikurangi dari profil difraksi terukur. Unsur Fe dan Cu, bagaimanapun, tidak dapat dianalisis dengan metode tersebut karena anisotropinya. Akibatnya, meskipun baja merupakan material struktural dan mekanis yang paling umum digunakan, baja jarang dievaluasi menggunakan analisis profil garis.

Baja karbon sedang telah banyak digunakan sebagai material struktural untuk industri otomotif seperti bahan cranshaf, pembuatan kapal, dan konstruksi karena keseimbangan yang sangat baik antara kekuatan, dan keuletan serta kekerasannya. Quenching merupakan sebuah proses perlakuan panas terhadap material baja tersebut dipanaskan pada suhu tertentu dan tergantung pada kandungan karbon dan fasa yang dimiliki oleh material baja tersebut, selanjutnya setelah mencapai suhu ditentukan serta ditahan selama waktu yang ditentukan, kemudian material baja tersebut di dinginkan secara kejut menggunakan media quench seperti air garam, oli dan air. Di antara baja karbon grade sedang, baja grade S45C (JIS) atau AISI 1045 (ASTM) merupakan baja berkualitas baik dengan kandungan karbon sekitar 0,45%. Baja tipe-S45C memiliki sifat mekanik yang baik seperti kekuatan yang dapat diterima, kekerasan, dan keuletan yang baik (Ibrahim & Sayuti, 2015). Selain itu, dapat mencapai kekerasan dan yang diinginkan peningkatan kekuatan melalui proses perlakuan panas karena efisiensi perlakuan panasnya yang tinggi. Oleh karena itu, baja ini cocok untuk pemrosesan mekanis serta pembuatan bagian-bagian mesin seperti ulir, baut, poros, roda gigi, flensa baja, sabit, lubang, bor, dan pisau, dan lain-lain.

Tempering merupakan suatu proses panas yang bertujuan untuk menurunkan kekerasan pada suatu material baja, mengurangi tegangan dalam yang dapat menyebabkan material baja tersebut bersifat rapuh dan merubah struktur kristal material baja sehingga dapat bersifat lunak. sehingga material baja tersebut memiliki sifat kombinasi antara kekerasan, kekuatan, keuletan, keliatan, dan berstruktur kristal stabil. Melalui sebuah proses tempering, kegetasan dan kekerasan dapat diturunkan sampai memenuhi persyaratan penggunaan. Kekuatan tarik turun, kekerasan akan turun pula sedang keliatan dan ketangguhan material baja meningkat. yang telah dikeraskan pada kondisi suhu di bawah suhu kritis, disusul dengan pendinginan pada suhu kamar. Parameter penting lainnya dari perlakuan panas adalah waktu pemaparan. Selama waktu penahanan pada suhu tertinggi perlakuan panas, belum terjadi transformasi fasa baru. Namun, tahap ini diperlukan untuk meratakan suhu antara inti dan permukaan spesimen, sehingga transformasi fasa yang sama dapat terjadi di dalam inti seperti halnya di permukaan. Selain itu, untuk menyelesaikan transformasi fase, waktu penahanan perlu mencapai tingkat tertentu. Di sisi lain, jika waktu penahanan terlalu lama, fase austenitik mungkin menjadi lebih besar, menyebabkan baja menjadi lebih rapuh. Oleh karena itu, waktu tunggu harus diperhitungkan dengan cermat. Waktu penahanan panas tergantung pada ukuran dan bentuk spesimen, suhu pemanasan, perlakuan panasm metode, dan kualitas baja (Bouissa et al., 2019)

Austenit fase suhu tinggi dalam baja dapat berubah menjadi berbagai fase seperti perlit kasar, bainit, atau martensit tergantung pada laju pendinginan (Schindler et al., 2006). Fase-fase ini akan sangat mengubah sifat mekanik baja setelah proses perlakuan panas (Jo et al., 2020). Oleh karena itu, tahap ini menjadi sangat penting dan perlu dikaji secara matang.

BAHAN DAN METODE (MATERIALS AND METHODS)

Pelaksanaan percobaan dimulai dengan pembuatan sampel uji material baja karbon sedang S45C dengan memotting, ukuran : diameter 12 mm x tebal 10 mm ini dilakukan di laboratorium Teknik Mesin, Fakultas Teknik, UKI, Jakarta.

Bahan yang digunakan : Baja karbon sedang S45C dan bahan metalografi lengkap.

Peralatan yang digunakan : -alat pemanas/tungku, -alat metalografi lengkap, -alat difraktometer sinar-X, -alat Uji Kekerasan skala Brinell.

CARA PERCOBAAN

Untuk pengujian kekerasan dan struktur kristal dilakukan di Pusat Terpadu Laboratorium UI di Depok. Pengerjaan perlakuan panas solid solidification sampel uji dari material baja karbon sedang S45C pada temperatur 825°C ditahan selama 30 menit, dilanjutkan proses quenching dengan media oli. Proses selanjutnya tempering pada variasi temperatur 200°C, 250°C dan 300°C ditahan masing-masing selama 30 menit. Langkah berikutnya dilakukan pengujian kekerasan dengan skla Brinell dan struktur kristal (ukuran kristal, kerapatan dislokasi, dan regangan mikro kisi).

CARA MENGHITUNG HASIL XRD

Kepadatan struktur kristal dapat ditentukan melalui difraksi sinar-X dengan membandingkan nilai jarak bidang kristal (d) dan intensitas puncak difraksi dengan data referensi.

Dengan membandingkan puncak data pada grafik dengan yang ada di database ICDD, dimungkinkan untuk menentukan puncak grafik XRD dari data yang diterima dari temuan XRD. Teknik analisis Rietveld yang diidentifikasi dalam perangkat lunak RIETAN kemudian digunakan untuk menyempurnakan data XRD. Fasa yang terkandung dalam sampel, bersama dengan strukturnya, kelompok ruang, dan parameter kisi, diketahui sebagai hasil penyempurnaan ini.

Pernyataan ini dinamakan hukum Bragg untuk difraksi kristal (Murtiono, 2012), secara matematis dapat dituliskan dalam bentuk persamaan dibawah ini:

$$d_{hkl} = a / (h^2+k^2+l^2)^{1/2} \dots\dots\dots(1)$$

- dimana: a = parameter kisi
- hkl = indeks miller bidang
- d_{hkl} = jarak antar bidang

Puncak difraksi sinar-X dari pola difraktogram digunakan untuk menghitung dan menilai ukuran/diameter kristalit menggunakan metode persamaan Debye Scherrer (Purnomo et al., 2019) yaitu:

$$D = \frac{K\lambda}{\beta \cos\theta} \dots\dots\dots(2)$$

Rumus untuk menentukan nilai regangan kisi:

$$\epsilon = \frac{\beta}{4\tan\theta} \dots\dots\dots(3)$$

Rumus untuk menentukan nilai kerapatan dislokasi:

$$\rho = \frac{1}{D^2} \dots\dots\dots(4)$$

Keterangan:

- D = Diameter kristalit(Å)
- θ = Sudut difraksi(derajat)
- ρ = Kerapatan Dislokasi (garis/mm²)
- λ = 1,54056 Å (Panjang gelombang dari sinar-X)
- K = 0,9-1 (Faktor bentuk dari kristal)
- ε = Regangan Kisi
- β = Nilai dari FWHM (rad)

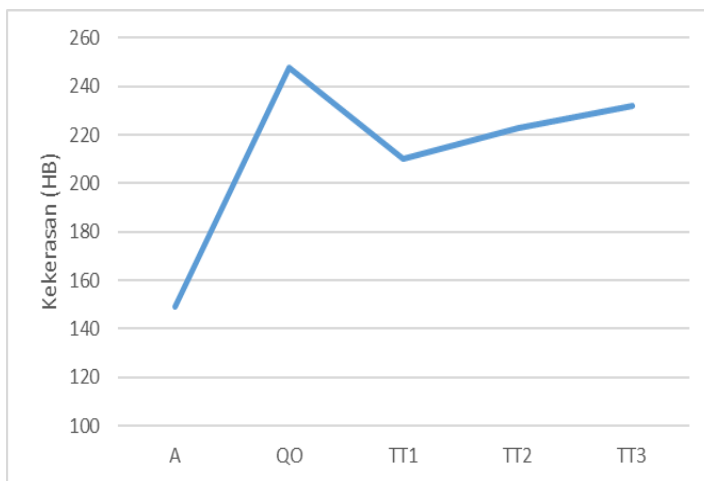
HASIL DAN PEMBAHASAN (RESULT AND DISCUSSIONS)

Hasil pengujian kekerasan skala Brinell dan kekuatan tarik serta pengujian struktur mikro atau struktur kristal dengan alat difraktometer sinar-X dari sampel uji material baja karbon sedang S45C dapat dilihat pada Gambar 1, 2, 3, 4, 5, dan 6 di bawah ini.

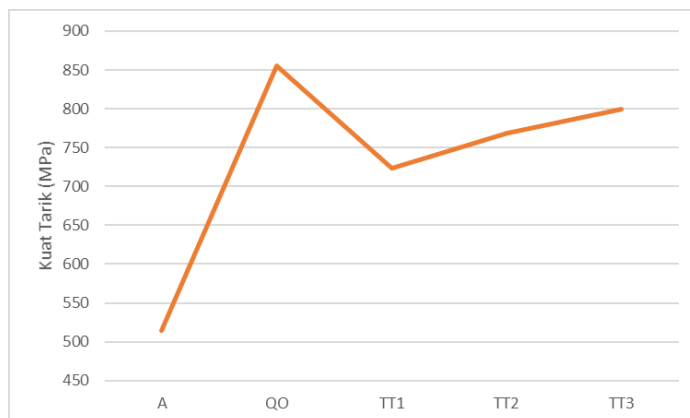
Pengaruh Variasi Temperatur Temper terhadap Kekerasan dan Kuat tarik Baja Karbon sedang S45C

Tabel 1. Hasil pengujian kekerasan dan kekuatan tarik baja karbon sedang S45C

Nama Sampel	Pengujian	
	Kekerasan (HB)	Kuat Tarik (MPa)
1. Baja S45C-Asli (A)	151	521
2. Baja karbon sedang S45C Quenching-Oli (QO)	251	866
3. Suhu Temper 200 ^o C, TT1	216	745
4. Suhu Temper 250 ^o C, TT2	222	766
5. Suhu Temper 300 ^o C, TT3	239	826



Gambar 1. Grafik hubungan kekerasan terhadap temperatur temper baja karbon sedang S45C a).A asli, b) *Quenching-Oli* c).200^oC, d).250^oC, dan e). 300^oC.

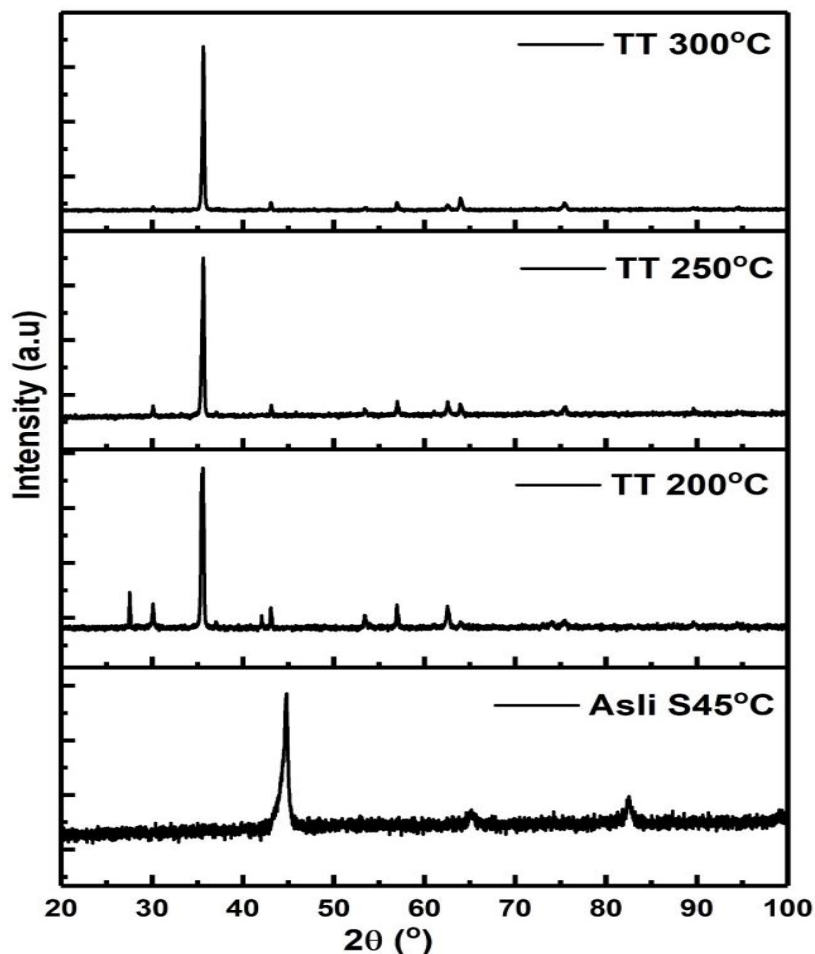


Gambar 2. Grafik hubungan kekuatan tarik terhadap temperatur temper baja karbon sedang S45C a) A Asli, b) *Quenching-Oli* c).200^oC, d).250^oC, dan e).300^oC.

Hasil pengujian dari gambar 1, dan Tabel 1 menunjukkan nilai kekerasan tanpa perlakuan panas adalah 151 HB. Selanjutnya dilakukan perlakuan panas fase austenit temperatur 825 °C selama 30menit dan celup cepat(quenching) di media oli adalah 231 HB. Peningkatan kekerasan inidisebabkan telah terjadi perubahan fasa dari fasa *austenite* dengan bentuk kristal *face centre cubic* (FCC) menjadi fasa *martensite* dengan bentuk kristal *body centre tetragonal* (BCT) dan tegangan sisa. Setelah dilakukannya proses *temper* dengan variasi temperatur *temper* 200°C dengan waktu penahanan 1 jam, terjadi penurunan

kekerasan menjadi 216 HB. Hal ini disebabkan telah berubah fasa martensit menjadi fasa bainit dan fasa ferit. Pada temperatur *temper* 250°C terjadi sedikit kenaikan kekerasan menjadi 222 HB. Demikian juga pada temperatur *temper* 300°C dengan waktu penahanan 1 jam, terjadi peningkatan kekerasan menjadi 239 HB. Apabila ada penambahan unsur Cr dan Mo menyebabkan terbentuknya endapan karbida-logam di dalam martensit *lath* sehingga kekerasannya menjadi meningkat, karena endapan tersebut menghalangi gerakan. Kemungkinan yang lain disebabkan peningkatan relaksasi struktur martensit menjadi martensit temper dan pembesaran ukuran karbida (*coarsening*), serta dapat menyebabkan dekomposisi fasa martensit menjadi ferit dan karbida. Proses tempering bertujuan untuk meningkatkan keuletan sebagai akibatnya kekerasan turun namun diimbangi dengan pembentukan karbida-logam, sehingga merubah fasa martensit menjadi martensit temper berbentuk *lath* (karbida+ferit)

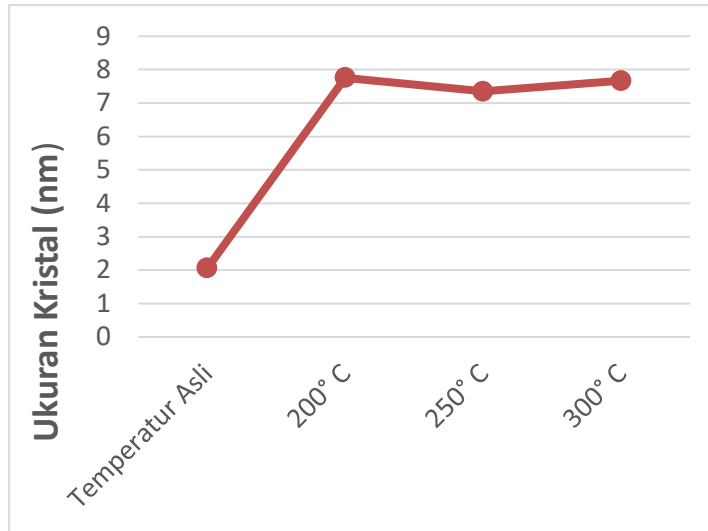
B. Pengaruh Variasi Temperatur *Tempering* terhadap Ukuran Kristal, kerapatan dislokasi, Regangan mikro kisi Baja NAK80.



