



Similarity Report

Metadata

Name of the organization

Universitas Muhammadiyah Sidoarjo

Title

Jurnal ardian terbaru 1 090425

Author(s) Coordinator

perpustakaan umsidaprist

Organizational unit

Perpustakaan

Alerts

In this section, you can find information regarding text modifications that may aim at temper with the analysis results. Invisible to the person evaluating the content of the document on a printout or in a file, they influence the phrases compared during text analysis (by causing intended misspellings) to conceal borrowings as well as to falsify values in the Similarity Report. It should be assessed whether the modifications are intentional or not.

Characters from another alphabet		0
Spreads		0
Micro spaces		1
Hidden characters		0
Paraphrases (SmartMarks)		31

Record of similarities

SCs indicate the percentage of the number of words found in other texts compared to the total number of words in the analysed document. Please note that high coefficient values do not automatically mean plagiarism. The report must be analyzed by an authorized person.

**25**

The phrase length for the SC 2

5010

Length in words

36501

Length in characters

Active lists of similarities

This list of sources below contains sources from various databases. The color of the text indicates in which source it was found. These sources and Similarity Coefficient values do not reflect direct plagiarism. It is necessary to open each source, analyze the content and correctness of the source crediting.

The 10 longest fragments

Color of the text

NO	TITLE OR SOURCE URL (DATABASE)	NUMBER OF IDENTICAL WORDS (FRAGMENTS)
1	https://motivection.imeirs.org/index.php/motivection/article/view/324	53 1.06 %
2	Analisis Penyebab dan Solusi Masalah Durasi Overhaul Dump Truck Komatsu HD 785-7 Tidak Sesuai Rencana Latif Akhmad Abdul, Nurhadi Nurhadi;	44 0.88 %
3	http://eprints.itn.ac.id/12741/7/DAFTAR%20PUSTAKA.pdf	32 0.64 %
4	https://jurnal.stmi.ac.id/index.php/jocss/article/view/139	31 0.62 %

5	Analisis Risiko Teknologi Informasi Menggunakan Metode FMEA dan SAW dengan COBIT 5 Andri Andri,Pinem Anjar, Panjaitan Erwin Setiawan;	27	0.54 %
6	https://sipora.polije.ac.id/9576/2/DAFTAR%20PUSTAKA.pdf	26	0.52 %
7	https://jurnal.peneliti.net/index.php/JIWP/article/download/3867/2792/	26	0.52 %
8	https://archive.umsida.ac.id/index.php/archive/preprint/download/3305/23713/26698	23	0.46 %
9	https://lib.unnes.ac.id/36161/1/5201415025_Optimized.pdf	21	0.42 %
10	https://motivection.imeirs.org/index.php/motivection/article/view/324	19	0.38 %

from RefBooks database (3.11 %)

NO	TITLE	NUMBER OF IDENTICAL WORDS (FRAGMENTS)
Source: Paperity		
1	Analisis Penyebab dan Solusi Masalah Durasi Overhaul Dump Truck Komatsu HD 785-7 Tidak Sesuai Rencana Latif Akhmad Abdul, Nurhadi Nurhadi;	50 (2) 1.00 %
2	Analisis Risiko Teknologi Informasi Menggunakan Metode FMEA dan SAW dengan COBIT 5 Andri Andri,Pinem Anjar, Panjaitan Erwin Setiawan;	27 (1) 0.54 %
3	Analisis Kerusakan Mesin CNC Milling Menggunakan Metode Fault Tree Analysis (FTA) Dan Failure Mode And Effect Analysis (FMEA) (Studi Kasus Mesin CNC Milling Di Lab. Jurusan Teknik Mesin, Universitas Riau) Anita Susilawati,Saputra Rio Agus;	18 (2) 0.36 %
4	Modifikasi Sistem Kendali Pneumatik Alat Press Tread Pada Building Section Mesin 02.03 Tire Motorcycle Cahyono Muhammad Ridwan Arief,Bayu Ismoyo;	14 (1) 0.28 %
5	Peningkatan Produktivitas Departemen Vacuum dengan Total Productive Maintenance (TPM) melalui Perhitungan Overall Equipment Effectiveness (OEE) dan Six Big Losses Mesin CNC Vacuum Thermoforming Geiss T10 di PT XYZ Uman Rizza Fakhru, Ratih Setyaningrum,Pamungkas Yuda Kesuma Putra;	14 (1) 0.28 %
6	Predictive Sparepart Maintenance Menggunakan Algoritma Machine Learning Extreme Gradient Boosting Regressor Syam Rahmat Fuadi,Usman Syahrul;	11 (1) 0.22 %
7	PENJADWALAN PERAWATAN MESIN PRESSURE JET INCINERATOR DENGAN METODE RCM BERDASAR DOWNTIME ANALYSIS DAN FMEA Budiharjo;	11 (1) 0.22 %
8	Identifikasi Kerusakan Pada Screw Press AP-12 Dengan Menggunakan Metode Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) DI PT. ABC Simamora Gracia Tio Humbang,Erwin Pardede;	6 (1) 0.12 %
9	Implementasi PDCA Untuk Meningkatkan Kualitas Produk Roti Falah Atta Luthfi Nurul,Ari Zaqi Al Faritsy;	5 (1) 0.10 %

from the home database (0.00 %)

NO	TITLE	NUMBER OF IDENTICAL WORDS (FRAGMENTS)
from the Database Exchange Program (0.00 %)		
NO	TITLE	NUMBER OF IDENTICAL WORDS (FRAGMENTS)
from the Internet (8.26 %)		

NO	SOURCE URL	NUMBER OF IDENTICAL WORDS (FRAGMENTS)
1	https://motivection.imeirs.org/index.php/motivection/article/view/324	100 (5) 2.00 %
2	https://jurnal.peneliti.net/index.php/JIWP/article/download/3867/2792/	65 (5) 1.30 %
3	http://perpustakaan.poltekkes-malang.ac.id/assets/file/jurnal/7th_Proceeding_Conference_On_Safety_Engineering_and_It's_Application_2023.pdf	41 (4) 0.82 %
4	http://eprints.itn.ac.id/12741/7/DAFTAR%20PUSTAKA.pdf	32 (1) 0.64 %
5	https://jurnal.stmi.ac.id/index.php/jocss/article/view/139	31 (1) 0.62 %
6	https://sipora.polije.ac.id/9576/2/DAFTAR%20PUSTAKA.pdf	26 (1) 0.52 %
7	https://archive.umsida.ac.id/index.php/archive/preprint/download/3305/23713/26698	23 (1) 0.46 %
8	https://lib.unnes.ac.id/36161/1/5201415025_Optimized.pdf	21 (1) 0.42 %
9	https://ejournal.uin-suska.ac.id/index.php/sitekin/article/view/21809	16 (1) 0.32 %
10	https://repositori.uma.ac.id/jspui/bitstream/123456789/11215/1/158150017%20-%20Rizky%20Ardyansyah%20-%20Fulltext.pdf	14 (1) 0.28 %
11	http://repository.maranatha.edu/25420/2/1457002_Chapter1.pdf	11 (1) 0.22 %
12	https://archive.umsida.ac.id/index.php/archive/preprint/download/2270/16033/17859	10 (1) 0.20 %
13	http://library.poltekkesdepkes-sby.ac.id/public/TEKMED/SNITT 2024.pdf	10 (1) 0.20 %
14	https://eproceeding.itenas.ac.id/index.php/fti/article/download/608/498/531	8 (1) 0.16 %
15	https://core.ac.uk/download/588309553.pdf	6 (1) 0.12 %

List of accepted fragments (no accepted fragments)

NO	CONTENTS	NUMBER OF IDENTICAL WORDS (FRAGMENTS)
12 Page		
Analisa Perawatan Mesin CNC Milling Menggunakan Metode Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) di PT. IJA Surabaya		
Ardiansyah Eko Saputra ¹ , Tedjo Sukmono ^{*2}		
1) , 2) Program Studi Teknik Industri, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia		
Email Korespondensi: ardiansyaheko22@gmail.com		
*Email Korespondensi: thedjoss@umsida.ac.id		
Page 1		
Page		
Page 3		

Abstract. Milling machines are essential in machining processes, producing high-precision components in the manufacturing industry. However, their performance is often hindered by technical issues due to component failures, emphasizing the need for effective maintenance analysis to ensure operational continuity. This study analyzes the maintenance of CNC milling machines at PT. IJA Surabaya using the Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) methodology. The approach involves identifying potential failure modes, assessing their effects and causes, and calculating the Risk Priority Number (RPN) for various components. Data collection includes evaluating severity (S), occurrence (O), and detection (D) scores on a scale of 1 to 10, which are then used to derive the RPN. The analysis reveals that the spindle component is the most critical, with failure modes of wear or seizing impacting production accuracy. The primary causes identified are inadequate lubrication and overloading, resulting in an RPN of 240, categorized as very high risk. The air supply component follows with an RPN of 210. Recommended preventive measures include establishing a routine lubrication schedule and implementing load monitoring protocols. The findings of this study aim to guide the company in developing more effective and efficient maintenance strategies, enhancing operational reliability and product quality.

Keywords - FMEA, machine maintenance, CNC milling, Risk Priority Number

Abstrak. Kinerja mesin ini sering terganggu oleh masalah teknis akibat kegagalan komponen, sehingga analisis perawatan yang efektif sangat penting

untuk menjaga operasional. Sebanyak 20% waktu produksi terbuang untuk rework akibat cacat produk. Pelaksanaan perawatan (maintenance) merupakan salah satu faktor yang dapat memengaruhi kualitas produk serta menjadi salah satu faktor keberhasilan perusahaan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perawatan mesin CNC milling di PT. IJA Surabaya dengan menggunakan metode Failure Mode and Effects Analysis (FMEA). Pemberian nilai SOD berupa skor dengan skala 1-10 yang kemudian digunakan untuk menentukan nilai RPN. Penentuan skor ini berdasarkan hasil pengamatan langsung pada mesin. Nilai RPN kemudian digunakan untuk perencanaan perawatan mesin CNC milling. Hasil analisis menunjukkan bahwa komponen spindel merupakan yang paling kritis, dengan mode kegagalan berupa aus atau macet yang berdampak pada ketidakpresision hasil produksi. Penyebab utama kegagalan ini diidentifikasi sebagai pelumasan yang buruk dan overloading, dengan RPN tertinggi mencapai 240, yang dikategorikan sebagai sangat tinggi. Tindakan pencegahan yang direkomendasikan meliputi penjadwalan pelumasan rutin dan monitoring beban. **Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan bagi perusahaan dalam merumuskan strategi perawatan yang** lebih efektif dan efisien.

Kata kunci - FMEA, perawatan mesin, CNC milling, Risk Priority Number

1. I. Pendahuluan

Mesin yang digunakan dalam penelitian ini adalah jenis mesin CNC milling. Mesin digunakan untuk memotong aluminium. Mesin ini beroperasi secara terus-menerus sehingga rentan mengalami kerusakan. Hasil studi lapangan diketahui dalam waktu dua tahun mesin CNC milling memiliki jumlah frekuensi kerusakan yang cukup banyak, yaitu sebanyak 31 kali. Berdasarkan pengamatan di lokasi, kerusakan yang sering terjadi adalah mesin cutter yang digunakan untuk pemotongan aluminium mudah tumpul dan kerusakan bearing rel yang mudah berkarat (permukaannya tidak lagi rata). Hal tersebut berdampak beberapa kerugian bagi PT. IJA Surabaya. Kerugian ini berupa kerugian waktu karena penurunan produktivitas mesin dan terganggunya proses produksi. Data Perusahaan menunjukkan bahwa sebanyak 20% waktu produksi terbuang untuk rework akibat cacat produk yang dihasilkan oleh mesin CNC milling yang tidak beroperasi secara optimal. Mesin yang tidak bekerja dengan optimal menyebabkan downtime selama 30 jam dengan potensi kerugian pendapatan sebesar dengan kapasitas produksi 15 ton per jam dan harga jual aluminium Rp50.000.000 per ton, sehingga potensi kerugian pendapatan mencapai Rp30.000.000.000; tambahan 100 ton produk cacat memerlukan biaya rework sebesar Rp5.000.000 per ton, mengakibatkan kerugian Rp500.000.000; serta hilangnya efisiensi produksi sebesar 10% berdampak pada penurunan output 450 ton, dengan potensi kerugian pendapatan mencapai Rp22.500.000.000, sehingga total kerugian diperkirakan mencapai Rp53.000.000.000. Kerusakan ini akan berdampak dalam berkurangnya keuntungan yang dihasilkan oleh perusahaan karena terhentinya proses produksi. Dampak kerugian yang terjadi menekan visi perusahaan yang salah satunya merupakan upaya menekankan tingkat breakdown time tahun 2023 sebesar 20,5% menjadi 10% di tahun 2024 ini. Oleh karena itu, diperlukan suatu rencana perawatan mesin CNC untuk meminimalisir terjadinya kerusakan. Comment by HP: Kerugian waktu ..berapa kerugian waktunya...>??? Sebutkan.....