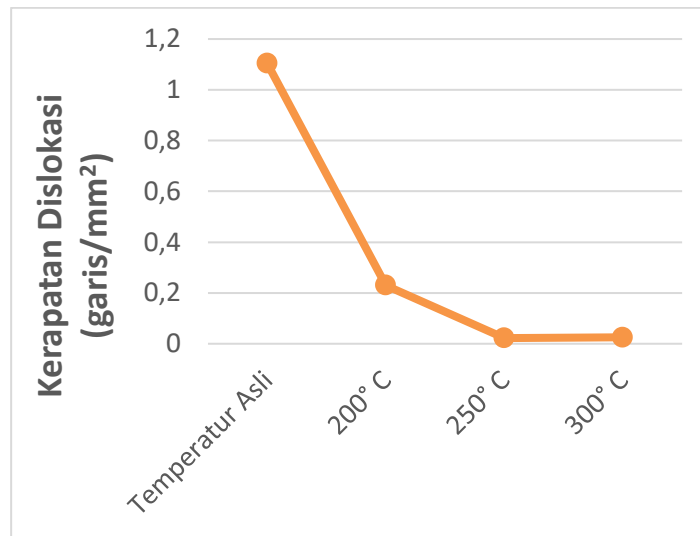
Gambar 3. Difraktogram sinar-X dari baja karbon sedang S45C pada temperatur temper a) A Asli, b).200 °C, c) 250 °C, dan d) 300 °C

Tabel 2. Data ukuran Kristal, kerapatan dislokasi, dan Regangan mikro kisi baja karbon sedang S45C

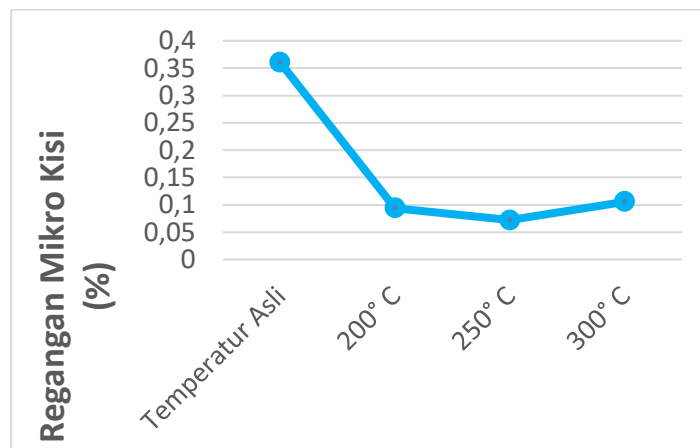
No.	Kondisi Pemanasan	D (nm)	ρ (1/mm ²)	ϵ (%)
1.	Asli (Tanpa pemanasan)	2,055	1,1037	0,3603
2.	Suhu temper 200 °C	7,756	0,2296	0,0940
3.	Suhu temper 250 °C	7,352	0,0223	0,0721
4.	Suhu temper 300 °C	7,670	0,0247	0,1059



Gambar 4. Grafik hubungan ukuran kristal terhadap temperatur temper baja karbon sedang S45C a) A Asli, b).200 °C, c) 250 °C, dan d) 300 °C



Gambar 5. Grafik hubungan kerapatan dislokasi terhadap temperatur temper baja karbon sedang S45C a) A Asli, b).200 °C, c) 250 °C, dan d) 300 °C



Gambar 6. Grafik hubungan regangan mikro kisi terhadap temperatur temper baja karbon sedang S45C a) A Asli, b).200 °C, c) 250 °C, dan d) 300 °C

Dari Tabel 2, menunjukkan data hasil pengujian sampel baja karbon sedang S45C material asli (belum diperlakukan pemanasan) diperoleh rerata ukuran kristal 9,82 Å, rerata regangan mikro kisi 0,128 dan rerata kerapatan dislokasinya 0,028 1/mm². Pada Tabel 3, 4, dan 5 data hasil setelah proses *quenching* dan dilanjutkan temper pada temperatur 350 °C dan 400 °C rerata ukuran kristal meningkat secara signifikan sekitar 3 kali lipat menjadi 25,82 Å dan 31,74 Å, kemudian berkurang ukuran kristal 18,11 Å pada temperatur temper 450 °C. Namun untuk rerata regangan mikro kisi (ϵ) dan rerata kerapatan dislokasi (ρ) mengalami penurunan yang signifikan dibandingkan sampel asli (belum perlakuan panas) dari $\epsilon = 0,182$ menjadi $\epsilon=0,029$, $\epsilon=0,07$, dan $\epsilon =0,054$. Juga untuk rerata kerapatan dislokasi dari $\rho = 0,028$ 1/mm², menjadi $\rho = 0,0061$ /mm², $\rho = 0,007$ 1/mm², dan $\rho =0,018$ 1/mm². Hal ini disebabkan telah terjadi proses rekristalisasi dan regangan makro kisi, terhadap baja NAK80 bahwa deformasi plastis terjadi melalui proses dislokasi slip dan *twin* (Siswanto et al., 2022). Selain itu selama proses *quenching* baja karbon sedang S45C mengalami pergeseran kisi kristal dan menghasilkan kristalit. Peneliti terdahulu mengatakan bahwa kerapatan dislokasi pada spesimen yang diquenching paling tinggi pada $9,7 \times 10^{15}$ m⁻², sedangkan kerapatan dislokasi menurun seiring dengan meningkatnya temperatur temper. Selain itu, rasio komponen dislokasi tepi dan sekrup masing-masing menurun tergantung pada peningkatan temperatur temper (Wardoyo, 2019).

Pada gambar 3, 4, 5, dan 6, menunjukkan grafik bahwa peningkatan temperatur pada temper mengakibatkan penyempitan puncak difraksi, dimana ditandai dengan kenaikan nilai FWHM. Hasil tersebut menunjukkan bahwa semakin tinggi temperatur temper mengakibatkan penurunan nilai rerata kerapatan dislokasi dan rerata regangan mikro kisi. Inilah sebabnya mengapa struktur mikro, terutama ferit bainitik, menjadi lebih kasar temperatur transformasi. Salah satu yang utama kontributor keuntungan ini adalah kerapatan dislokasi tinggi yang dihasilkan di dalamnya transformasi austenit menjadi bainit. Banyak dislokasi yang terjadi pada austenit dan bainit antarmuka, di bilah subunit bainit, antar subunit, dan bahkan antar bainit. Dislokasi berfungsi menahan pergerakan di dalam struktur mikro dan karenanya memperkuat baja. Semakin tinggi kepadatan dislokasi, semakin tinggi pula kekuatannya dari baja. Proses transformasi bainit merupakan proses dimana struktur FCC berada diubah menjadi struktur BCC. Dalam proses kimia dan fisik ini, bainit matriks fase atau agregat fase, yang sebagian besar terdiri dari α -ferit dengan sejumlah kecil karbida dan sisa austenit, akan diubah. ferit bainit pelat biasanya berinti pada batas austenit atau pada dislokasi di dalam induknya austenit dan tumbuh menjadi berkas bainit, yang merupakan kumpulan pelat ferit bainitik atau subunit. Proses yang terjadi di dalam austenit ini mengubah bentuk austenite karena deformasi plastis. Ada banyak penyebab kepadatan dislokasi yang lebih tinggi pada bainitik baja, seperti temperatur isothermal yang lebih rendah, pembentukan dingin atau pembentukan baja sebelumnya transmisi bainit, dan deformasi kisi, yang semuanya dapat meningkatkan kerapatan dislokasi. Dari sudut pandang struktur mikro, austenit FCC mengubah struktur dan membentuk ferit bainitik BCC selama transformasi fasa. Relaksasi dari deformasi plastis diakomodasi dalam deformasi bentuk ini dengan menyertainya transformasi displacive atau tanpa difusi, dan menghasilkan pembentukan kepadatan dislokasi tinggi.

KESIMPULAN (CONCLUSION)

Dari hasil perhitungan dan analisa disimpulkan sebagai berikut :

- (1) Hasil uji kekuatan tarik menunjukkan nilai kekuatan tarik meningkat dengan bertambahnya temperatur temper dari 514 MPa menjadi 800 MPa, hal ini dipengaruhi oleh proses *quenching* dan temper serta terbentuknya fasa martensit. Untuk kekerasan juga mengalami peningkatan dari 149 HB ke 248 HB setelah *quenching* dan di temper menjadi 210 HB.
- (2) Hasil pengujian struktur kristal memperlihatkan bahwa rerata ukuran kristal meningkat seiring bertambahnya temperatur temper dari 9,28 Å ke 31,74 Å, namun untuk rerata kerapatan dislokasi (ρ) mengalami penurunan dari 0,028 1/mm² menjadi 0,006 1/mm² dan sama untuk rerata regangan mikro kisi(ϵ) dari 0,182 menjadi 0,029.

DAFTAR PUSTAKA

- Bouissa, Y., Shahriari, D., Champliaud, H., & Jahazi, M. (2019). Prediction of heat transfer coefficient during quenching of large size forged blocks using modeling and experimental validation. *Case Studies in Thermal Engineering*, 13. <https://doi.org/10.1016/j.csite.2018.100379>
- Ibrahim, A., & Sayuti, M. (2015). Effect of Heat Treatment on Hardness and Microstructure of AISI . *Advanced Materials Research*, 1119(6).

- Jo, H., M, K., G.W, P., B.J, K., C.Y, C., H, P., S, S., W, L., Y.S, A., & J.B, J. (2020). Effects of cooling rate during quenching and tempering conditions on microstructures and mechanical properties of carbon steel flange. *Materials*, 13(18).
- Murtiono, A. (2012). Pengaruh Quenching Dan Tempering Terhadap Kekerasan Dan Kekuatan Tarik Serta Struktur Mikro Baja Karbon Sedang Untuk Mata Pisau Pemanen Sawit. *Jurnal E-Dinamis*, II(2).
- Purnomo, D. J., Jokosisworo, S., & Budiarto, U. (2019). Analisa Pengaruh Holding Time Tempering Terhadap Kekerasan, Keuletan, Ketangguhan dan Struktur Mikro Pada Baja ST 70. *Jurnal Teknik Perkapalan*, 07(1).
- Schindler, I., M, J., E, M., & M, R. (2006). Influence of cold rolling and annealing on mechanical properties of steel QStE 420. *Journal of Achievements of Materials and Manufacturing Engineering*, 18, 1–2.
- Siswanto, B. D., Sebayang, M. D., & Maulana, S. A. F. (2022). Analisa Temperatur Sinter Terhadap Diameter kristallit, Kerapatan dislokasi, Regangan mikro Dan Struktur mikro Pada Material Katoda Baterai LiNi_{0,7}Fe_{0,2}Co_{0,1}O₂. *Journal Of Mechanical Engineering, Manufactures, Materials And Energy*, 6(1).
- Wardoyo, S. (2019). Pengaruh Variasi Temperatur Hardening Dan Tempering Paduan Almgisi-Fe12% Hasil Pengecoran Terhadap Kekerasan. *Jurnal ENGINE*, 2(1).

PENGARUH SISTEM MANAJEMEN LOGISTIK TERHADAP NILAI EKSPOR SEBAGAI UPAYA MENJAGA STABILITAS EKONOMI MENGHADAPI RESESI GLOBAL

Siti Fatimah^{1}, Ruri Artanti Prahastuti², Feni Ira Puspita³, Danny Dwi Rachmanto⁴, Rizal Ardianto⁵*

*^{1,2,3,4,5}Prodi Teknik Logistik, Institut Teknologi Insan Cendekia Mandiri Sidoarjo
Jalan Raya Sarirogo No. 1, Sidoarjo
Email: sitifatimah@iticm.ac.id*

ABSTRACT

This study explores Indonesia's position as a major global exporter, propelled by diverse creative industries and companies with export-ready, high-quality products. Companies face challenges to innovate, maintain product quality, and enhance competitiveness and efficiency. The research proposes logistics management implementation as a solution, crucial in the company's manufacturing system. The study aims to analyze the impact of implementing a logistics management system on export value to maintain economic stability during global recessions. Using a quantitative descriptive method, data is collected and summarized using SPSS 25 for statistical analysis. Findings indicate the system's effectiveness in enhancing Indonesia's export value, contributing to economic stability amidst global recessions. The study compares the performance of companies implementing logistics management with those that do not, yielding positive conclusions regarding its favorable impact on export performance and overall economic stability within a 5% significance level.

Keywords: *Economic Stability; Export; Global Recession; Innovation; Logistics Management*

INTISARI

Penelitian ini fokus pada potensi ekspor Indonesia sebagai salah satu negara terbesar di dunia, diperkuat oleh industri kreatif dan beragam perusahaan dengan produk berkualitas yang siap diekspor. Perusahaan dihadapkan pada tuntutan untuk berinovasi, menjaga kualitas produk, meningkatkan daya saing, dan efisiensi di berbagai bidang. Salah satu solusi yang diajukan adalah penerapan manajemen logistik, di mana disiplin ilmu ini memainkan peran krusial dalam sistem manufaktur perusahaan. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis dampak penerapan sistem manajemen logistik terhadap nilai ekspor sebagai strategi menjaga stabilitas ekonomi di tengah resesi global. Metode penelitian yang digunakan adalah deskriptif kuantitatif, dengan pengumpulan dan rekapitulasi data yang disajikan dalam bentuk angka, dijelaskan secara komprehensif. Pengolahan data menggunakan SPSS 25, dengan uji statistik regresi berganda dan uji t pada tingkat signifikansi 005%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan sistem manajemen logistik dinilai efektif dalam meningkatkan nilai ekspor Indonesia, memberikan kontribusi pada stabilitas ekonomi di masa resesi global. Penelitian ini mengamati kinerja perusahaan yang menerapkan sistem logistik dan membandingkannya dengan yang tidak, menghasilkan kesimpulan positif terkait dampak positif sistem ini terhadap kinerja ekspor dan stabilitas ekonomi secara keseluruhan.

Kata Kunci : Ekspor; Manajemen Logistik; Stabilitas Ekonomi; Inovasi; Resesi Global

PENDAHULUAN (INTRODUCTION)

Saat ini, dunia sedang menghadapi masalah perekonomian, khususnya ancaman resesi global yang diperkirakan terjadi pada tahun 2023. Resesi global telah menjadi tantangan dalam perkembangan ekonomi global sejak tahun 1950, terjadi pada tahun 1975, 1981, 1991, dan 2009. Menurut International Monetary Fund dan Bank Dunia, resesi diperkirakan kembali terjadi pada tahun 2020. Kedua lembaga perekonomian tersebut didorong oleh data penurunan ekonomi yang signifikan, mencapai 2,8% dari tahun sebelumnya. Sebelum munculnya prediksi resesi global, sektor ekonomi diharapkan tumbuh sekitar 3% seiring dengan

hadirnya revolusi industri 4.0. Namun, ledakan pandemi mengakibatkan dampak di seluruh sektor industri, yang semakin memperlihatkan isu resesi secara global, termasuk dalam roda perekonomian Indonesia. (anggoro, 2022).