Comment by HP: Masukkan ke dalam Abstrak

Comment by Software Solution: selesai

Pelaksanaan perawatan (maintenance) merupakan salah satu faktor yang dapat memengaruhi kualitas produk serta menjadi salah satu faktor keberhasilan perusahaan. Pelaksanaan pemeliharaan ini sering kali kurang diperhatikan dan sering terlupakan dalam rangkaian kegiatan produksi. Keterikatan yang terjadi dalam kegiatan maintenance ini dapat memengaruhi kualitas produk. Predictive maintenance merupakan metode dalam perawatan sebuah mesin yang dapat diartikan sebagai strategi perawatan yang pelaksanaannya didasarkan pada kondisi mesin itu sendiri . Pentingnya pelaksanaan perawatan mesin CNC, mendorong kegiatan penelitian ini yang bertujuan untuk mengetahui rencana perawatan pada mesin CNC milling dengan metode Failure Mode Effect Analysis (FMEA). Metode FMEA adalah metode analisis bahaya/kegagalan kualitatif yang digunakan untuk mengenali bagaimana suatu fasilitas, peralatan, atau sistem dapat gagal dan kemungkinan konsekuensinya. Metode FMEA umum digunakan untuk menganalisis potensi bahaya atau kegagalan pada setiap komponen-komponen mesin. Potensi bahaya yang teridentifikasi dikelompokkan berdasarkan tingkat keparahan dan kemungkinan dampaknya terhadap komponen mesin.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tindakan yang efektif untuk komponen perawatan mesin CNC milling di PT. IJA Surabaya. Berdasarkan analisis hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan masukan dan rekomendasi kepada perusahaan dalam perawatan breakdown pada mesin CNC menggunakan metode Failure Mode Effect Analysis (FMEA), sehingga dapat menentukan prioritas risiko, merancang perawatan preventif yang lebih efektif, dan meminimalkan downtime mesin. Dampak positif yang diharapkan meliputi pengurangan biaya tak terduga yang mungkin terjadi, perpanjangan usia pakai mesin, dan pengurangan risiko keterlambatan produksi di PT. IJA Surabaya. Comment by HP: Disini tuliskan tujuan penelitian ini. apa sesuai dengan proposal kemarin. (dalam bentuk kalimat) Comment by Software Solution: tujuan sudah sesuai dengan proposal Pak

2. II. Metode

Penelitian dilakukan pada mesin CNC milling di perusahaan manufaktur PT. IJA Surabaya, Jawa Timur. Pengambilan data dilakukan menggunakan sumber data primer dan sekunder. Pengambilan data primer dilakukan dengan wawancara langsung dengan supervisor bagian maintenance PT. IJA Surabaya dan observasi langsung di PT. IJA Surabaya. Data primer yang digunakan berupa data frekuensi breakdown mesin dan jadwal operasi mesin . Data sekunder yang digunakan berupa data pendukung penelitian dari berbagai sumber berupa review, penelitian terdahulu, dokumen perusahaan dan data lainnya . Metode FMEA digunakan untuk mengevaluasi suatu sistem berdasarkan pola kegagalan yang terdiri dari komponen sistem serta menganalisa pengaruhnya. Tahapan penelitian ini disajikan pada Gambar 1.

Gambar 1 Tahapan Penelitian

Analisis FMEA dilakukan dengan menetapkan nilai Risk Priority Number (RPN). Nilai RPN dapat menunjukkan tingkatan prioritas kegagalan sistem untuk menetapkan tindakan perbaikan yang efektif. Penentuan tindakan untuk mengetahui pola kegagalan masuk dalam beberapa kategori tindakan.

Perhitungan nilai RPN diawali dengan identifikasi komponen mesin, identifikasi potensi kegagalan mesin, penentuan nilai severity (S), occurrence (O), dan detection (D) . Nilai severity (S) didapat dari efek yang ditimbulkan dan dilakukan penilaian tingkat severity efek pada kinerja mesin. Skala pengukuran dari nilai severity (S) disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1 Skala dan Kriteria Nilai severity (S)

Rank Skala Parameter Severity

Parameter Skala

1 Tidak ada akibat Tidak Ada Pengaruh

2 Sangat kecil Perangkat dinilai buruk akan tetapi kinerja perangkat masih cukup baik dan sistem serta mesin dapat berjalan dengan sempurna

- 3 Kecil Perangkat mengalami performa yang menurun akan tetapi sistem mesin masih dapat berjalan dengan sempurna
- 4 Sangat rendah Kerusakan perangkat mesin dapat menyebabkan pengaruh yang minim pada performa sistem pada mesin yang masih dapat beroperasi
- 5 Rendah Kerusakan perangkat mesin menyebabkan performa sistem menurun dengan cara bertahap akan tetapi, mesin dapat beroperasi dengan baik
- 6 Moderate Kerusakan perangkat mesin menyebabkan performa sistem mengalami penurunan drastis akan tetapi mesin dapat beroperasi dengan baik
- 7 Tinggi Kerusakan perangkat mesin menyebabkan sistem mati akan tetapi mesin dapat beroperasi secara normal
- 8 Sangat tinggi Kerusakan perangkat mesin menyebabkan mesin mati sehingga kehilangan fungsi utama perangkat
- 9 Sangat berbahaya Kerusakan perangkat mesin dapat menyebabkan kecelakaan kerja serta mesin tidak dapat beroperasi akan tetapi terdapat peringatan dini
- 10 Sangat berbahaya sekali Kerusakan komponen menyebabkan kecelakaan secara tiba-tiba dan membahayakan keselamatan kerja

Sumber:

Nilai occurrence (O) didapat dari penyebab-penyebab kegagalan dan dilakukan penilaian tingkat occurrence efek pada kinerja mesin. Skala nilai occurrence **dapat dilihat pada Tabel 2. Dari penyebab kegagalan yang telah diketahui, tentukan nilai detection (D) dari penyebab kegagalan.** Skala **nilai_detection dapat dilihat pada Tabel 3. Tabel 2 Skala dan Kriteria Nilai Occurrence (O)**