Resesi adalah kondisi kritis dalam perekonomian suatu negara. Keadaan resesi menunjukkan penurunan signifikan dalam ekonomi selama dua kuartal berturut-turut, ditandai dengan penurunan nilai Produk Domestik Bruto (PDB) dan peningkatan tingkat pengangguran. Resesi dapat dianggap sebagai bencana ekonomi yang mengakibatkan dampak negatif, seperti kenaikan inflasi, harga barang yang meningkat, penurunan kualitas ekonomi, peningkatan tingkat pengangguran, dan dampak negatif lainnya di berbagai sektor sosial. Sejarah mencatat bahwa Indonesia telah merasakan dampak resesi pada tahun 1998, yang menyebabkan krisis moneter dan menjadi bagian dari sejarah kelam ekonomi Indonesia. (Yobel Rayfinando, 2022)

Indonesia mengalami peningkatan tingkat inflasi sebesar 5,51% pada tahun 2022, berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik. Angka inflasi tersebut mengalami peningkatan yang lebih besar dibandingkan dengan tahun 2021. Dari data tersebut dapat disimpulkan bahwa pertumbuhan ekonomi dan tingkat inflasi meningkat secara bersamaan. Oleh karena itu, perlu difokuskan upaya untuk menekan laju inflasi. Dalam perjalanan sejarah, Indonesia telah menghadapi berbagai kebijakan untuk mengatasi masalah inflasi tersebut. Salah satu kebijakan umum yang dikenal adalah kebijakan fiskal dan moneter dalam sistem perekonomian. (Otopia, 2020).

Resesi adalah kondisi kritis dalam perekonomian, sementara sistem perekonomian merupakan titik kritis dalam pertumbuhan dan perkembangan suatu negara. Hal ini sejalan dengan urgensi ekonomi yang berdampak pada kesejahteraan masyarakat, nilai devisa, kemakmuran, kemajuan, serta stabilitas internal dan eksternal suatu negara. Pada tahun 2022, pertumbuhan ekonomi Indonesia meningkat mencapai 5,31%, berdasarkan data resmi statistik terkait pertumbuhan ekonomi. Hal ini menunjukkan peningkatan yang signifikan, terutama dari sektor ekspor yang tumbuh sebesar 16,28%. (Badan Pusat Statistik, 2022).

Nilai ekspor Indonesia memiliki potensi sebagai upaya untuk meningkatkan perekonomian negara. Pernyataan ini disampaikan melalui pemberitaan resmi Badan Pusat Statistik. Hal ini juga menjadi fokus utama dari Menteri Keuangan, terkait dengan pembatasan, percepatan proses, dan penerapan kebijakan lain yang mempermudah proses ekspor. Lebih lanjut, peningkatan nilai ekspor tidak hanya berdampak pada peningkatan cadangan devisa, tetapi juga memastikan kesiapan Indonesia menghadapi potensi krisis resesi global. (Amjad, 2018).

Ilmu logistik merupakan bidang pengetahuan yang sedang mengalami perkembangan pesat saat ini. Perkembangan ini tak lepas dari hubungan yang erat antara ilmu logistik dengan aktivitas ekonomi. Sistem manajemen logistik dapat dianggap memiliki peran yang krusial sejalan dengan perkembangan ilmu logistik yang bersinggungan secara langsung dengan kegiatan ekonomi di berbagai sektor, seperti manajerial, penyimpanan, peramalan, distribusi, siklus perputaran barang, dan faktor-faktor lain yang memengaruhi pencapaian suatu organisasi, perusahaan, dan tingkat ekonomi. Perkembangan ilmu logistik yang signifikan ini juga bersentuhan langsung dengan sektor ekonomi nasional. Pertumbuhan ekonomi dianggap sebagai faktor kunci dalam pendapatan negara. Hal ini dijadikan indikator dalam menilai nilai kesejahteraan masyarakat, yang menjadi hal penting bagi negara dalam menjaga stabilitas persentase ekonomi. (Guntur & Merininaldi, 2021).

Stabilitas ekonomi Indonesia menjadi pokok pembicaraan yang signifikan dalam agenda negara. Stabilitas ekonomi diartikan sebagai keadaan terorganisirnya lingkup perekonomian untuk mencapai keseimbangan jangka panjang. Keseimbangan ini dianggap sebagai prasyarat untuk mencapai tujuan kesejahteraan masyarakat, yang diperoleh melalui peningkatan aktivitas dan kualitas pertumbuhan ekonomi. Hal ini dilandaskan pada upaya menjaga hubungan seimbang di semua sektor ekonomi dan mengendalikan faktor keseimbangan nilai uang yang beredar seiring dengan pertumbuhan arus barang dan jasa. (Yusmiana, 2019).

Berdasarkan perkembangan ilmu logistik yang cukup berpengaruh dan sekaligus berhubungan langsung dengan aktivitas perekonomian, Indonesia tengah menghadapi dampak krisis resesi global. Penelitian ini dilaksanakan untuk menghasilkan gagasan dan ide yang tercermin dalam karya tulis ilmiah berjudul "Pengaruh Manajemen Logistik Terhadap Nilai Ekspor Sebagai Upaya Menjaga Stabilitas Ekonomi

Menghadapi Resesi Global." Indikator sistem manajemen logistik yang menjadi fokus dalam penelitian ini mencakup pengadaan, distribusi, pemeliharaan, penganggaran, dan pengendalian.

Rumusan masalah penelitian ini mencakup tiga pertanyaan pokok yang menjadi fokus utama dalam memahami hubungan antara manajemen logistik, nilai ekspor, dan stabilitas ekonomi. Pertama, bagaimana manajemen logistik berpengaruh terhadap nilai ekspor? Kedua, dalam konteks yang lebih luas, bagaimana peran manajemen logistik memengaruhi stabilitas ekonomi? Dan ketiga, bagaimana nilai ekspor memiliki dampak terhadap stabilitas ekonomi secara keseluruhan? Pertanyaan-pertanyaan ini membimbing penelitian untuk menjelajahi interaksi kompleks antara aspek-aspek kunci ini, mengarah pada pemahaman yang lebih mendalam tentang kontribusi manajemen logistik terhadap nilai ekspor dan stabilitas ekonomi dalam suatu konteks

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan pemahaman yang lebih mendalam mengenai peran manajemen logistik dalam konteks nilai ekspor. Pertama, penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi dan menganalisis pengaruh dari manajemen logistik terhadap nilai ekspor, sehingga dapat mengidentifikasi sejauh mana kontribusi manajemen logistik terhadap peningkatan nilai ekspor suatu negara. Kedua, penelitian ini bertujuan untuk memahami dampak manajemen logistik terhadap stabilitas ekonomi secara umum, memberikan wawasan tentang bagaimana efisiensi dalam manajemen logistik dapat berperan dalam menjaga keseimbangan ekonomi. Terakhir, penelitian ini juga bertujuan untuk menilai pengaruh nilai ekspor terhadap stabilitas ekonomi, membuka ruang pemahaman terkait kontribusi nilai ekspor dalam memelihara stabilitas ekonomi suatu negara secara keseluruhan. Tujuan-tujuan ini menjadi pedoman dalam menyusun kerangka analisis dan penelitian untuk memberikan kontribusi pengetahuan yang signifikan di bidang ini.

Manajemen logistik adalah suatu proses dan langkah-langkah dalam mengatur urusan perusahaan atau organisasi dalam penyampaian produk atau barang kepada konsumen secara efektif dan efisien. Proses ini melibatkan perencanaan, perolehan bahan mentah, transformasi bahan mentah, penyimpanan, hingga distribusi produk kepada konsumen. Definisi ini memberikan pemahaman mengenai langkah-langkah yang diperlukan dalam manajemen logistik untuk mencapai efektivitas dan efisiensi dalam setiap tahap, mulai dari perencanaan hingga tahap akhir penerimaan oleh konsumen. (Martono, 2018).

Ekspor, sebagai transaksi perdagangan internasional, penting dalam pertumbuhan ekonomi global dan memberikan peluang bisnis maksimal. Strategi peningkatan nilai ekspor, melibatkan verifikasi produk, pengembangan pasar, peningkatan kualitas, kebijakan perdagangan pro-ekspor, dan dukungan pemerintah, memiliki dampak signifikan pada pertumbuhan ekonomi, khususnya di Indonesia. Pasar internasional yang luas berkontribusi pada peningkatan devisa negara, memberikan dampak positif pada pembangunan berkelanjutan dan pendapatan nasional, terutama dalam sektor perdagangan (Siti Hodijah, Grace Patricia, 2021).

Stabilitas ekonomi Indonesia, sebagai fokus utama beberapa dekade terakhir, mengacu pada kondisi terorganisir perekonomian untuk mencapai keseimbangan jangka panjang, menjadi syarat untuk kesejahteraan masyarakat dengan meningkatnya aktivitas dan kualitas dalam pertumbuhan ekonomi. Stabilitas ini berkaitan dengan semua sektor ekonomi dan pengendalian nilai uang seiring pertumbuhan arus barang dan jasa (Yusmiana, 2019).

Inflasi, yang merupakan peningkatan terus-menerus tingkat harga barang, menjadi indikator utama sektor perekonomian, diupayakan rendah dan stabil. Dengan tingkat inflasi mencapai 4,9%, disebabkan oleh gangguan pasokan, pemerintah memfokuskan upaya pada menjaga stabilitas nilai ekonomi, terutama Produk Domestik Bruto, sebagai penopang pembangunan nasional dan peningkatan sektor ekonomi nasional (Amir, 2021). Kebijakan fiskal pemerintah, untuk mendukung sektor prioritas dan pemulihan ekonomi, mengambil arahan dari indikator inflasi. Upaya menjaga tingkat inflasi rendah dan stabil menjadi penting karena memengaruhi mekanisme pasar, konsumsi masyarakat, dan distribusi barang akibat berlebuhnya likuiditas (Yusmiana, 2019).

BAHAN DAN METODE (MATERIALS AND METHODS)

Analisis penelitian merupakan inti dari penelitian ini, menggunakan metode deskriptif kuantitatif yang dimulai dengan pengumpulan data, analisis, dan interpretasi. Data utama yang terkumpul berupa angka, dan

data lainnya dianalisis statistik dengan metode kuantitatif untuk menguji hipotesis dan menyusun kesimpulan (S., 2009). Metode deskriptif kuantitatif ini termasuk dalam penelitian berbasis filsafat positivisme, fokus pada pengamatan populasi dan sampel. Pengambilan sampel dilakukan secara acak, dan pengumpulan data dilakukan sesuai dengan instrumen penelitian, diikuti oleh analisis statistik dengan acuan utama pada pengujian hipotesis yang telah ditetapkan.

Pengumpulan data untuk penelitian ini dilakukan dalam rentang waktu 01 Maret hingga 10 April 2023. Lokasi penelitian berada di perusahaan X yang terletak di kota Surabaya, Jawa Timur. Sumber data penelitian ini diperoleh melalui responden yang mengisi kuisioner yang didistribusikan. Pendistribusian kuisioner dilakukan secara tidak langsung melalui media komunikasi online. Responden terdiri dari sejumlah karyawan di perusahaan X yang dipilih menggunakan metode probability sampling. Selain itu, terdapat juga data sekunder yang berasal dari penelitian sebelumnya. Analisis data dilakukan menggunakan perangkat lunak SPSS 25, yang memungkinkan analisis dan identifikasi hubungan antara variabel. Variabel yang terlibat melibatkan variabel bebas, yang disebut sebagai X, dan variabel terikat, yang disebut sebagai Y. X dalam hal ini merujuk pada manajemen logistik, sedangkan Y merujuk pada stabilitas ekonomi.

Jumlah karyawan dalam perusahaan X yang dijadikan sampel dalam penelitian ini sejumlah 40 orang, sesuai dengan populasi penelitian. Pengambilan sampel dilakukan dengan tingkat signifikansi sebesar 5%, menghasilkan data sampel sebagai berikut:

$$n = \frac{40}{1+40 \times 5\%^2} = 36,36 \dots\dots\dots (1)$$

Dalam penelitian ini, variabel bebas yang digunakan disebut sebagai variabel X, terdiri dari empat indikator:

- X₁ : Pengendalian
- X₂ : Penganggaran
- X₃ : Pengadaan distribusi
- X₄ : Pemeliharaan

Dalam konteks penelitian ini, variabel terikat disebut sebagai Y, yang merujuk pada Stabilitas Ekonomi.

HASIL DAN PEMBAHASAN (RESULT AND DISCUSSIONS)

Dalam penelitian ini, uji regresi berganda digunakan untuk mengevaluasi hubungan dan pengaruh antar variabel. Terdapat dua jenis variabel, yaitu variabel dependen, yang merupakan stabilitas ekonomi, dan variabel independen, yang mencakup empat indikator penelitian. Analisis hipotesis bertujuan mengukur seberapa kuat pengaruh variabel independen terhadap variabel dependen serta menunjukkan korelasi antara variabel X dan Y. Model regresi dalam penelitian ini dapat dijelaskan sebagai berikut:

$$Y = \beta_0 + \beta_1X_1 + \beta_2X_2 + \beta_3X_3 + \beta_4X_4\varepsilon \dots\dots\dots (2)$$

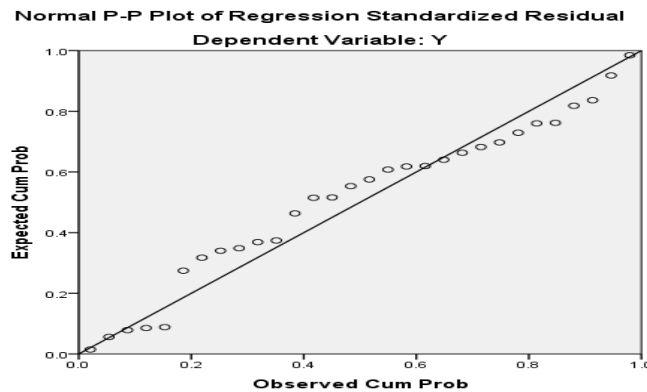
Keterangan :

- Y : Stabilitas Ekonomi
- β_0 : Konstanta
- $\beta_1, \beta_2, \beta_3$: Koefisien regresi
- X₁ : Pengendalian
- X₂ : Penganggaran
- X₃ : Pengadaan distribusi
- X₄ : Pemeliharaan
- ε : Error item

Pada penelitian ini, pengolahan data kuisioner menggunakan perangkat lunak SPSS 25. Sebelum melakukan analisis regresi linier berganda, persyaratan klasik untuk memenuhi ketentuan regresi berganda harus dipenuhi. Berikut adalah syarat klasik yang harus dipenuhi untuk menganalisis regresi berganda:

- (1) Data harus memiliki distribusi normal.
- (2) Tidak boleh terjadi multikolinieritas pada data.

- (3) Tidak boleh terjadi heteroskedastisitas.
- (4) Tidak boleh ada autokorelasi pada data.



Gambar 1. Data Distribusi Normal

Salah satu persyaratan klasik yang pertama dalam melaksanakan uji regresi berganda adalah adanya distribusi normal pada data. Distribusi normal dapat diidentifikasi dengan melihat pola titik penyebaran data yang membentuk garis diagonal. Hasil uji asumsi klasik menunjukkan bahwa data yang digunakan dalam penelitian ini memenuhi persyaratan distribusi normal. Analisis terhadap pola penyebaran titik data menunjukkan karakteristik garis diagonal, mengindikasikan bahwa distribusi data mengikuti pola normal. Dengan demikian, asumsi klasik pertama, yaitu distribusi normal, terpenuhi, memberikan dasar yang kuat untuk melanjutkan analisis regresi berganda.