Rank	Skala Parameter Occurance
Parameter	Skala
1 Tidak pernah terjadi	Tidak Pernah Terjadi
2 Sangat jarang terjadi	Hampir tidak pernah dalam waktu > 15001 operasi
- 15000	operasi
4 Jarang terjadi	Jarang terjadi dalam waktu < 401 - 2000 operasi
5 Jarang terjadi	Rendah terjadi dalam waktu < 81 - 400 operasi
6 Jarang terjadi	Menengah terjadi < 21 - 80 operasi
7 Sering terjadi	Cukup tinggi dalam waktu < 9-20 operasi
8 Sering terjadi	Cukup tinggi dalam waktu < 5-8 operasi
9 Sangat Sering Terjadi	Sangat tinggi terjadi dalam waktu < 3-4 operasi
10 Sering terjadi dan tidak dapat dihindari	Hampir setiap saat terjadi dalam waktu < 1-2 kali operasi

Sumber:

Tabel 3 Skala dan Kriteria Nilai Detection (D)

Rank	Skala Parameter Detection
Akibat	Kriteria verbal
1	Dektesi dapat ditemukan dengan mudah Dapat menduga seringnya terjadi menyebabkan pada potensi penyebab dan kejadian
2	Sangat mudah terdeteksi Sangat mudah dikontrol guna menemukan penyebab potensi serta jenis kegagalan
3	Mudah terdeteksi Mudah terkontrol guna menemukan penyebab potensi dan ragam kegagalan selanjutnya
4	Untuk mendeteksi menengah ke atas Hampir mudah guna menemukan penyebab potensi dan ragam kegagalan yang dapat terjadi selanjutnya
5	Untuk terdeteksi sedang Hampir tidak mudah guna menemukan penyebab potensi serta ragam kegagalan yang dapat terjadi selanjutnya
6	Untuk terdeteksi rendah Rendah untuk menemukan penyebab potensi serta ragam kegagalan selanjutnya
7	Untuk terdeteksi sangat rendah Sangat rendah untuk menemukan penyebab potensi serta ragam kegagalan yang dapat terjadi selanjutnya
8	Sulit untuk terdeteksi Sulit untuk mengkontrol modifikasi untuk menemukan penyebab potensi dan ragam kegagalan yang dapat terjadi selanjutnya
9	Sangat sulit untuk terdeteksi Sangat sulit guna menemukan modifikasi untuk menemukan penyebab potensi dan ragam kegagalan yang dapat terjadi selanjutnya
10	Mustahil untuk terdeteksi Tidak akan terkontrol dan menemukan apa penyebab potensi kegagalan serta kerusakan yang dapat terjadi selanjutnya

Sumber:

Pemberian nilai SOD berupa skor dengan skala 1-10 yang kemudian digunakan untuk menentukan nilai RPN . Nilai RPN didapat dari hasil perkalian ketiga nilai SOD (Persamaan 1). Nilai RPN digunakan untuk mengetahui rasio prioritas dari setiap komponen. Berdasarkan nilai RPN yang didapat dari analisis terhadap FMEA dilakukan pemilihan tindakan yang efektif untuk setiap komponen mesin CNC milling .

$$RPN=S \times O \times D \quad (1)$$

3. III. Hasil dan Pembahasan

4. Identifikasi Komponen Berisiko pada Mesin CNC Milling

Nilai Severity (S) merupakan salah satu komponen penilaian dalam analisis menggunakan metode FMEA pada mesin CNC milling. Nilai SOD pada tiap komponen disajikan pada Tabel 4. Nilai Severity pada komponen mesin CNC Milling di PT. IJA Surabaya berkisar pada 6 hingga 10. Nilai tertinggi pada mode komponen kabel power dengan mode kegagalan kabel putus atau terbakar sehingga memiliki nilai tingkat keparahan mencapai 10. Skala nilai Severity dikategorikan dari 1 hingga 10, di mana nilai 1 menunjukkan dampak minimal, sedangkan nilai 10 menunjukkan dampak sangat kritis yang dapat menyebabkan kerugian besar. Skala yang digunakan dapat mengidentifikasi dan memprioritaskan risiko secara efektif, memungkinkan pengambilan langkah perbaikan yang tepat .

Tabel 4 Nilai SOD Komponen Mesin CNC Milling di PT. IJA Surabaya

No	Komponen	Mode Kegagalan	S	Efek O	Penyebab Kegagalan	D	RPN	Total RPN
Kegagalan								
1	Spindel	Aus atau macet	9	Penurunan efisiensi	7	Pelumasan buruk	6	378 933
		Bearing wear	8	Kebisingan tinggi	6	Overloading	5	240
		Overheating	9	Getaran berlebihan	7	Kontaminasi debu	5	315
2	Filter udara	Tersumbat	7	Overheating mesin	6	Debu atau kotoran menumpuk	5	210 510
		Kebocoran	6	Penurunan efisiensi sistem filtrasi	5	Paparan terus-menerus terhadap polutan dengan konsentrasi tinggi	5	150
		Filter saturation	6	Tidak dapat menahan partikel tambahan	5	Pemasangan yang tidak benar	5	150
3	Air supply	Bocor	8	Kinerja pneumatis terganggu	7	Konektor rusak	6	336 882
		Kontaminasi udara	7	Udara tidak stabil	6	Filter udara aus	5	210
		Kegagalan regulator udara	8	Udara tidak stabil	7	Filter udara aus	6	336
4	Pompa coolant	Tidak mengalirkan coolant	7	Overheating pada alat	5	Penumpukan kotoran	6	210 630
		Kebocoran	7	Penurunan efisiensi	6	Kerusakan pada pipa pompa	5	210
		Penyumbatan saluran pompa	7	Penurunan efisiensi	6	Kerusakan pada pipa pompa	5	210
5	Servo	Tidak responsif	9	Kerusakan posisi alat	7	Kabel atau motor rusak	6	378 666
		Kerusakan pada motor servo	8	Motor servo tidak berputar	6	Bearing rusak	6	288
6	Kabel power	Kabel putus atau terbakar	10	Kerusakan kelistrikan mesin	5	Kelebihan arus	5	250 460
		Isolasi kabel rusak	7	Paparan suhu tinggi	6	Korsleting	5	210
7	V belt pada alat pencekam	Slip atau putus	8	Alat pencekam tidak bekerja optimal	6	Tegangan terlalu tinggi atau rendah	6	
		Kelebihan ketegangan	7	Alat pencekam tidak bekerja optimal	6	Pemasangan terlalu tinggi atau rendah	5	210
8	Mata bor	Aus	9	Proses pengeboran tidak efektif	7	Penggunaan berlebihan	6	378 714
		Patah atau retak	8	Proses pengeboran tidak efektif	7	Gaya pemotongan terlalu besar	6	336
9	Spindel belt	Slip atau putus	8	Mesin tidak berfungsi optimal	7	Tegangan tidak sesuai	6	336 546
		Aus	7	Spindel belt tidak berputar	6	Penggunaan terlalu lama	5	210
10	Filter mesin	Tersumbat	7	Kejadian mesin terganggu	7	Kotoran menumpuk	6	294 444
		Instalasi tidak tepat	5	150		Filter lepas	6	Udara tidak terfilter dengan baik