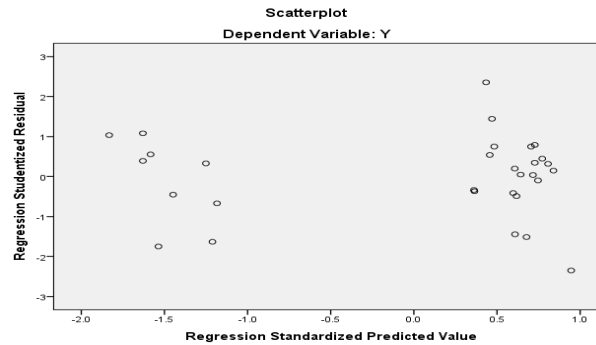
Tabel 1. Uji Multikolinieritas Tolerance dan VIF
Coefficients^a

Model	Koefisien Tidak Standart		Koefisien Standart	T	Nilai signifikansi	Kolinieritas Statistik	
	B	Standart Error	Beta			Toleransi	VIF
Konstanta	-49.221	6.342		-7.761	.000		
X_1	.358	.261	.141	1.368	.184	.173	5.771
X_2	.191	.245	.085	.778	.444	.153	6.532
X_3	.691	.336	.281	2.056	.050	.098	10.224
X_4	1.349	.339	.504	3.983	.001	.114	8.742

a. Dependent Variabel: Y

Dalam melanjutkan analisis regresi berganda, syarat selanjutnya yang perlu dipertimbangkan adalah tidak adanya gejala multikolinieritas pada data. Keberhasilan memenuhi syarat ini dapat diidentifikasi dengan memeriksa nilai toleransi, di mana nilai toleransi yang lebih besar dari 0,100 dan VIF (*Variance Inflation Factor*) yang kurang dari 10,00 mengindikasikan ketiadaan masalah multikolinieritas. Dengan hasil evaluasi tersebut, dapat disimpulkan bahwa data yang digunakan dalam penelitian ini tidak menunjukkan adanya gejala multikolinieritas, memberikan dasar yang kuat untuk melanjutkan analisis regresi berganda.

Pada analisis regresi berganda, heteroskedastisitas dapat teridentifikasi dengan adanya pola yang jelas dalam scatterplots, seperti pola bergelombang, melebar, menyempit, atau pola lainnya. Heteroskedastisitas juga dapat terjadi jika titik data tidak merata di sekitar angka 0 pada sumbu Y. Dalam konteks ini, setelah evaluasi visual dan perhitungan, dapat disimpulkan bahwa tidak ada gejala heteroskedastisitas pada data. Titik-titik data menyebar secara merata, mendukung kesimpulan bahwa asumsi ketiadaan heteroskedastisitas terpenuhi dalam analisis regresi berganda ini



Gambar 2. Uji Scatterplots

Tabel 2. Uji Autokorelasi Durbin Watson

Model Summary^b

Model	R	R ²	Autokorelasi	Estimasi Error Standart	Durbin-Watson
1	.977 ^a	.954	.947	3.222	2.394

a. Predictors: (Constant), X₄, X₁, X₂, X₃

b. Dependent Variabel: Y

Analisis autokorelasi dalam regresi berganda melibatkan pengamatan pada nilai Durbin-Watson untuk memastikan tidak adanya gejala autokorelasi. Nilai Durbin-Watson yang ideal harus berada di antara dua nilai batas, yaitu 4 minus nilai batas atas (du) dan nilai batas bawah (4 minus du). Oleh karena itu, dilakukan pencarian nilai Durbin pada tabel Durbin-Watson berdasarkan parameter K(4) dan N(30) dengan tingkat signifikansi 5%.

Setelah mencari nilai, diperoleh hasil Durbin (1.002) < Durbin-Watson (1.013) < 4 - du (2.394). Dengan demikian, dapat diambil kesimpulan bahwa tidak terdapat gejala autokorelasi pada data regresi berganda ini. Nilai Durbin-Watson berada dalam rentang yang diinginkan, menunjukkan bahwa asumsi ketiadaan autokorelasi pada model regresi berganda dapat dipertahankan.

Tabel 3. Uji F Simultan Berdasarkan Nilai Signifikansi

TABEL ANOVA

Model	Jumlah	Df	Rata Rata	F	Sig.
Regression	5409.198	4	1352.300	130.278	.000 ^b
Residual	259.502	25	10.380		
Total	5668.700	29			

a. Variabel Dependen: Y

b. Preddiksi: Konstanta, X₄, X₁, X₂, X₃

Pengambilan keputusan uji F simultan dalam regresi linier berganda didasarkan pada evaluasi nilai signifikansi. Pada tahap ini, nilai signifikansi (sig) menjadi acuan, dimana nilai tersebut diharapkan berada di bawah 0,005. Keberhasilan mencapai nilai signifikansi yang rendah, yaitu di bawah ambang batas 0,005, menunjukkan bahwa variabel X, sebagai variabel independen, memiliki pengaruh simultan terhadap variabel Y, yang merupakan variabel dependen. Dengan kata lain, pengaruh variabel independen terhadap variabel dependen bersifat simultan dalam konteks regresi linier berganda. Dalam analisis tabulasi data menggunakan tabel ANOVA, nilai signifikansi (sig) menunjukkan angka yang kurang dari 0,005. Hal ini mengindikasikan bahwa variabel X memiliki pengaruh yang signifikan terhadap variabel Y.

Tabel 4. Uji T Parsial Berdasarkan Nilai Signifikansi

Koefisien							
Model	Koefisien Tidak Standart		Koefisien Standart	T	Nilai signifikansi	Kolinearitas Statistik	
	B	Standart Eror	Beta			Toleransi	VIF
Konstanta	-49.221	6.342		-7.761	.000		
X_1	.358	.261	.141	1.368	.184	.173	5.771
X_2	.191	.245	.085	.778	.444	.153	6.532
X_3	.691	.336	.281	2.056	.050	.098	10.224
X_4	1.349	.339	.504	3.983	.001	.114	8.742

a. Dependent Variabel: Y

Hasil uji T parsial dalam regresi linier berganda menunjukkan bahwa keputusan didasarkan pada nilai signifikansi. Jika nilai signifikansi berada di bawah ambang batas $< 0,05$, itu menandakan bahwa variabel independen memiliki pengaruh secara parsial terhadap variabel dependen. Kesimpulan dari uji ini adalah: (1) Nilai signifikansi (sig) untuk $X_1 > 0,05$, menunjukkan bahwa tidak ada pengaruh terhadap Y. (2) Nilai signifikansi (sig) untuk $X_2 > 0,05$, menunjukkan bahwa tidak ada pengaruh terhadap Y. (3) Nilai signifikansi (sig) untuk $X_3 < 0,05$, menunjukkan bahwa ada pengaruh terhadap Y. (4) Nilai signifikansi (sig) untuk $X_4 < 0,05$, menunjukkan bahwa ada pengaruh terhadap Y.

Tabel 5. Uji Koefisien Determinasi (R2)

Model Summary ^b					
Model	R	R ²	Autokorelasi	Estimasi Error Standart	Durbin-Watson
1	.977 ^a	.954	.947	3.222	2.394

a. Prediksi: Konstanta, X₄, X₁, X₂, X₃

b. Dependent Variabel: Y

Pengujian koefisien determinasi dilakukan untuk mengevaluasi sejauh mana variabel X₁, X₂, X₃, dan X₄ mempengaruhi dan memberikan kontribusi terhadap variabel Y. Dalam tabulasi data, koefisien determinasi atau adjusted R square menunjukkan nilai sebesar 0,954. Nilai ini dapat diartikan bahwa variabel independen yang terlibat memiliki dampak dan kontribusi yang signifikan terhadap variabel Y. Dengan kata lain, pengaruh dari X₁, X₂, X₃, dan X₄ terhadap Y mencapai 95,4% atau 0,954.

Tabel 6. Model Regresi X terhadap Y

Koefisien							
Model	Koefisien Tidak Standart		Koefisien Standart	T	Nilai signifikansi	Kolinearitas Statistik	
	B	Standart Eror	Beta			Toleransi	VIF
Konstanta	-49.221	6.342		-7.761	.000		
X ₁	.358	.261	.141	1.368	.184	.173	5.771
X ₂	.191	.245	.085	.778	.444	.153	6.532
X ₃	.691	.336	.281	2.056	.050	.098	10.224
X ₄	1.349	.339	.504	3.983	.001	.114	8.742

a. Dependent Variabel: Y

$$Y = -49.221 + 0.358X_1 + 0.191 X_2 + 0.691 X_3 + 1.349 X_4 + \varepsilon$$

X_1 : Pengendalian

X_2 : Penganggaran

X_3 : Pengadaan distribusi

X_4 : Pemeliharaan

Y : Stabilitas ekonomi

Dalam interpretasi data pada persamaan model regresi di atas, dapat disimpulkan sebagai berikut:

- (1) Terdapat konstanta dengan nilai -49,221 yang mengindikasikan bahwa variabel dependen memiliki nilai awal sebesar -49,221 satuan. Ini menunjukkan kemampuan stabilitas ekonomi yang akan diukur dimulai dari nilai tersebut.
- (2) Koefisien X_1 sebesar 0,358 menandakan bahwa X_1 dapat menjadi salah satu penyebab peningkatan nilai Y . Dengan kata lain, pengendalian memiliki potensi untuk meningkatkan stabilitas ekonomi sebesar 0,358.
- (3) Koefisien X_2 sebesar 0,191 menunjukkan bahwa X_2 juga berkontribusi pada peningkatan Y . Pengadaan dalam sistem logistik memiliki dampak terhadap stabilitas ekonomi sebesar 0,191.
- (4) Koefisien X_3 sebesar 0,691 menunjukkan bahwa X_3 juga berperan dalam peningkatan Y . Pengadaan distribusi memiliki pengaruh terhadap stabilitas ekonomi sebesar 0,691.
- (5) Koefisien X_4 sebesar 1,349 menunjukkan bahwa X_4 juga berperan dalam peningkatan Y . Pemeliharaan memiliki dampak yang signifikan terhadap stabilitas ekonomi sebesar 1,349.

Hasil pengolahan data menggunakan SPSS 25 menunjukkan bahwa semua syarat klasik regresi linier berganda terpenuhi, termasuk distribusi normal, tanpa multikolinieritas, tanpa heteroskedastisitas, dan tanpa autokorelasi. Uji F simultan mengindikasikan adanya pengaruh secara keseluruhan antara variabel X_1 , X_2 , X_3 , dan X_4 terhadap variabel Y , dengan nilai signifikansi kurang dari 0.05. Namun, uji parsial menunjukkan bahwa hanya variabel X_3 (pengadaan distribusi) dan X_4 (pemeliharaan) yang berpengaruh signifikan terhadap Y . Sebaliknya, X_1 (pengendalian) dan X_2 (penganggaran) tidak berpengaruh. Hasil ini kontradiktif dengan pernyataan bahwa manajemen logistik dapat memberikan perencanaan berjangka sesuai dengan kebutuhan perusahaan. Sejalan dengan fungsi logistik, terdapat fungsi lain seperti pengendalian, penganggaran, pengadaan, distribusi, penyimpanan, penghapusan, pemeliharaan, dan pencatatan (Otopia, 2020).

KESIMPULAN (CONCLUSION)

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Fungsi pengendalian tidak memberikan dampak yang signifikan terhadap stabilitas ekonomi.
2. Fungsi penganggaran tidak menunjukkan pengaruh yang berarti terhadap stabilitas ekonomi.
3. Fungsi pengadaan distribusi memiliki pengaruh yang signifikan dalam menjaga stabilitas ekonomi.
4. Fungsi pemeliharaan memiliki pengaruh yang signifikan terhadap stabilitas ekonomi.
5. Penerapan sistem manajemen logistik secara simultan berdampak signifikan terhadap stabilitas ekonomi.

Untuk mendukung kemajuan dan perkembangan sistem perekonomian Indonesia serta menjaga stabilitas ekonomi, diperlukan implementasi sistem pendukung. Penelitian ini memfokuskan pada manajemen logistik yang mencakup pengendalian, pengadaan distribusi, pemeliharaan, dan penganggaran, serta dampaknya terhadap stabilitas ekonomi. Manajemen logistik memiliki peran krusial dalam menjaga stabilitas perekonomian Indonesia, dan penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi untuk pengembangan lebih lanjut. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat menjadi panduan bagi manajemen logistik dalam upaya mendongkrak dan meningkatkan pertumbuhan ekonomi di Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

- Amir. (2021). Pengaruh Inflasi Terhadap Pertumbuhan Ekonomi Indonesia . *Ekonomica Sharia*, 17-27.
- Anggoro. (2022). Ekonomi Bisnis dalam Upaya Menghadapi Ancaman Resesi 2023. 1-4.
- Badan Pusat Statistik. (2022, Februari Selasa). *Berita Resmi Statistik No. 15/02/Th. XXVI* . Retrieved from Badan Pusat Statistik.
- Badan Pusat Statistik. (2023, Januari Selasa). *Berita Resmi Statistik No.01/01/Th.XXXVI*. Retrieved from Badan Pusat Statistik .
- Bank Indonesia . (2022). *Sinergi dan inovasi Memperkuat Ketahanan dan Kebangkitan Menuju Indonesia Maju*. indonesia: Bank Sentral Republik Indonesia .
- Bank Indonesia . (2022). *Sinergi dan Inovasi Memperkuat Ketahanan dan Kebangkitan Menuju Indonesia Maju*. Indonesia : Bank Sentral Republik Indonesia.
- Guntur, & Merininaldi. (2021). Pengaruh Stabilitas Makro Ekonomi, Stabilitas Keamanan dan Pertumbuhan Industri Strategis Terhadap Pertumbuhan Ekonomi. *Jurnal Ekonomi*, 1-14.
- Indriani, L. (2023). *Pengertian, Ciri dan Perencanaan Bisnis*, 1.
- Martono, R. V. (2018). *Manajemen Logistik*. Jakarta: Gramedia.
- Otopia, D. (2020). Artikel Manajemen Logistik. *E-Logistik*.
- S, O. F. (2015). Manajemen Logistik di Giant Ekstra. *Utilitas*, 1.
- Siti Hodijah, Grace Patricia. (2021). Analisis Pengaruh Ekspor dan Impor terhadap Pertumbuhan Ekonomi di Indonesia. *Jurnal Manajemen Terapan dan Keuangan (MENKEU)*, 10. doi:<https://doi.org/10.22437/jmk.v10i01.12512>
- Yobel Rayfinando, R. P. (2022). Strategi Penguatan Keamanan Negara Dalam Menghadapi Ancaman Resesi global 2023 Melalui Green Ekonomi. *Jurnal Pajak dan Keuangan Negara*, 3. doi:10.31092/JPKN.V4I1S.1911
- Yusmiana , G. (2019). Stabilitas Ekonomi dalam Berbagai Sistem . *Jurnal Ekonomi* , 1-6.
- Yusmiana, G. (2019). *Stabilitas Ekonomi dalam Berbagai Sistem*. Makassar.
- Yusmiana, G. (2019). Stabilitas Ekonomi dalam Berbagai Sistem. *jurnal Ekonomi* , 6.
- Yusril Arfan S, M. A. (2023, Maret 31). Resesi Ekonomi Global Dalam Prespektif Islam. *Jurnal Lembaga Keuangan, Ekonomi dan Bisnis islam*, 5, 4. doi: <https://doi.org/10.47435/asy-syarikah.v5i1.1490>

PENENTUAN INTERVAL PERBAIKAN KOMPONEN *BEARING* PADA MOTOR LISTRIK *TECO-3 PHASE INDUCTION 45 Kw TIPE* *AESV15020060FM* DI PT. XYZ

Syakri Lasau¹, Idham Halid Lahay^{2*}, Moh. Wahyudin P. Sunarto³, Ruchbandi Rahmat T. Yasin⁴
¹²³⁴Program Studi Teknik Industri, Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Negeri
Gorontalo

Jl. B.J. Habibie Desa Moutong Kecamatan Tilongkabila Kab. Bone Bolango
E-mail: syakri07@gmail.com¹, idham-lahay@ung.ac.id^{2*}, azaymaruf@gmail.com³,
2000ruchbandiyasin@gmail.com⁴

ABSTRACT

PT. Xyz processes copra-based oil into crude oil. During the oil production process, the production machine works continuously. One of the important components in this company's production machines is a 3-phase electric motor because it operates continuously. Because this component operates continuously, it requires routine maintenance. This component has one critical component, namely the bearing component. During this time, PT. Xyz carries out repair activities that are less than optimal, namely carrying out repairs only when damage occurs which can result in downtime. The aim of this research is to determine alternative time intervals for replacing bearing components on 3-phase electric motors and analyze appropriate preventive maintenance practices to reduce total downtime caused by the age replacement method approach. The problem related to 3-phase electric motor components is that the bearings on the electric motor are often damaged due to ineffective engine repair scheduling methods. The research results showed that the replacement time interval for bearing components was 25 days.