Hasil analisis tingkat keparahan Severity tertinggi terdapat pada mode kegagalan kabel putus atau terbakar. Hal ini menunjukkan bahwa kabel power yang mengalami kegagalan putus atau terbakar dapat mengakibatkan konsekuensi serius, seperti kerusakan kelistrikan mesin serta penghentian total operasional mesin yang menyebabkan downtime signifikan dan kerugian ekonomi. Occurrence atau tingkat kejadian merupakan parameter penting yang menggambarkan seberapa sering suatu mode kegagalan kemungkinan akan terjadi. Pada penelitian ini nilai occurrence komponen berkisar pada nilai 5 - 7. Nilai occurrence tertinggi tertinggi dari hasil pengamatan pada mesin CNC milling yaitu mencapai nilai 7 (sering terjadi). Mode kegagalan dengan nilai 7 seperti aus atau macet, overheating, dan putus atau terbakar pada komponen mesin CNC milling di PT. IJA Surabaya diketahui dapat menyebabkan breakdown pada 10 hingga 16 operasi mesin. Hal ini menandakan bahwa mode kegagalan tersebut adalah masalah yang sering terjadi dan memerlukan perhatian khusus. Hasil ini sejalan dengan penelitian Fauzia et al. yang menyatakan bahwa nilai occurrence **berhubungan dengan estimasi jumlah kegagalan kumulatif yang muncul akibat suatu penyebab tertentu pada mesin**. Mitigasi yang dapat dilakukan antara lain jadwal pemeliharaan rutin, seperti pembersihan komponen, inspeksi visual untuk mendeteksi kebocoran, dan penggantian filter yang sudah aus. Selain itu, memastikan pemasangan komponen yang benar juga dapat mengurangi risiko kegagalan akibat kebocoran. Langkah-langkah ini dirancang untuk menurunkan tingkat kejadian mode kegagalan, sehingga meningkatkan keandalan sistem dan mengurangi downtime mesin CNC milling.

Nilai occurrence tinggi yang menyebabkan kejadian breakdown mesin tinggi juga ditemukan pada mode kegagalan tersumbat pada filter mesin dengan kejadian breakdown mencapai 15 hingga 18 operasi. Tingginya tingkat kejadian breakdown pada filter mesin menjadikannya masuk dalam kategori sering terjadi. Filter mesin adalah komponen penting dalam sistem yang berfungsi untuk menyaring kotoran dan partikel dari fluida yang mengalir melalui mesin. Tingginya tingkat kejadian breakdown pada filter mesin disebabkan oleh beberapa faktor utama, seperti akumulasi partikel kotoran dan instalasi komponen yang tidak tepat. Selain itu, kondisi lingkungan kerja yang penuh debu atau polutan, serta penggunaan mesin secara terus-menerus tanpa jeda pemeliharaan, mempercepat proses penyumbatan atau kerusakan filter. Hasil ini sejalan dengan penelitian Candra dan aquarista menunjukkan bahwa kegagalan pada sistem filtrasi dapat berdampak negatif pada kinerja mesin milling, mengakibatkan penurunan produktivitas dan kualitas hasil akhir.

Dampak dari kegagalan filter mesin sangat signifikan. Filter yang tidak berfungsi optimal dapat mengurangi efisiensi sistem pendinginan atau filtrasi, memungkinkan kontaminan masuk ke dalam sistem mesin, yang berisiko merusak komponen vital seperti pompa, motor, atau aktuator. Kondisi ini dapat mengganggu proses pemesinan, meningkatkan risiko downtime, dan mengakibatkan biaya perbaikan yang lebih tinggi. Untuk mengurangi risiko ini, pemeliharaan preventif harus menjadi prioritas. Langkah-langkah seperti pembersihan filter secara rutin, penggantian filter pada interval yang ditentukan, dan pemeriksaan berkala terhadap kondisi filter sangat penting untuk memastikan kinerja optimal dan meminimalkan kemungkinan breakdown. Hal ini juga menekankan pentingnya pemilihan filter berkualitas tinggi yang sesuai dengan kebutuhan operasional mesin CNC milling.

Detection (Deteksi) dalam metode FMEA (Failure Mode and Effects Analysis) merujuk pada kemampuan sistem atau proses untuk mendeteksi kegagalan atau masalah yang terjadi pada suatu komponen atau sistem sebelum kegagalan tersebut menyebabkan kerusakan lebih lanjut atau dampak negatif yang besar. Nilai detection pada mode kegagalan di komponen mesin CNC Milling PT. IJA Surabaya berkisar pada 5 hingga 6 dengan 5 masuk dalam kategori terdeteksi sedang dan 6, terdeteksi rendah. Mode kegagalan dapat berdampak signifikan, termasuk penurunan efisiensi mesin yang memengaruhi produktivitas, peningkatan kebisingan yang menandakan masalah pada bearing atau komponen lainnya, serta getaran berlebihan akibat ketidakseimbangan atau keausan yang berpotensi merusak komponen lain. Penyebab utama kegagalan pada penelitian ini meliputi penggunaan yang melampaui spesifikasi, kondisi lingkungan buruk seperti debu, kelembapan, atau suhu ekstrem, serta kurangnya pelumasan yang memadai, yang meningkatkan gesekan dan mempercepat keausan pada bearing. Deteksi dini dapat dilakukan dengan pemantauan suara, analisis getaran, dan pemeriksaan visual untuk mengidentifikasi tanda-tanda awal kerusakan atau keausan. Pemahaman ini penting untuk mendukung penerapan langkah-langkah pemeliharaan yang tepat, sehingga kerusakan lebih lanjut dapat dicegah dan kinerja optimal mesin spindel dapat dipertahankan.