Keywords: Age Replacement, maintenance, scheduling, determining interval

INTISARI

PT. Xyz merupakan sebuah perusahaan yang bergerak dibidang agroindustri yang mengolah minyak berbahan baku kopra menjadi minyak mentah. Selama proses produksi minyak berlangsung, mesin produksi bekerja secara terus menerus. Salah satu komponen penting yang terdapat pada mesin produksi pada perusahaan ini yaitu motor listrik 3 fasa karena beroperasi secara terus menerus. Karena komponen ini beroperasi secara terus menerus maka memerlukan perawatan rutin. Komponen ini memiliki satu komponen kritis yaitu komponen *bearing*. Selama ini, PT. Xyz melakukan aktivitas perbaikan yang kurang optimal yakni melakukan perbaikan hanya pada saat terjadinya kerusakan yang bisa mengakibatkan terjadinya *downtime*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan interval waktu alternatif untuk penggantian komponen *bearing* pada motor listrik 3 fasa dan menganalisis praktik preventive maintenance yang tepat untuk mengurangi total *downtime* yang disebabkan dengan pendekatan metode *age replacement*. Masalah terkait komponen motor listrik 3 fasa ini adalah dimana *bearing* pada motor listrik sering mengalami kerusakan dikarenakan metode penjadwalan perbaikan mesin yang kurang efektif. Hasil penelitian diperoleh interval waktu penggantian untuk komponen *bearing* adalah 25 hari.

Kata Kunci : *Age Replacement*, perawatan, penjadwalan, penentuan interval

PENDAHULUAN (INTRODUCTION)

PT. Xyz adalah perusahaan penanaman modal asing yang bergerak dalam industri *crude coconut oil* dan *crude palm oil*. PT. Xyz memproses minyak berbahan baku kopra yang diolah menjadi minyak mentah dalam jumlah besar dan akan dikirimkan ke pabrik pengolahan minyak jadi yang berbeda. Salah satu departemen yang ada pada PT. Xyz ialah departemen produksi, Pada departemen produksi terdapat beberapa divisi yaitu divisi *Utility*, *Maintenance*, *Workshop*, dan *Electrical*. Divisi *Electrical* bertanggung jawab pada seluruh instalasi maupun komponen listrik pada perusahaan khususnya pada departemen produksi, Divisi ini menangani seluruh masalah kelistrikan pada panel control dan berbagai macam mesin produksi, salah satu contohnya yaitu *Hammermill* yang digunakan untuk memecah bahan baku kopra menjadi bagian-bagian yang lebih kecil agar lebih mudah di salurkan melalui *screw conveyor*.

Proses produksi sangat bergantung pada setiap mesin pengolah yang ada pada jalur aliran produksi, oleh sebab itu pola perbaikan pada setiap komponen mesin adalah hal yang krusial karena dapat mempengaruhi proses jalannya produksi secara langsung, dalam beberapa kasus terdapat beberapa mesin yang harus divonis rusak dan harus segera diperbaiki tanpa adanya persiapan (*Downtime*). Mesin yang paling sering

mengalami *Downtime* pada waktu produksi salah satunya *Hammermill*, mesin ini mengalami *Downtime* diakibatkan oleh komponen motor listrik yang mengalami kerusakan secara tiba-tiba, hal ini tentunya berdampak pada hasil produksi sehingga mengakibatkan kerugian terhadap perusahaan.

Memaksimalkan masa pakai serta meminimalisir resiko *downtime* motor listrik pada *Hammermill* kami akan menggunakan metode *Age replacement*. *Age Replacement* model yaitu metode selang waktu penggantian komponen dengan memperhatikan umur penggunaan komponen, sehingga dapat menghindari terjadinya kerusakan komponen dalam waktu yang relative singkat. Pada kasus kerusakan komponen dalam model ini, jadwal penggantian akan menyesuaikan kembali setelah penggantian komponen dilakukan, baik karena terjadinya kerusakan atau hanya sebagai perawatan preventif.

Berdasarkan hasil pengamatan bersama karyawan dari divisi *Electrical*, jenis perbaikan terhadap komponen motor listrik pada *Hammermill* masih menggunakan model *Corrective Maintenance*, sehingga resiko *Downtime* pada *Hammermill* masih sering terjadi. Jenis perbaikan ini menimbulkan biaya yang besar untuk proses perbaikannya karena perbaikan ini dilakukan setelah terjadinya kerusakan, maka kerusakan pada *Bearing* dapat berdampak pada komponen lain.

Tabel 1. Data waktu kerusakan komponen motor listrik

No	Tanggal	Komponen	No	Tanggal	Komponen
1	07-Oct-21	Bearing	13	20-Mar-22	Stator
2	17-Oct-21	Kipas	14	16-Apr-22	Bearing
3	28-Oct-21	Bearing	15	27-Apr-22	Bearing
4	15-Nov-21	Stator	16	07-May-22	Kelistrikan
5	18-Nov-21	Bearing	17	11-May-22	Bearing
6	06-Dec-21	Bearing	18	24-May-22	Bearing
7	06-Jan-22	Bearing	19	09-Jun-22	Kelistrikan
8	07-Jan-22	Rotor	20	02-Jul-22	Bearing
9	24-Jan-22	Bearing	21	10-Jul-22	Shaft
10	29-Jan-22	Kelistrikan	22	17-Jul-22	Kelistrikan
11	12-Feb-22	Bearing	23	06-Aug-22	Bearing
12	09-Mar-22	Bearing	24	10-Aug-22	Bearing
			25	12-Aug-22	Rotor

Sumber: Divisi *electrical* PT. Xyz

Berdasarkan pada tabel 1. Data kerusakan komponen motor listrik pada periode oktober 2021 sampai agustus 2022 ditampilkan. Dari data kerusakan komponen akan di lakukan pemilihan komponen kritis menggunakan prinsip pareto 80:20. Penentuan komponen kritis dilakukan dengan melihat frekuensi kerusakan dan waktu *downtime* setiap komponen.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan interval waktu alternatif penggantian komponen *bearing* di PT. Xyz dan menganalisis penerapan *preventive maintenance* yang tepat untuk mengurangi jumlah *downtime*. Hal ini dapat meningkatkan keandalan mesin menggunakan pendekatan metode *Age Replacement*. Metode *Age replacement* merupakan metode perawatan preventif yang dapat memprediksi penggantian komponen yang telah mencapai masa pakai tertentu berdasarkan data historis kerusakan serta dapat memperkecil kemungkinan kegagalan. *Age replacement* model yaitu selang waktu penggantian komponen dengan memperhatikan umur penggunaan komponen, sehingga dapat menghindari terjadinya

peralatan pengganti yang baru dipasang akan diganti dalam waktu yang relative singkat (Iriani & Bachtiar, 2019).

Preventive maintenance adalah suatu tindakan perbaikan/perawatan suatu mesin yang dilakukan sebelum mesin tersebut mencapai batas maksimal pemakaian atau mengalami kerusakan. Perawatan merupakan kegiatan sia-sia yang membuang waktu, tenaga, dan uang. Padahal kegiatan perawatan merupakan kegiatan yang bertujuan untuk melestarikan dan memperlancar jalannya proses produksi yang telah direncanakan sebelumnya (Lapai et al., 2019). Menurut (Yuli Setiawannie & Nita Marikena, 2022) Perawatan preventif (*preventive maintenance*) adalah perawatan yang dilakukan berdasarkan batas waktu dari umur maksimum suatu komponen/mesin disebut dengan *schedule maintenance*. Dengan metode ini, PT. Xyz diharapkan mampu mendeteksi komponen kritis dari motor listrik lebih dini, karena pada dasarnya semua komponen memiliki masa pakai yang berbeda-beda.

BAHAN DAN METODE (MATERIALS AND METHODS)

Penelitian ini mencakup semua kegiatan yang telah peneliti lakukan untuk memecahkan masalah yang ada di PT. Xyz. Sumber data pada penelitian ini adalah data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh dari wawancara dan observasi dengan teknisi mesin produksi. Sedangkan data sekunder yang diterima dari divisi *electrical* meliputi data kerusakan dan *downtime* pada motor listrik 3 fasa untuk periode oktober 2021 sampai agustus 2022.

Penelitian ini mengambil pendekatan kuantitatif untuk memperoleh data dan informasi. Untuk pemecahan masalah menggunakan metode *Age replacement* mengacu pada penentuan interval penggantian komponen *bearing*, berikut langkah-langkah yang akan dilakukan :

Pemilihan komponen kritis

Pemilihan komponen kritis menggunakan prinsip pareto yaitu 80:20. Diagram Pareto ini merupakan suatu gambar yang mengurutkan klasifikasi data dari kiri ke kanan menurut urutan ranking tertinggi hingga terendah (Prayoga Dhaneswara et al., 2022). Penentuan komponen kritis dilakukan dengan melihat frekuensi kerusakan dan waktu *downtime* setiap komponen.

Pemilihan distribusi kerusakan

Distribusi kerusakan atau probability plot merupakan metode yang sangat umum untuk digunakan sebagai mode distribusi keandalan. Distribusi kerusakan berisikan informasi mengenai masa atau umur pakai dari sebuah sistem atau komponen peralatan (Ramadhan et al., 2021). Pemilihan distribusi dilakukan menggunakan *software Statgraphics versi 19* melalui uji *Goodness of fit*. Perhitungan distribusi terdiri dari distribusi *weibull*, *eksponensial*, *normal* dan *lognormal*. Pemilihan distribusi bertujuan untuk mendapatkan nilai kemungkinan mesin dapat beroperasi sampai waktu tertentu dan untuk menghitung nilai harapan siklus kerusakan. Pemilihan distribusi dilakukan berdasarkan nilai *P-Value* terbesar.

Penentuan parameter distribusi

Penentuan parameter distribusi dilakukan menggunakan *software Minitab versi 21.2*. Nilai parameter ditentukan berdasarkan hasil uji pada distribusi terpilih dengan tingkat kepercayaan 95% pada data rentang waktu kerusakan dan data *downtime* komponen *bearing*.

Perhitungan MTTF

Mean Time to Failure (MTTF) *Mean time* adalah rata-rata waktu ekspektasi terjadinya kerusakan dari unit-unit identik yang beroperasi pada kondisi normal. *MTTF* seringkali digunakan untuk menyatakan nilai ekspektasi $E(t)$, Pemilihan Model Penggantian Pencegahan (Gustiana et al., 2019). *Mean time to failure* menyatakan rata-rata lama (waktu) pemakaian komponen sampai komponen tersebut rusak atau nilai harapan (ekspektasi) lama sebuah komponen dapat dipergunakan sampai rusak. Setelah uji kesesuaian distribusi data melalui *goodness of fit* test, maka langkah selanjutnya perhitungan *mean time to failure (MTTF)* berdasarkan rumus distribusi sesuai parameter yang telah ada. Distribusi yang terbentuk pada waktu antar kerusakan adalah distribusi *weibull*, maka persamaan yang digunakan untuk *MTTF* distribusi *weibull* adalah sebagai berikut.

MTTF waktu antar kerusakan :

$$R = \alpha \Gamma \left(1 + \frac{1}{\beta} \right) \dots \dots \dots [1]$$

Dengan fungsi Γ dapat dilihat pada tabel *Gamma function*.

Perhitungan *MTTFR*

Mean time to repair (MTTFR) merupakan waktu yang digunakan untuk melakukan perbaikan. *MTTFR* adalah waktu rata-rata yang digunakan untuk mengganti atau memperbaiki komponen atau mesin yang rusak (Setiawan et al., 2022). Secara umum, waktu perbaikan dapat diberlakukan sebagai variabel random karena kejadian yang berulang-ulang dapat mengakibatkan waktu perbaikan yang berbeda-beda. Distribusi yang terbentuk pada waktu antar kerusakan adalah distribusi normal, maka persamaan yang digunakan untuk *MTTFR* distribusi normal adalah sebagai berikut.

MTTFR waktu perbaikan :

$$s = \mu \Gamma \left(1 + \frac{1}{\sigma} \right) \dots \dots \dots [2]$$

Dengan fungsi Γ dapat dilihat pada tabel *Gamma function*.

Menentukan probabilitas dan reabilitas

Probabilitas merupakan sebuah kemungkinan terjadinya suatu peristiwa, dalam hal ini kemungkinan terjadinya kerusakan terhadap komponen *bearing*. Menurut (Richard, 2021), Probabilitas berasal dari kata *Probability* dalam Bahasa Inggris yang berarti kemungkinan atau peluang sebuah kejadian akan terjadi. Probabilitas juga dapat diartikan sebagai pengetahuan akan seberapa besar kemungkinan sesuatu akan terjadi. Perhitungan *Probability* untuk distribusi *weibull* dapat menggunakan persamaan berikut:

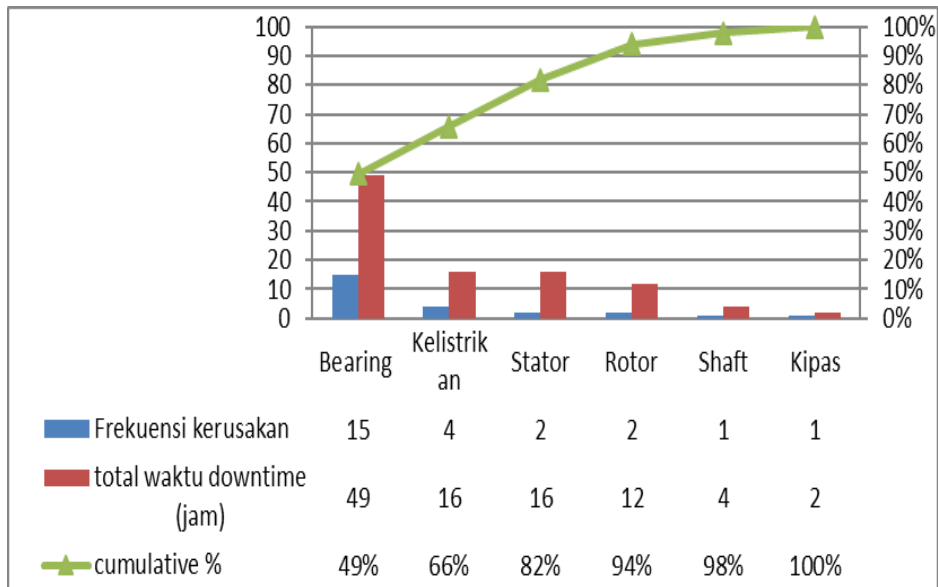
$$T(p) = \frac{\beta t^{\beta-1}}{\alpha^\beta} \exp \left[- \left(\frac{t}{\alpha} \right)^\beta \right] \dots \dots \dots [3]$$

Reabilitas yaitu peluang sebuah mesin atau dalam hal ini komponen dapat berjalan dengan baik sesuai dengan fungsinya sebelum mencapai masa pakai yang telah ditetapkan. *Realiability* adalah angka yang menunjukkan keandalan alat dalam arti alat mampu dioperasikan terus menerus selama periode tertentu tanpa mengalami gangguan atau kerusakan (Santoso et al., 2021). Menurut (Sianturi & Imaduddin, 2019), keandalan atau *Reability* adalah peluang sebuah sistem atau mesin untuk dapat berjalan dengan baik sesuai fungsinya selama waktu atau keadaan yang telah ditetapkan. Keandalan merupakan fungsi yang melengkapi distribusi kumulatif dari manajemen pemeliharaan. Perhitungan *Reability* untuk distribusi *weibull* dapat menggunakan persamaan berikut:

$$T(r) = \exp \left(\frac{-R}{t} \right) \dots \dots \dots [4]$$

HASIL DAN PEMBAHASAN (RESULT AND DISCUSSIONS)

Pemilihan komponen kritis menggunakan prinsip pareto yaitu 80:20. Penentuan komponen kritis dilakukan dengan melihat frekuensi kerusakan dan waktu *downtime* setiap komponen. Hasil diagram pareto dapat dilihat pada gambar 3.2. Pada diagram tersebut akan terlihat grafik dari frekuensi kerusakan, total waktu *downtime* serta nilai kumulatif % (waktu *uptime*). Pada *diagram* tersebut, komponen yang berada pada rentang kumulatif 80% adalah komponen *Bearing* dan kelistrikan dengan nilai kumulatif : *Bearing* (49%) dan kelistrikan (66%), total waktu *downtime* : *Bearing* (49) dan kelistrikan (16), serta frekuensi kerusakan : *Bearing* (15) dan kelistrikan (16).



Gambar 1. Diagram pareto kerusakan komponen motor listrik.

Data kerusakan komponen bearing dapat dilihat pada tabel 1 berikut:

Tabel 1. Data waktu antar kerusakan dan waktu *downtime* komponen *bearing*.

Data waktu antar kerusakan dan waktu perbaikan			
No.	Tanggal	waktu antar kerusakan (hari)	waktu perbaikan (jam)
1.	07/10/2021	0	2,5
2.	28/10/2021	21	5
3.	18/11/2021	21	4
4.	06/12/2021	18	2,5
5.	06/01/2022	31	3,5
6.	24/01/2022	18	4
7.	12/02/2022	19	5
8.	09/03/2022	25	3
9.	16/04/2022	38	4
10.	27/04/2022	11	2
11.	11/05/2022	14	2
12.	24/05/2022	13	4
13.	02/07/2022	39	2
14.	06/08/2022	35	3,5
15.	10/08/2022	4	2

Pemilihan distribusi dilakukan menggunakan *software Statgraphics versi 19* melalui uji *Goodness of fit*. Perhitungan distribusi terdiri dari distribusi *weibull*, *eksponensial*, *normal* dan *lognormal*. Pemilihan distribusi bertujuan untuk mendapatkan nilai kemungkinan mesin dapat beroperasi sampai waktu tertentu dan untuk menghitung nilai harapan siklus kerusakan. Pemilihan distribusi dilakukan berdasarkan nilai *P-Value* terbesar. Hasil pemilihan distribusi dapat dilihat pada hasil uji data menggunakan *software Statgraphics versi 19* dapat dilihat pada gambar 2.

Goodness-of-Fit Tests for waktu antar kerusakan (hari)
Kolmogorov-Smirnov Test

	Exponential	Lognormal	Normal	Weibull
DPLUS	0,168891	0,117314	0,17805	0,146614
DMINUS	0,323028	0,174122	0,107408	0,105721
DN	0,323028	0,174122	0,17805	0,146614
P-Value	0,107691	0,789676	0,766509	0,924235

The StatAdvisor
This pane shows the results of tests run to determine whether waktu antar kerusakan (hari) can be adequately modeled by various distributions.
P-values less than 0,05 would indicate that waktu antar kerusakan (hari) does not come from the selected distribution with 95% confidence.

Gambar 2. Hasil uji Goodnes of fit waktu antar kerusakan

Dari hasil analisis pemilihan distribusi kerusakan rentang waktu antar kerusakan komponen bearing diatas didapatkan nilai P-Value terbesar berada pada distribusi Weibull dengan nilai 0,924235 maka untuk data waktu antar kerusan ini berdistribusi Weibull.

Goodness-of-Fit Tests for waktu perbaikan (jam)
Kolmogorov-Smirnov Test

	Exponential	Lognormal	Normal	Weibull
DPLUS	0,216403	0,168748	0,163823	0,167599
DMINUS	0,457868	0,17385	0,154087	0,152662
DN	0,457868	0,17385	0,163823	0,167599
P-Value	0,00371219	0,755067	0,815607	0,793391

The StatAdvisor
This pane shows the results of tests run to determine whether waktu perbaikan (jam) can be adequately modeled by various distributions.
P-values less than 0,05 would indicate that waktu perbaikan (jam) does not come from the selected distribution with 95% confidence.

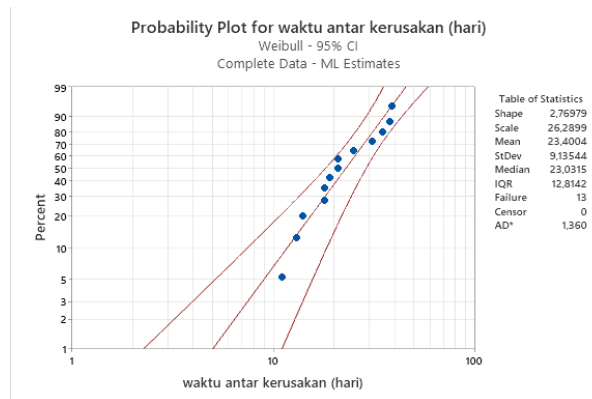
Gambar 3. Hasil uji Goodness of fit waktu perbaikan

Dari hasil analisis pemilihan distribusi kerusakan waktu perbaikan komponen bearing diatas didapatkan nilai P-Value terbesar berada pada distribusi normal dengan nilai **0,815607** maka untuk data waktu perbaikan bearing ini berdistribusi normal.

Tabel 2. Data pemilihan distribusi melalui uji Goodness of fit

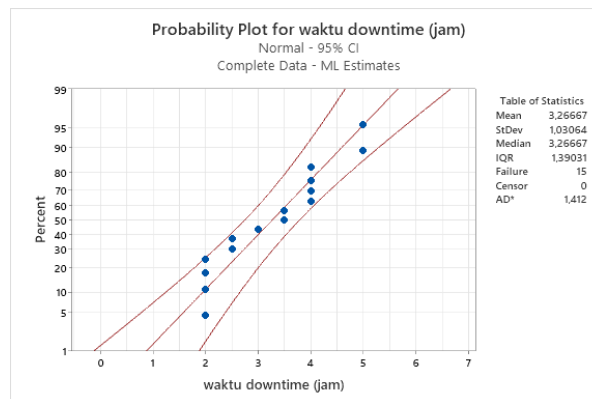
pemilihan distribusi waktu antar kerusakan (goodness of fit) menggunakan minitab		
Komponen	jenis distribusi	P-Value
Bearing	Exponential	0,107691
	Lognormal	0,789676
	Normal	0,766509
	Weibull	0,924235
pemilihan distribusi waktu perbaikan (goodness of fit) menggunakan minitab		
Komponen	jenis distribusi	P-Value
Bearing	Exponential	0,00371219
	Lognormal	0,755067
	Normal	0,815607
	Weibull	0,793391

Penentuan parameter distribusi dilakukan menggunakan *software Minitab versi 21.2*. Nilai parameter ditentukan berdasarkan hasil uji pada distribusi terpilih dengan tingkat kepercayaan 95% pada data rentang waktu kerusakan dan data *downtime* komponen *bearing*. Tabel penentuan parameter distribusi dapat dilihat pada Tabel 2.



Gambar 4. Hasil penentuan parameter waktu antar kerusakan.

Dari hasil penentuan parameter rentang waktu antar kerusakan komponen bearing diatas didapatkan nilai *shape* sebesar **2,76979** dan nilai *scale* sebesar **26,2899** yang akan digunakan pada perhitungan *MTTF*.



Gambar 5. Hasil penentuan parameter rentang waktu perbaikan.

Dari hasil penentuan parameter rentang waktu antar kerusakan komponen bearing diatas didapatkan nilai *mean* sebesar 3,26667 dan nilai *StDev* sebesar 1,03064 yang akan digunakan pada perhitungan *MTTFR*.

Tabel 3. Data penentuan parameter distribusi

Komponen	Keterangan	distribusi terpilih	Parameter	
Bearing	waktu antar kerusakan	<i>weibull</i>	$\beta = 2,76979$	$\alpha = 26,2899$
	waktu perbaikan	<i>normal</i>	$\mu = 3,26667$	$\sigma = 1,03064$

Setelah uji kesesuaian distribusi data melalui *goodness of fit test*, maka langkah selanjutnya perhitungan *mean time to failure (MTTF)* berdasarkan rumus distribusi sesuai parameter yang telah ada. Distribusi yang terbentuk pada waktu antar kerusakan adalah distribusi *weibull*, maka persamaan yang digunakan untuk *MTTF* distribusi *weibull* adalah sebagai berikut.

MTTF waktu antar kerusakan :

$$R = \alpha \Gamma \left(1 + \frac{1}{\beta} \right) \dots \dots \dots [5]$$

$$= 26,2899 \Gamma \left(1 + \frac{1}{2,76979} \right)$$

= 26,2899 (0,89018)

R = 23,40 hari

Dengan fungsi Γ dapat dilihat pada tabel *Gamma function*.

Distribusi yang terbentuk pada waktu antar kerusakan adalah distribusi normal, maka persamaan yang digunakan untuk *MTTFR* distribusi normal adalah sebagai berikut.

MTTFR waktu perbaikan

$$s = \mu \Gamma \left(1 + \frac{1}{\sigma} \right) \dots \dots \dots [6]$$

$$= 3,26667 \Gamma \left(1 + \frac{1}{1,03064} \right)$$

= 3,26667 (0,98768)

s = 3,22 jam

Dengan fungsi Γ dapat dilihat pada tabel *Gamma function*.

Tabel 4. Data nilai probabilitas dan reabilitas

Rentang waktu kerusakan(t)	α	β	reability T(r)	Probability T(p)
4	26,2899	2,30032	0,001401797	55,0811794
11	26,2899	2,30032	0,091713021	499,8018506
13	26,2899	2,30032	0,132451537	689,0726205
14	26,2899	2,30032	0,153026701	787,6353723
18	26,2899	2,30032	0,232236275	1168,47976
18	26,2899	2,30032	0,232236275	1168,47976
19	26,2899	2,30032	0,250785348	1251,90698
21	26,2899	2,30032	0,286095797	1394,087115
21	26,2899	2,30032	0,286095797	1394,087115
25	26,2899	2,30032	0,349518076	1551,184363
31	26,2899	2,30032	0,428381153	1438,492726
35	26,2899	2,30032	0,471961841	1188,021029
38	26,2899	2,30032	0,500784732	960,0575065
39	26,2899	2,30032	0,509744248	882,7604135

Dari hasil perhitungan fungsi padat probabilitas diatas dapat diketahui bahwa nilai tertinggi yaitu pada interval 25 hari dengan nilai 1551,184363, maka probabilitas kerusakan *bearing* akan mencapai maksimal pada interval 25 hari. Sedangkan pada tabel tingkat keandalan komponen *bearing* dapat dilihat bahwa tingkat keandalan komponen mesin semakin menurun sesuai dengan bertambahnya waktu. Dan pada interval 25 hari dengan nilai fungsi keandalan sebesar 0,349518076 (68,57%). Merupakan batas keandalan minimal yang telah ditetapkan yaitu sebesar 60%, berdasarkan tabel referensi penyusutan mesin.

Berdasarkan perhitungan diatas, interval perbaikan komponen *Bearing* paling optimal sebelum probabilitas kerusakan mencapai nilai maksimal dan dengan nilai batas minimal Reabilitas masih berada di atas 60% yaitu pada interval 25 hari. Maka tindakan *Preventif maintenance* pada komponen bearing dapat dapat dilakukan setiap 25 hari.

KESIMPULAN (CONCLUSION)

PT. Xyz adalah perusahaan penanaman modal asing dalam industri *crude coconut oil* dan *crude palm oil*. Dalam proses pembuatan minyak kelapa mentah, membutuhkan sejumlah mesin yang akan mengolah bahan baku hingga menjadi minyak kelapa. Salah satu komponen penting pada mesin produksi yaitu motor listrik 3 fasa. Motor listrik 3 fasa ini berfungsi sebagai penggerak sejumlah mesin produksi. motor listrik ini sudah mengalami kerusakan sebanyak 25 kali dan 99 jam total *downtime* dalam 11 bulan terakhir dan 15 diantaranya disebabkan oleh komponen *bearing*. Tindakan perbaikan yang dilakukan sebelumnya masih bersifat *Corrective Maintenance*. Setelah dilakukan perhitungan *Preventive maintenance* pada komponen *Bearing* dengan menggunakan metode *Age replacement*, maka interval waktu tindakan *maintenance* pada *Bearing* mendapatkan hasil yaitu *interval* perbaikan *Bearing* yang optimal dapat dilakukan setiap 25 hari

sekali. Dengan hasil ini maka kemungkinan masa pakai komponen *bearing* akan lebih awet dari sebelumnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Gustiana, A., Deri, R. R., Srimurni, R. R., & Sofyan, I. (2019). *Analisis Waktu Penggantian Komponen Kritis pada Mesin Heidelberg Speedmaster dengan Menggunakan Metode Age Replacement di PT. Karyamanunggal Lithomas Bandung Analysis of Critical Component Replacement Time on the Heidelberg Speedmaster Machine by Using t*. 28–43.
- Iriani, Y., & Bachtiar, H. (2019). Analysis of maintenance systems in jet dyeing machine components using the age replacement method. *Universal Journal of Mechanical Engineering*, 7(3), 27–34. <https://doi.org/10.13189/ujme.2019.071304>
- Lapai, Y., Atika, S. H., Lahay, I. H., & Hassanuddin. (2019). Eektivitas Mesin dengan Menggunakan Metode Overall Equipment Effetiveness pada PT. XYZ. *SemanTECH 2019*, 2019(November), 289–293.
- Prayoga Dhaneswara, A., Achmadi, F., Teknik Industri, M., Teknologi Industri, F., & Teknologi Adhi Tama Surabaya, I. (2022). *Analisa Komponen Kritis Dan Penerapan Reliability Centered Maintenance II (RCM II) (Studi Kasus: Gas Turbine Compressor (GTC) Pada Fasilitas Eksplorasi Dan Produksi Lepas Pantai PT.X). Rcm Ii*.
- Ramadhan, M. Z., Dwi Haryadi, G., & Haryanto, I. (2021). Analisis Reliability Komponen Kritis Dengan Metode Distribusi Kerusakan Dan Fault Tree Analysis Pada Pompa Hydraulic Axial 500 Lps. *Jurnal Teknik Mesin S-1*, 9(1), 133–142.
- Richard. (2021). *Modul Probabilitas. 2013150001*, 3–18.
- Santoso, R., Lahay, I. H., Junus, S., & Lapai, Y. (2021). Optimalisasi Perawatan Mesin Press dengan Metode Failure Mode Effect Analysis (FMEA). *Jambura Industrial Review (JIREV)*, 1(1), 1–6. <https://doi.org/10.37905/jirev.1.1.1-6>
- Setiawan, W., Djunggu, N. H., & Sujana, I. (2022). Penentuan Frekuensi Perawatan Termurah pada Mesin Kritis di PT Citra Mahkota. *INTEGRATE: Industrial Engineering and Management System*, 6(1), 25–37. <https://jurnal.untan.ac.id/index.php/jtinUNTAN/issue/view/1749>
- Sianturi, G., & Imaduddin, A. F. H. (2019). Usulan Penjadwalan Pergantian Komponen Pada Mesin Filling Multiline Menggunakan Model Age Replacement Dan Block Replacement Di Pt Ikafood Putramas. *INAQUE: Journal of Industrial & Quality Engineering*, 7(1), 19–29. <https://doi.org/10.34010/iqe.v7i1.1735>
- Yuli Setiawannie, & Nita Marikena. (2022). Perencanaan Penjadwalan Preventive Maintenance Mesin Pouch dengan Critical Path Method di PT. Grafika Nusantara. *INSOLOGI: Jurnal Sains Dan Teknologi*, 1(1), 01–10. <https://doi.org/10.55123/insologi.v1i1.105>