Nilai Risk Priority Number (RPN)

Nilai RPN tiap-tiap komponen disajikan pada Tabel 4. Berdasarkan hasil analisis identifikasi penyebab kegagalan mesin milling menggunakan metode FMEA, menunjukkan komponen spindel memiliki total nilai RPN paling tinggi diantara komponen mesin yang lain. Total nilai RPN dari spindel yaitu 933 dan komponen air supply menjadi komponen kedua yang memiliki total nilai RPN tertinggi yaitu 882. Pelumasan yang tidak memadai dapat menyebabkan gesekan berlebih antara komponen bergerak, sedangkan overloading dapat terjadi jika beban kerja melebihi kapasitas desain mesin. Pemeliharaan yang tidak teratur dan kurangnya pemantauan terhadap kondisi mesin sering kali menjadi faktor penyebab utama kerusakan pada komponen mesin CNC .

Total nilai RPN untuk spindel adalah 933, yang menunjukkan tingkat risiko yang sangat tinggi. Untuk mengurangi risiko kegagalan pada spindel, beberapa tindakan pencegahan yang diusulkan meliputi: (1) Jadwal Pelumasan Rutin: Melakukan pelumasan secara berkala untuk memastikan bahwa semua bagian bergerak mendapatkan pelumasan yang cukup. (2) Monitoring Beban: Memantau beban kerja secara real-time untuk memastikan bahwa tidak ada overloading pada komponen spindel.

Nilai RPN untuk filter udara adalah 510, yang menunjukkan tingkat risiko yang tinggi. Untuk mengurangi risiko kegagalan pada filter udara, tindakan pencegahan yang disarankan yaitu melakukan pembersihan rutin pada filter udara atau menggantinya sesuai dengan jadwal pemeliharaan akan membantu memastikan aliran udara tetap optimal dan mencegah penumpukan debu. Monitoring Kondisi Lingkungan dapat dilakukan dengan memantau kondisi lingkungan di sekitar mesin untuk mengurangi jumlah debu dan kotoran yang dapat masuk ke dalam sistem . Total nilai RPN pada komponen pompa coolant menunjukkan bahwa risiko kegagalan pompa coolant tergolong tinggi yaitu 630. Untuk mengurangi risiko kegagalan pompa coolant, beberapa tindakan pencegahan dan perbaikan yang direkomendasikan meliputi: (a) Lakukan inspeksi rutin pada pompa untuk mendeteksi kerusakan lebih awal. (b) bersihkan saluran pompa secara berkala untuk mencegah penyumbatan. (c) implementasikan program pemeliharaan preventif untuk memastikan semua komponen berfungsi dengan baik dan terjaga kebersihannya .

Total nilai RPN dalam komponen ini menunjukkan bahwa risiko kegagalan servo tergolong tinggi (666) dan memerlukan perhatian segera. Untuk mengurangi risiko kegagalan servo motor, beberapa tindakan pencegahan dan perbaikan yang direkomendasikan meliputi: Periksa kabel secara berkala untuk mendeteksi kerusakan lebih awal. Lakukan kalibrasi rutin untuk memastikan bahwa servo motor beroperasi dalam parameter yang benar. Dengan melakukan tindakan-tindakan tersebut, diharapkan risiko kegagalan pada sistem kontrol servo dapat diminimalisir, sehingga meningkatkan keandalan operasional alat. Metode FMEA memberikan pendekatan sistematis untuk mengidentifikasi dan mengelola risiko terkait dengan servo motor dalam mesin CNC. Dengan menerapkan FMEA, perusahaan dapat meningkatkan keandalan operasional dan mengurangi downtime akibat kegagalan komponen, sehingga meningkatkan efisiensi produksi secara keseluruhan .

Total nilai RPN pada komponen kabel power menunjukkan nilai 460, berdasarkan nilai RPN tersebut, kategori risiko adalah rendah, yang menunjukkan perlunya perhatian untuk mencegah kegagalan lebih lanjut. Kegagalan ini biasanya disebabkan oleh kelebihan arus, yang dapat mengakibatkan kerusakan kelistrikan pada mesin . Efek dari kegagalan ini adalah kerusakan kelistrikan mesin, yang dapat mengganggu operasi dan menyebabkan kerugian finansial akibat downtime dan biaya perbaikan. Kelebihan arus dapat terjadi karena adanya arus listrik yang mengalir melebihi kapasitas maksimum kabel, menyebabkan overheating dan kerusakan pada isolasi kabel . Selain kelebihan arus, penyebab kerusakan kabel juga dapat disebabkan oleh kerusakan mekanis. Kerusakan Mekanis dapat terjadi akibat tekanan fisik dari luar, seperti getaran atau benturan, yang merusak struktur kabel .

2 | Page

Untuk mengurangi risiko kegagalan kabel power, tindakan pencegahan yang efektif perlu diterapkan. Pemeriksaan berkala terhadap kondisi kabel sangat penting untuk mendeteksi tanda-tanda kerusakan sebelum berkembang menjadi masalah serius. Menurut penelitian, pemeliharaan preventif dapat meningkatkan ketahanan dan efisiensi peralatan listrik, serta memperpanjang umur peralatan dengan mengurangi risiko terjadinya kegagalan atau kerusakan . Selain itu, penggantian kabel yang usang dan pemasangan pelindung fisik di area rawan kerusakan juga direkomendasikan untuk melindungi kabel dari benturan atau tekanan eksternal. Memasang pelindung seperti circuit breaker dapat membantu mencegah korsleting dan melindungi sistem kelistrikan dari lonjakan arus berlebih . Dengan langkah-langkah preventif ini, risiko kegagalan dapat diminimalkan, sehingga menjaga kinerja dan keselamatan sistem kelistrikan secara keseluruhan.

Hasil analisis risiko menunjukkan V-belt ini memiliki total nilai Risk Priority Number (RPN) sebesar 498, yang tergolong rendah. Hal ini menunjukkan bahwa perhatian serius diperlukan untuk mencegah terjadinya kegagalan lebih lanjut . Untuk menangani risiko ini, tindakan pencegahan yang disarankan meliputi penyesuaian tegangan belt dan penggantian V-belt saat menunjukkan tanda-tanda keausan. Penelitian menunjukkan bahwa pemeliharaan rutin dan pengaturan tegangan yang tepat dapat secara signifikan mengurangi kemungkinan terjadinya slip atau putus pada V-belt. Studi yang dilakukan oleh Saputra dan Wonoyudo , menekankan pentingnya monitoring kondisi dan pemeliharaan berbasis kondisi untuk mencegah kerusakan lebih lanjut pada sistem transmisi V-belt. Dengan menerapkan langkah-langkah preventif ini, risiko kegagalan dapat diminimalkan, sehingga kinerja alat pencekam tetap optimal dan potensi downtime dapat dikurangi.

Hasil analisis risiko pada komponen mata bor memiliki total nilai RPN sebesar 714. Total nilai RPN yang tinggi ini menunjukkan bahwa perhatian serius diperlukan untuk mencegah terjadinya kegagalan lebih lanjut. Sebuah studi oleh Nasution et al. , menjelaskan bahwa penggunaan mata bor yang tidak sesuai dengan spesifikasi dapat mempercepat proses keausan dan menyebabkan kerusakan yang lebih cepat pada alat, sehingga penting untuk melakukan pengawasan dan penggantian secara berkala . Studi yang dilakukan oleh Nasution et al. menunjukkan bahwa penggunaan mata bor yang tidak sesuai dengan spesifikasi dapat mempercepat proses keausan dan menyebabkan kerusakan yang lebih cepat pada alat, sehingga penting untuk melakukan pengawasan dan penggantian secara berkala. Untuk mengatasi risiko kegagalan ini, tindakan pencegahan yang disarankan adalah mengganti mata bor secara berkala. Pemeliharaan rutin dan penggantian mata bor yang sudah aus dapat membantu memastikan efektivitas proses pengeboran dan mencegah kerugian akibat downtime. Penelitian menunjukkan bahwa pemantauan kondisi mata bor dan penerapan jadwal penggantian yang tepat dapat secara signifikan meningkatkan efisiensi operasional serta kualitas hasil pengeboran.

Spindel belt pada penelitian ini memiliki total nilai RPN sebesar 546. Nilai RPN yang sedang ini menunjukkan bahwa perhatian serius diperlukan untuk mencegah terjadinya kegagalan lebih lanjut. Sebuah studi oleh Candra dan Aquarista , menjelaskan bahwa kegagalan pada sistem transmisi, termasuk spindel belt, dapat menghambat proses milling dan mengurangi produktivitas secara keseluruhan. Penelitian menunjukkan bahwa pemantauan kondisi belt dan penerapan prosedur perawatan preventif dapat secara signifikan meningkatkan umur pakai komponen serta efisiensi operasional mesin.

Sebuah artikel oleh Candra dan Aquarista , menjelaskan pentingnya pemeliharaan rutin untuk mencegah kegagalan pada sistem transmisi mesin milling, sehingga kinerja mesin tetap optimal dan downtime dapat diminimalkan. Penerapan langkah-langkah preventif ini, risiko kegagalan dapat diminimalkan, memastikan kelancaran operasional mesin milling.

Hasil analisis risiko pada komponen filter mesin menunjukkan total nilai RPN sebesar 444 (rendah). Total nilai RPN ini menunjukkan bahwa perhatian serius diperlukan untuk mencegah terjadinya kegagalan lebih lanjut. Penelitian oleh Candra dan Aquarista , menunjukkan bahwa kegagalan pada sistem

filtrasi dapat berdampak negatif pada kinerja mesin milling, mengakibatkan penurunan produktivitas dan kualitas hasil akhir. Tindakan pencegahan yang dapat dilakukan adalah membersihkan atau mengganti filter secara berkala. Pemeliharaan rutin pada filter sangat penting untuk memastikan bahwa aliran fluida tetap lancar dan mesin dapat beroperasi dengan efisien. Penelitian menunjukkan bahwa pemantauan kondisi filter dan penerapan jadwal pembersihan atau penggantian yang tepat dapat secara signifikan meningkatkan umur pakai komponen serta efisiensi operasional mesin. Penelitian yang dilakukan oleh Sahrin Lubis menyatakan bahwa pentingnya pemeliharaan berkala pada sistem filtrasi untuk mencegah masalah yang lebih serius di kemudian hari, terutama dalam konteks mesin milling di mana kualitas hasil pemesinan sangat bergantung pada kondisi sistem pendukungnya. Dengan menerapkan langkah-langkah preventif ini, risiko kegagalan dapat diminimalkan, sehingga menjaga kinerja mesin milling tetap optimal dan mengurangi kemungkinan downtime.

VII. Simpulan

Spindel dan air supply menjadi komponen yang perlu perawatan lebih baik karena memiliki nilai RPN tertinggi. Tindakan pencegahan seperti pemeliharaan rutin, pemeriksaan berkala, dan penggantian komponen yang aus sangat penting untuk menjaga kinerja sistem mesin dan mengurangi risiko kegagalan. Dengan menerapkan tindakan pencegahan yang sesuai berdasarkan analisis RPN, perusahaan dapat meningkatkan keandalan operasional mesin, mengurangi downtime, dan meningkatkan efisiensi produksi secara keseluruhan.