ANALISIS POTENSI KECELAKAAN MENGGUNAKAN METODE HAZARD IDENTIFICATION AND RISK ASSESSMENT (HIRA) DAN JOB SAFETY ANALYSIS (JSA) PADA UMKM SOLEH

Adhe Avriyan, Joko Susetyo, Agus Hindarto Wibowo
Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas AKPRIND Indonesia
Jl. Kalisahak 28 Kompleks Balapan Yogyakarta
E-mail: ftrltfah123@gmail.com, Joko_sty@akprind.ac.id,

ABSTRACT

Pak Soleh's Cracker Business is a Small and Medium Enterprise (UKM) which operates in the field of cracker production. The occurrence of work accidents in production areas is caused by a lack of implementation of Occupational Safety and Health (K3) and can have serious impacts on workers, companies and the work environment. The aim of this research is to improve occupational safety and health by identifying hazards and risks in the cracker production process and establishing appropriate control measures. The Hazard Identification and Risk Assessment (HIRA) method is used to identify sources of potential problems related to hazards and risks during the cracker production process, and the Job Safety Analysis (JSA) method is used to analyze risks associated with specific tasks in cracker production. Based on the results of hazard identification, there are three risks or hazards that have a high risk value, each hazard is assessed based on the occurrence of accidents and the severity of injury or damage. First, the process of frying crackers has a risk value of 34, the frying process still uses manual tools using firewood. Both warehouse activities have a risk value of 15, taking raw materials from the warehouse. Third, the dough making activity has a risk value of 10. Control measures are proposed to reduce or eliminate risks, such as the use of personal protective equipment (PPE), safety training. During analysis using JSA, hazards associated with each task are identified, and risks are evaluated. It is hoped that the results of this research will provide better insight into the potential for accidents in the cracker production process. From the results of identifying hazards and risks and implementing appropriate control measures, it is hoped that the level of accidents and injuries can be reduced significantly

INTISARI

Usaha Kerupuk Pak Soleh adalah Usaha Kecil dan Menengah (UKM) yang bergerak di bidang produksi kerupuk. Terjadinya kecelakaan kerja di area produksi disebabkan kurangnya penerapan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) dan dapat menyebabkan dampak serius bagi pekerja, perusahaan dan lingkungan kerja. Tujuan penelitian ini adalah untuk meningkatkan keselamatan dan kesehatan kerja dengan mengidentifikasi bahaya dan risiko dalam proses produksi kerupuk serta menetapkan tindakan pengendalian yang tepat. Metode *Hazard Identification and Risk Assessment* (HIRA) digunakan untuk mengidentifikasi sumber masalah potensial terkait bahaya dan risiko selama proses produksi kerupuk, dan metode *Job Safety Analysis* (JSA) digunakan untuk menganalisis risiko yang terkait dengan tugas-tugas khusus dalam produksi kerupuk. Berdasarkan hasil identifikasi bahaya, terdapat tiga risiko atau bahaya yang memiliki nilai risiko tinggi, masing-masing bahaya dinilai berdasarkan terjadinya kecelakaan dan tingkat keparahan cedera atau kerusakan. Pertama yaitu proses penggorengan kerupuk nilai risiko sebesar 34, proses penggorengan masih menggunakan alat manual menggunakan kayu bakar. Kedua aktivitas gudang memiliki nilai risiko sebesar 15, pengambilan bahan baku dari gudang. Ketiga yaitu aktivitas pembuatan adonan memiliki nilai risiko sebesar 10. Tindakan pengendalian diusulkan untuk mengurangi atau menghilangkan risiko, seperti penggunaan alat pelindung diri (APD), pelatihan keselamatan. Selama analisis menggunakan JSA, bahaya yang terkait dengan masing-masing tugas diidentifikasi, dan risiko dievaluasi. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan yang lebih baik tentang potensi kecelakaan dalam proses produksi kerupuk. Dari hasil identifikasi bahaya dan risiko serta menerapkan tindakan pengendalian yang tepat, diharapkan tingkat kecelakaan dan cedera dapat dikurangi secara signifikan.

Kata kunci: HIRA, JSA, K3, Potensi bahaya.

PENDAHULUAN (INTRODUCTION)

Kewirausahaan dan bisnis merupakan kegiatan yang dilakukan oleh orang-orang untuk mendapatkan uang atau barang sebagai bentuk cara memenuhi kebutuhan sehari-hari dan mencapai kemakmuran dalam kehidupan. Upaya terus menerus memberikan hasil terbaik. Usaha Kecil dan Menengah (UKM) merupakan sektor yang memberikan kontribusi signifikan terhadap percepatan pertumbuhan ekonomi. Pasalnya, usaha kecil dan menengah banyak menyerap tenaga kerja dan dekat dengan rakyat biasa.

Salah satu bisnis UKM yang menghasilkan kerupuk tradisional adalah Kerupuk Pak Soleh. Ini masih menggunakan metode pengolahan tradisional selama proses produksinya, mulai dari pengolahan bahan baku hingga ke proses penggorengan. Proses produksi konvensional ini dapat menimbulkan risiko kesehatan dan keselamatan kerja (K3). Usaha kerupuk pak Soleh terdapat beberapa aktivitas proses produksi yaitu dimulai dari pengambilan bahan baku, kemudian proses persiapan bahan baku, proses pengadonan, proses pembentukan kerupuk, proses pengukusan, proses pendinginan, proses penjemuran, proses penggorengan, dan yang terakhir proses pembungkusan kerupuk. Beberapa keluhan karyawan terkait seringnya terjadi kecelakaan kerja di Usaha kerupuk pak soleh tersebut dalam waktu tiga bulan terakhir terjadi beberapa kecelakaan yang membuat proses produksi terhambat atau bahkan terhenti dan mengakibatkan perusahaan mengalami kerugian, baik dari segi produksi maupun dari pengeluaran tambahan untuk pengobatan. Terdapat juga penyakit jangka panjang yang belum dirasakan pada saat itu dan berpotensi menjadi penyakit dikemudian hari.

Kecelakaan kerja berdasarkan OHSAS 18001:2007 adalah suatu peristiwa yang memiliki hubungan dengan aktivitas kerja yang berpotensi menyebabkan cedera, rasa sakit, dan yang terburuk menyebabkan kematian. Kecelakaan kerja dapat didefinisikan sebagai kejadian atau peristiwa yang tidak direncanakan, tidak terduga, tidak diinginkan dan tidak terkendali.

Menurut Tanisri (2022) penelitian menggunakan pendekatan *Hazard Identification and Risk Assessment* (HIRA) bertujuan untuk mengidentifikasi sumber masalah potensial terkait bahaya dan risiko selama proses produksi kerupuk. Sebelum pengumpulan data terkait identifikasi kegiatan dan kondisi area produksi yang dapat menyebabkan kecelakaan kerja.

Berdasarkan pemaparan yang terasaji tersebut, tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi semua bahaya yang mungkin terjadi selama proses produksi kerupuk dan menemukan akar masalah dari setiap bahaya yang bernilai resiko tinggi. Adapun metode yang akan digunakan yang menggunakan pendekatan HIRA dan JSA.

BAHAN DAN METODE (MATERIALS)

Pada penelitian ini menggunakan metode pengumpulan data primer dan sekunder. Metode pengumpulan data primer yang dibutuhkan ialah metode wawancara, observasi, dokumentasi, dokumentasi. Pada metode pengumpulan data sekunder yang dibutuhkan ialah jurnal, surat kabar, dan sumber lain yang berhubungan dengan topik yang dibahas dapat digunakan untuk menemukan sumber informasi.

1. Metode wawancara

Secara khusus melakukan interview langsung berbasis kuesioner dengan responden dalam hal ini Bapak Soleh selaku pemilik usaha kerupuk yang berhubungan langsung dengan subjek penelitian.

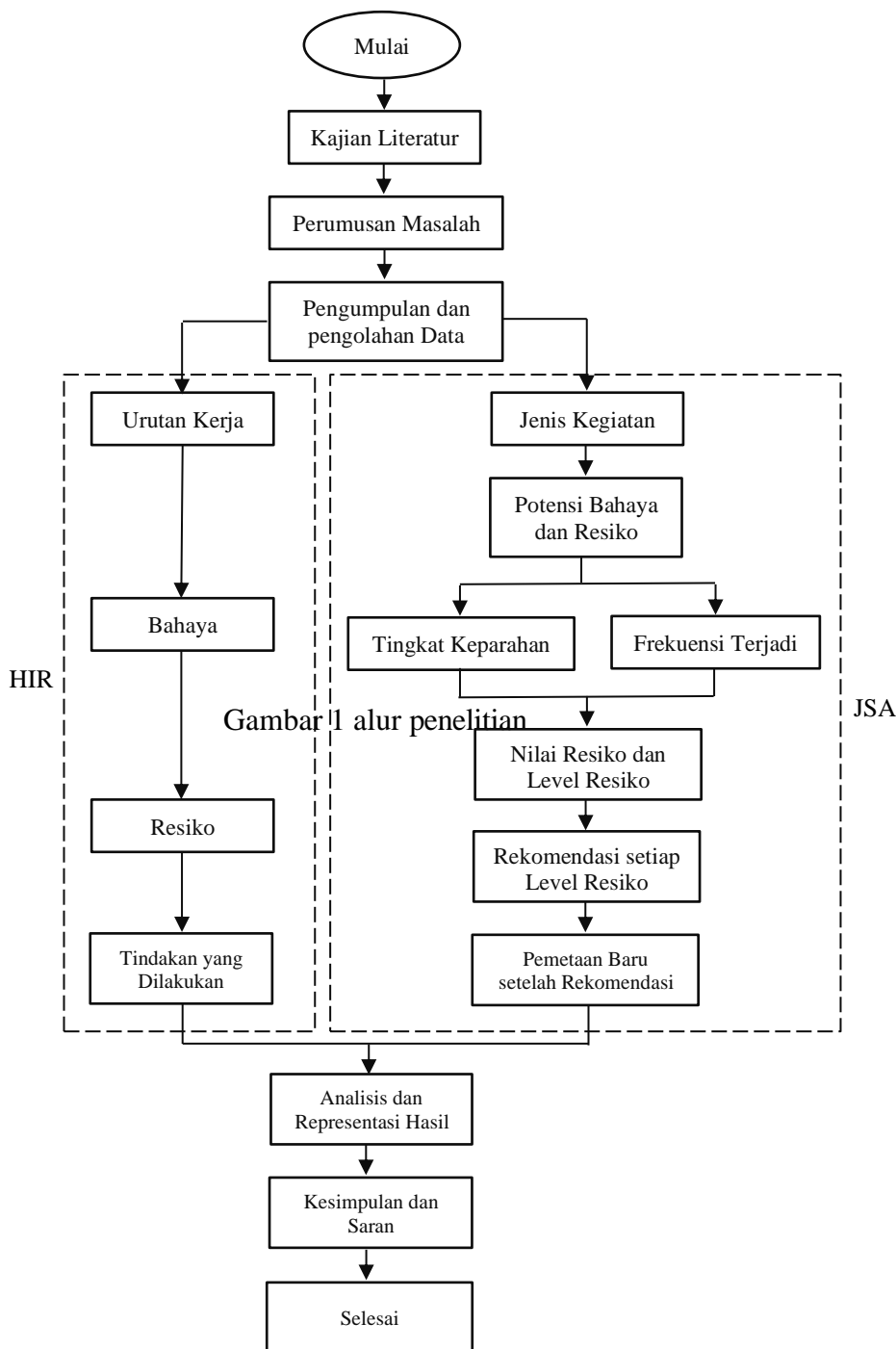
2. Metode observasi

Secara khusus, mengamati dan mencatat subjek penelitian untuk mengumpulkan data secara langsung.

3. Studi Literatur

Metode berikutnya adalah studi literatur. Studi literatur merupakan proses pengumpulan data atau informasi-informasi yang mendukung dalam penulisan laporan. Studi literatur didapatkan dari buku-buku, jurnal, makalah, informasi pada internet, dan penelitian lainnya yang telah dilakukan terdahulu.

Diagram alur penelitian



Gambar 1. Metodologi Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN (RESULT AND DISCUSSIONS)

Proses Produksi

Terdapat beberapa proses dalam memproduksi produk pada usaha kerupuk pak Soleh. Proses produksi termasuk pengambilan bahan baku kerupu dari gudang pertama, kemudian dilakukan persiapan untuk bahan baku yang sudah diambil, kemudian pencampuran bahan yang sudah di siapkan, selanjutnya melakukan pengadonan bahan yang telah dicampur, setelah bahan sudah menjadi adonan kemudian dicetak sesuai yang dibutuhkan, setelah adonan dicetak menjadi bentuk kerupuk yang diinginkan kemudia masuk dalam proses

pengukusan, setelah adonan kerupuk di kukus kemudian di dinginkan, selanjutnya setelah kerupuk mentah dingin dilakukan penjemuran agar kerupuk mengeras, setelah kerupuk mentah mengeras selanjut dilakukan proses penggorengan, selanjutnya setelah kerupuk di goreng akan dilakukan proses pembungkusan, dan kemudian siap untuk dipasarkan.

Hazard Identification and Risk Assessment (HIRA)

Menurut Akbar (2021) tujuan HIRA adalah untuk mengetahui potensi resiko yang dapat menyebabkan bahaya pada proses produksi, mencari dan mendapatkan nilai level resiko yang diperoleh dari hasil identifikasi resiko bahaya pada proses produksi, serta memberikan solusi yang dapat dilakukan untuk mengurangi resiko yang paling berbahaya pada proses produksi.

Kelebihan daripada metode HIRA adalah untuk mengetahui dan menganalisis potensi suatu bahaya di suatu lokasi atau lingkungan untuk diberikan nilai seberapa besar peluang kecelakaan terjadi (Albar, 2022)

HIRA mengolah dan menganalisis potensi risiko bahaya yang ada pada bagian produksi perusahaan kerupuk Pak Soleh. Pengolahan data meliputi temuan dari pengamatan dan observasi, yang kemudian dinilai. Untuk mendapatkan hasil dan solusi untuk mengatasi risiko tersebut, dilakukan penilaian. Tabel berikut menunjukkan tabel HIRA pada setiap proses.

a. Lokasi Area Gudang

Tabel berikut menunjukkan temuan potensi bahaya di Gudang Kerupuk Pak Soleh. Setiap temuan dinilai kemudian.

Tabel 1. Identifikasi Potensi pada lokasi gudang

No	Jenis Kegiatan	Potensi Bahaya	Keterangan penilaian	Keparahan		Frekuensi		Nilai Resiko Bahaya	Level Resiko
				Kategori	Nilai	Kategori	Nilai		
1	Pengambilan bahan baku dari gudang	Terpeleset, terjatuh saat membawa material bahan. Tertimpa material bahan	Mengakibatkan cidera ringan sampai berat	Sedang	3	Mungkin	3	9	Tinggi
2	Persiapan bahan baku	Sesak napas terkena tepung yang bertebaran, Terjepit, Tangan Teriris atau tergores	Mengakibatkan gangguan pernapasan, cidera, luka luar	Sedang	3	Mungkin	2	6	Sedang

b. Pembuatan adonan

Tabel berikut menunjukkan temuan potensi bahaya pada proses pembuatan adonan bisnis kerupuk Pak Soleh. Setiap temuan potensi bahaya kemudian dinilai.