5. Referensi

- [1] J. Purnomo, N. Affandi, A. Rahmatullah, J. Manajemen, dan U. Bina Bangsa, “**Analisis Penerapan Perawatan Motor Konveyor Mesin XRAY dengan Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) Pada PT. Tristan Engineering.**” *Jurnal Ilmiah Teknik dan Manajemen Industri Jurnal Taguchi*, vol. 1, no. 2, hlm. 134-270, doi: 10.46306/tgc.v1i2.
- [2] Y. Dwinda, “Mechanical and Aerospace-Science and Engineering-30 th,” *JOMAse | Received*, vol. 65, no. 1, hlm. 14-18, 2021, [Daring]. Tersedia pada: www.isomase.org..
- [3] B. D. Cahyabuana dan A. Pribadi, “**Konsistensi Penggunaan Metode FMEA (Failure Mode Effects and Analysis) terhadap Penilaian Risiko Teknologi Informasi (Studi kasus: Bank XYZ)**,” *Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)*, 2015.
- [4] R. I. Yaqin, Z. Z. Zamri, J. P. Siahaan, Y. E. Priharanto, M. S. Alirejo, dan M. L. Umar, “**Pendekatan FMEA dalam Analisa Risiko Perawatan Sistem Bahan Bakar Mesin Induk: Studi Kasus di KM. Sidomulyo**,” *Jurnal Rekayasa Sistem Industri*, vol. 9, no. 3, hlm. 189-200, Okt 2020, doi: 10.26593/jrsi.v9i3.4075.189-200.
- [5] M. F. Nasrulloh, K. Kurniawan, dan R. Rustono, “**Identifikasi Kerusakan Mesin CNC Milling First MCV-1100 Menggunakan Metode FMEA dan FTA di Satuan Pelayanan Bandung UPTD Industri Logam**,” *Journal of Industrial Engineering and Operation Management*, vol. 6, no. 1, Jun 2023, doi: 10.31602/jieom.v6i1.10892.
- [6] M. Hernadi, “**Analisis Faktor Kerusakan Mesin CNC Thermoforming T10 dan Mesin CNC Milling FZ2000 dengan Menggunakan Metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) dan Fault Tree Analysis (FTA)**,” Surakarta, 2022.
- [7] A. Rahma Fauzia, M. Yusuf Santoso, A. Nadia Rachmat, P. Studi Teknik Keselamatan dan Kesehatan Kerja, J. Teknik Permesinan Kapal dan P. Perkapalan Negeri Surabaya, “**Penerapan FMECA Untuk Analisis Kegagalan Komponen CNC Plasma Cutting Di Perusahaan Galangan Kapal**,” dalam “**Raising Safety and Health Awareness in the Manufacturing Industry: Best Practices and Strategies for a Healthy Worker**,” Surabaya: 7th Conference an **Safety Engineering And It's Application** 7 Oktober 2023, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, 2023.
- [8] B. O. Billy Oktavian, “Perencanaan dan Penerapan Preventive Maintenance Mesin CNC Milling FZ 2000,” *Accurate: Journal of Mechanical Engineering and Science*, vol. 4, no. 02, hlm. 15-25, Okt 2023, doi: 10.35970/accurate.v4i02.2355.
- [9] T. Jaya Suteja, S. Candra, dan Y. Aquarista, “**Optimasi Proses Pemesinan Milling Fitur Pocket Material Baja Karbon Rendah Menggunakan Response Surface Methodology**.”
- [10] G. Yudhica, “**Analisis Kerusakan Mesin Bubut CNC Yungsan Cyk-660/1500 Menggunakan Metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)**,” *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, vol. 9, no. 4, hlm. 170-177, 2023, doi: 10.5281/zenodo.7678315.
- [11] A. I. Utomo dan D. T. Santoso, “**Implementasi FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) Pada Mesin Bubut Konvensional Di PT. Raja Ampat Indotim**,” *Jurnal Teknik Mesin Pembelajaran*, vol. 5, no. 1, hlm. 17-24, 2022.
- [12] B. Ismoyo, M. Ridwan, dan A. Cahyono, “**Modifikasi Sistem Kendali Pneumatik Alat Press Tread Pada Building Section Mesin 02.03 Tire Motorcycle**,” 2021. [Daring]. Tersedia pada: <https://journal.unesa.ac.id/index.php/inajet>
- [13] G. Pratama dan N. Lokajaya, “Analisis Perawatan Mesin CNC Milling dengan Metode Failure Mode Effect Analysis (FMEA) di PT. ABC dan untuk Menghitung Biaya Perawatan,” Surabay.
- [14] F. Tamimy, F. Aswin, dan P. Manufaktur Negeri Bangka Belitung, “**PROSIDING SEMINAR NASIONAL INOVASI TEKNOLOGI TERAPAN PENERAPAN METODE FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS (FMEA) PADA MESIN CNC TURNING MORI SEIKI SL-25**.”
- [15] Susanto, “Analisis Kegagalan Shaft Water Cooling Pump di Atas Kapal Tanker di Pelabuhan Tanjung Emas Semarang,” *Jurnal SIMETRIS*, vol. 13, 2022.
- [16] K. S. Nisa, E. Melyna, M. I. Maulana, dan M. A. A. Ridwan, “**Perbaikan Kualitas Produksi dengan Metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) di PT. ABC**,” *Journal of Community Services in Sustainability*, vol. 1, no. 1, hlm. 37-46, Jul 2023, doi: 10.52330/jocss.v1i1.139.
- [17] G. Triyanto, “Rancang Bangun Alat Pendekripsi Flashover Kabel Power pada Kubikel 20 KV Gardu Induk Berbasis Computer Vision Raspberry PI,” Yogyakarta, 2019.
- [18] Subianto, C. Rizal, D. S. Yansuri, Dian Eka Putra, dan R. A. Yani, “Penyuluhan Bahaya Kebakaran yang Diakibatkan Korseling Listrik,” Palembang, 2020.
- [19] S. B. Mulia dan S. Hidayat, “Analisis Kekuatan Mekanis dari Kabel Power Bawah Laut,” *Electrans*, vol. 13, no. 2, hlm. 181-194, 2014, [Daring]. Tersedia pada: <http://jurnal.upi.edu/>
- [20] Syafrizal, “**Bagaimana Menentukan Slip Pada Transmisi Pulley & V-Belt pada Beban Tertentu dengan Menggunakan Motor Berdaya Seperempat HP**,” *Jurnal Simetris*, vol. 8, no. 1, hlm. 21-26, 2017.
- [21] A. H. Saputra dan B. D. Wonoyudo, “Pola Vibrasi Dari Transmisi V-Belt Dibawah Pengaruh Parallel Misalignment,” *Jurnal Teknik Pomits*, vol. 2, no. 2, 2012.
- [22] A. R. Nasution, F. S. Wahyudi, C. A. Siregar, A. Affandi, dan Z. Fuadi, “**Pengaruh sudut twist drill terhadap kekasaran dan kebulatan pada proses pemesinan drilling**,” *SINTEK JURNAL: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, vol. 17, no. 1, hlm. 1, Jun 2023, doi: 10.24853/sintek.17.1.1-6.
- [23] S. Lubis, “**Studi Eksperimental Dampak dari Proses Pemotongan pada Side Milling dan Face Milling terhadap Tingkat Kekerasan pada Permukaan Logam**,” SINERGI Polmed: *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, vol. 5, no. 1, 2024, [Daring]. Tersedia pada: <http://ojs.polmed.ac.id/index.php/Sinergi/index>