Tabel 2. Identifikasi Potensi pada proses pembuatan adonan

No	Jenis Kegiatan	Potensi Bahaya	Keterangan penilaian	Keparahan		Frekuensi		Nilai Resiko Bahaya	Level Resiko
				Kategori	Nilai	Kategori	Nilai		
1	Proses pengadonan	Tangan terjepit, Sesak napas akibat tepung bertebaran di udara.	Mengakibatkan gangguan pernapasan, cidera ringan	Rendah	2	Rendah	2	4	Rendah
2	Proses pembentukan kerupuk	Tangan terjepit alat cetak, Tangan teriris pisau pemotong,	Cidera ringan, luka luar	Rendah	2	Mungkin	3	6	Sedang

c. Penggorengan kerupuk

Tabel berikut menunjukkan temuan potensi bahaya pada proses penggorengan kerupuk bisnis Pak Soleh. Setiap temuan potensi bahaya kemudian dinilai.

Tabel 3. Identifikasi Potensi pada proses Penggorengan kerupuk

No	Jenis Kegiatan	Potensi Bahaya	Keterangan penilaian	Keparahan		Frekuensi		Nilai Resiko Bahaya	Level Resiko
				Kategori	Nilai	Kategori	Nilai		
1	Proses pengukusan	Tangan melepuh, suhu ruangan panas, Sesak napas akibat asap pembakaran tungku.	Mengakibatkan cedera ringan sampai berat, gangguan pernapasan, luka bakar,	Tinggi	4	Mungkin	3	9	Tinggi
2	Proses pendinginan	Terpeleset akibat lantai basah.	Cidera ringan sampai berat.	Rendah	2	Mungkin	3	6	Sedang
3	Proses penjemuran	Terpeleset, Terjepit, tertimpa papan penjemuran.	Cidera ringan sampai berat	Rendah	2	Rendah	2	4	Rendah
4	Proses penggorengan	Terpeleset karena lantai licin akibat minyak, Tangan terkena minyak panas, suhu ruangan panas, Sesak napas akibat asap pembakaran tungku.	Cidera ringan sampai berat, luka bakar, gangguan pernapasan akibat asap pembakaran tungku.	Tinggi	4	Tinggi	4	9	Tinggi
5	Proses pembungkusan	Tangan terluka akibat gunting pada saat memotong tali untuk pengikat bungkus	Cidera ringan	Rendah	2	Mungkin	3	6	Rendah



Gambar 2. Map Risk

Gambar 2 mewakili peta risiko Temporary Pond, dengan setiap warna menunjukkan nilai risiko yang berbeda. Warna merah menunjukkan tingkat risiko yang sangat tinggi dan memerlukan tindakan pencegahan segera; warna kuning menunjukkan tingkat risiko yang tinggi dan tindakan pencegahan harus dilakukan segera; warna hijau menunjukkan tingkat risiko sedang dan tindakan pencegahan perlu dipertimbangkan; dan warna biru menunjukkan tingkat risiko yang rendah dan tidak memerlukan tindakan pencegahan karena masih dalam toleransi risiko.

Menurut Maghfira (2023). Dalam analisis resiko kecelakaan kerja ini dilakukan untuk masing- masing unit pekerjaan kemudian dilakukan penilaian untuk mengetahui tingkat risiko yang ada. Penilaian matriks tingkat potensi bahaya yang ada pada metode JSA terdapat 4 kategori yaitu mencakup rendah, sedang, tinggi dan ekstrim. Berdasarkan penilaian tingkat potensi bahaya yang dilakukan didapatkan hasil yaitu level ekstrim untuk potensi cedera anggota tubuh. Potensi ini memiliki konsekuensi dampak kecelakaan yang sangat parah, sehingga potensi pada kategori ini yang menjadi prioritas utama agar dapat dihindari.

Job Safety Analysis (JSA)

Menurut Biantoro (2019), JSA adalah teknik manajemen keselamatan yang berkaitan pada identifikasi dan pengendalian bahaya yang berhubungan dengan rangkaian pekerjaan yang hendak dilakukan.

Tujuan JSA adalah untuk mengetahui risiko dan bahaya serta tindakan pengendalian yang tepat untuk mencegah dan mengurangi efek kejadian. Penulisan JSA dimulai dengan memilih tugas yang akan ditinjau ulang, kemudian membagi tugas menjadi beberapa tahap, mengidentifikasi potensi bahaya di setiap tahap, dan akhirnya menetapkan prosedur untuk mengurangi potensi bahaya. Tabel dibawah merupakan JSA pada proses produksi usaha kerupuk pak Soleh.

Tabel 4. Job safety Analysis

No	Tahapan Pekerjaan	Potensi Bahaya	Resiko	Tindakan Pengendalian
1	Pemindahan bahan baku	Terpeleset atau terjatuh, Tertimpa bahan, Terjepit	Cidera ringan maupun berat	Penataan bahan secara rapi, menggunakan <i>safety shoes</i> dan sarung tangan
2	Persiapan bahan baku	ak napas akibat tepung yang bertebaran, Terjepit, Tangan Teriris atau tergores	Gangguan pernapasan, cidera ringan, luka luar	Penggunaan masker dan menggunakan sarung tangan
3	Proses pengadonan	Tangan terjepit, Sesak napas akibat tepung bertebaran di udara	Gangguan pernapasan, cidera	Penggunaan sarung tangan masak, serta menggunakan masker.
4	Proses pencetakan	gan terjepit alat cetak, Tangan teriris pisau pemotong, Sesak napas	Cidera, luka luar, gangguan pernapasan	Mengedukasi pekerja tentang keselamatan kerja, penggunaan sarung tangan dan masker.
5	Proses pengukusan	Tangan melepuh, sushu ruangan panas, Sesak napas akibat asap pembakaran tungku.	Mengakibatkan cidera ringan sampai berat, gangguan pernapasan, luka bakar,	Menggunakan <i>safety shoes</i> dan sarung tangan, menggunakan masker.
6	Proses pendinginan	Terpeleset akibat lantai basah karena proses pengukusan	Mengakibatkan cidera ringan sampai berat	Memberikan simbol tanda peringatan, menggunakan <i>safety shoes</i>
7	Proses penjemuran	Terpeleset, Terjepit, tertimpa papan penjemuran.	Cidera ringan sampai berat	Menggunakan <i>safety shoes</i> dan sarung tangan
8	Proses penggorengan	Terpeleset karena lantai licin minyak, Tangan terkena minyak panas, Sesak napas akibat asap pembakaran tungku.	Cidera ringan sampai berat, luka bakar, gangguan pernapasan akibat asap pembakaran tungku	Menggunakan <i>safety shoes</i> dan sarung tangan, menggunakan peralatan produksi yang aman, menggunakan masker.

9	Proses pembungkusan	Tangan terluka akibat terkena gunting pada saat memotong tali pengikat bungkus	Mengakibatkan cedera ringan sampai berat	Menggunakan sarung
---	---------------------	--	--	--------------------

PEMBAHASAN

a. Pengolahan Data HIRA

Setelah data dari semua proses produksi perusahaan kerupuk Pak Soleh diolah, berikut ini adalah hasil level resiko yang dihasilkan.

Tabel 5. Jumlah risiko yang terkait dengan setiap proses produksi

No	Proses Produksi	Level Resiko				Jumlah
		Rendah	Sedang	Tinggi	Ekstrim	
1	Gudang	0	1	1	0	2
2	Pembuatan adonan	1	1	0	0	2
3	Penggorengan kerupuk	2	1	2	0	5

Tabel di atas menunjukkan daftar risiko yang terlibat dalam setiap proses produksi di bisnis kerupuk Pak Soleh. Proses produksi penggorengan kerupuk memiliki risiko tertinggi, sedangkan proses pembuatan adonan memiliki risiko tiga, dan proses produksi bagian gudang memiliki risiko dua. Setelah mengumpulkan hasil risiko untuk setiap proses produksi, rekap data berikut menunjukkan nilai risiko yang dihasilkan dari setiap proses produksi perusahaan kerupuk.

Tabel 6. Nilai level resiko berdasarkan HIRA

No	Proses Produksi	Level Resiko				Jumlah
		Rendah	Sedang	Tinggi	Ekstrim	
1	Gudang	0	6	9	0	15
2	Pembuatan adonan	4	6	0	0	10
3	Penggorengan kerupuk	10	6	18	0	34

Tabel nilai resiko di atas menunjukkan total nilai resiko untuk setiap proses produksi. pada usaha kerupuk pak Soleh. Nilai resiko tertinggi diberikan pada proses penggorengan kerupuk dengan nilai 32, nilai terendah diberikan pada proses produksi bagian gudang dengan nilai 15, dan nilai terendah diberikan pada proses pembuatan adonan dengan nilai 10.

Dari hasil tersebut terdapat tiga resiko tinggi yang diperoleh dari hasil temuan yaitu pada proses pengukusan dan proses penggorengan. Pada proses pengukusan mempunyai potensi bahaya dikarenakan proses produksi masih menggunakan cara dan alat tradisional, masih menggunakan kayu bakar sebagai bahan bakar utama. Potensi bahaya yang terdapat pada proses pengukusan yaitu sesak napas akibat dari asap pembakaran, melepuh akibat air panas untuk mengukus, terpeleset atau terjadi akibat dari lantai yang basah, serta suhu ruangan yang cukup panas.

Pada proses pengambilan atau pemindahan bahan baku. Pada proses tersebut mempunyai potensi bahaya dikarenakan masih menggunakan cara pemindahan manual. Potensi bahaya yang terdapat pada proses pengambilan bahan baku yaitu tertimpa bahan baku, terpeleset atau terjatuh, terjepit, hingga keluhan sakit pada tulang punggung.

Dari hasil penelitian terdapat tiga resiko sedang yaitu pada proses penyiapan bahan baku, proses pencetakan, dan proses pendinginan. Potensi bahaya pada proses penyiapan bahan yaitu sesak napas akibat tepung yang bertebaran diudara, terpeleset atau terjatuh, tertimpa bahan baku, terjepit, tergores atau terluka. Pada proses pencetakan yaitu terjepit, teriris atau terpotong pisau. Pada proses pendinginan yaitu terpeleset atau terjatuh akibat lantai basah.

Dan terdapat empat resiko rendah yaitu pada proses pencampuran, proses pengadonan, proses penjemuran dan

proses pembungkusan kerupuk.

b. JSA

Berikut adalah informasi yang telah dikumpulkan tentang operasi di gudang, pembuatan adonan, dan penggorangan kerupuk di bisnis kerupuk Pak Soleh yang berkaitan dengan JSA.

1) Gudang

Terdapat dua tahapan kerja pada bagian gudang, yaitu pengambilan bahan baku dan persiapan bahan yang memiliki potensi bahaya terpeleset atau terjatuh, tertimpa material bahan baku, sesak napas terkena tepung yang beterbangan di udara, terjepit dan tergores. Yang terjadi pada saat pekerja mengangkat atau membawa bahan, dan pekerja tidak menggunakan APD yang sesuai pada saat melakukan aktivitas tersebut. Maka tindakan pengendalian yang dilakukan dengan menempatkan bahan secara teratur dan tersusun dengan benar di tempatnya. Tindakan selanjutnya dengan menggunakan APD terutama *safety shoes*, sarung tangan dan juga menggunakan masker.

2) Pembuatan adonan

Pada proses pembuatan adonan terdapat tiga tahapan kerja, yaitu proses pencampuran, proses pengadonan dan proses pencetakan yang memiliki potensi bahaya terjepit, sesak napas terkena tepung yang beterbangan di udara, dan tangan teriris pisau pemotong. Terjadi akibat tidak menggunakan APD pada saat menjalankan aktivitas, sehingga beresiko menyebabkan kecelakaan kerja. APD, seperti masker dan sarung tangan, digunakan untuk mengontrol, serta mengedukasi pekerja tentang keselamatan kerja.

3) Penggorengan kerupuk

Pada proses penggorengan kerupuk terdapat empat tahapan kerja, yaitu proses pengukusan, proses pendinginan, proses penjemuran dan proses penggorengan yang memiliki potensi bahaya tangan melepuh, suhu ruangan panas, sesak napas akibat asap pembakaran, terpeleset akibat lantai basah, terpeleset akibat lantai berminyak, tertimpa papan penjemuran, terjepit dan resiko terkena air panas dan minyak panas. Dapat terjadi karena tidak menggunakan APD yang sesuai saat melakukan suatu aktivitas, sehingga beresiko dapat menyebabkan kecelakaan kerja. APD, seperti masker dan sarung tangan, digunakan untuk mengontrol, *safety shoes* dan menggunakan peralatan produksi yang aman seperti alat serok penggorengan yang panjang.

4) Proses pembungkusan

Pada proses pembungkusan dapat menimbulkan resiko yang menyebabkan cedera, yaitu tangan dapat terluka bahkan dapat menimbulkan cedera berat, akibat terkena gunting pada saat memotong tali untuk pengikat bungkus kerupuk. APD, seperti masker dan sarung tangan, digunakan untuk mengontrol dan kondisi lokasi yang terang.

KESIMPULAN (CONCLUSION)

Berdasarkan hasil pembahasan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil identifikasi bahaya, terdapat tiga risiko atau bahaya yang memiliki nilai resiko tinggi, masing-masing bahaya dinilai berdasarkan terjadinya kecelakaan dan tingkat keparahan cedera atau kerusakan, yaitu proses penggorengan kerupuk, aktivitas pengambilan bahan baku dari gudang, dan aktivitas pembuatan adonan pada proses pengukusan yang dilakukan secara manual menggunakan kayu bakar yang dapat berdampak pada kecelakann pada pekerja seperti sesak napas, luka bakar dan luka melepuh akibat kena api panas.
2. Untuk bisnis kerupuk Pak Soleh, nilai level resiko dihitung berdasarkan nilai tertinggi. Proses penggorengan kerupuk memiliki nilai resiko sebesar 34, aktivitas gudang memiliki nilai resiko sebesar 15, dan pembuatan adonan memiliki nilai resiko sebesar 10.
3. Salah satu cara untuk mengendalikan risiko di tempat kerja adalah dengan memberikan pelatihan K3 kepada karyawan untuk meningkatkan pengetahuan dan keterampilan mereka serta meningkatkan kesadaran akan pentingnya K3 di lingkungan kerja seperti menggunakan APD secara lengkap di area kerja yang memiliki nilai level risiko tinggi serta memberi rambu-rambu bahaya di area kerja yang memiliki level risiko tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

Akbar, A, H, S (2021), Analisis Potensi Resiko Bahaya Menggunakan Metode *Hazard Identification And Risk Assessment* (HIRA) Dan *Job Safety Analysis* (JSA) Guna Meminimalkan Kecelakaan, *Skripsi Teknik Industri*, Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.

- Albar, M, E, Parinduri, L., Sibuea, S., R (2022), Analisis Potensi Kecelakaan Menggunakan Metode Hazard Identification And Assessment (HIRA), *Buletin Utama Teknik*, Fakultas Teknik, Universitas Islam Sumatera Utara, 17(3), 241 – 245.
- Biantoro, W, A, Kholil, M., Pranoto, H (2019), *Sistem dan Manajemen K3 Perspektif Dunia Industri dan Produktivitas Kerja*, Jakarta : Mitra Wacana Media.
- Maghfira, A, Pratama, A. H., Paotonan, C (2023), Analisis Risiko Kecelakaan Kerja Pada Pekerjaan Instalasi Bangunan Lepas Pantai Dengan Menggunakan Metode Job Safety Analysis (JSA), *Jurnal SENSISTEK*, Fakultas Teknik, Universitas Hasanudin, 6(2), 1 – 8.
- OHAS, 1. (2007). 18001:2007, Occupational Health and Assessment Series.
- Tanisri, R. H. A., Kharisno., Siregar, D. (2022). Pengendalian Bahaya dan Risiko K3 Menggunakan Metode HIRADC dan FTAPada Industri Kerupuk, *Journal of Industrial and Engineering System (JIES)*, Universitas Bhayangkara Jakarta Raya, 3(2), 128-139.