

PREVENTIVE MAINTENANCE PADA SLAG HAULER DENGAN METODE REALIBILITY CENTERED MAINTENANCE (RCM) DAN FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS (FMEA)

Mirpan^{1*}, Suhariyanto²

¹Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surabaya
Jl. Sutorejo No. 59, Surabaya, Indonesia

²Program Studi Teknik Mesin Industri, Insitut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya
Keputih, Kec. Sukolilo, Surabaya, Jawa Timur

*email : mirpanamd@gmail.com

(Received: 10-01-2026; Reviewed: 24-01-2026; Accepted: 06-02-2026)

Abstrak

Dalam industri *smelter*, keandalan alat berat seperti *Slag Hauler* sangat mempengaruhi kontinuitas produksi. Kegagalan alat ini dapat menyebabkan *downtime* yang tinggi dan kerugian finansial yang signifikan. Penelitian ini bertujuan meningkatkan efektivitas perawatan *Slag Hauler* (unit SH-001) dengan menerapkan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) dan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). Data historis *downtime* dan kerusakan komponen selama 3.600 jam operasi dikumpulkan dari tim *maintenance*. Analisis RCM digunakan untuk menentukan strategi perawatan berdasarkan fungsi dan konsekuensi kegagalan, sedangkan FMEA digunakan untuk mengidentifikasi mode kegagalan dan menghitung *Risk Priority Number* (RPN). Keandalan dianalisis menggunakan distribusi eksponensial dengan parameter *Mean Time To Failure* (MTTF) dan laju kegagalan (λ). Hasil penelitian menunjukkan tiga komponen kritis penyebab *downtime* tertinggi: Pegas Injektor *Fuel*, *Bearing Tensioner*, dan *Seal O-Ring* Silinder Kabin, yang berkontribusi lebih dari 65% terhadap total *downtime*. Keandalan rata-rata unit SH-001 setelah 1.000 jam operasi adalah 66%. Interval *Preventive Maintenance* (PM) optimal untuk ketiga komponen tersebut masing-masing adalah 1.819 jam, 1.271 jam, dan 1.371 jam. Nilai RPN tertinggi diperoleh Pegas Injektor *Fuel* (32), diikuti *Bearing Tensioner* (24), dan *Seal O-Ring* Silinder Kabin (16). Rekomendasi strategi perawatan berbasis RCM meliputi *Scheduled Restoration Task*, *On-Condition Task*, dan *Failure Finding Task*. Implementasi strategi ini diharapkan dapat menurunkan *downtime* hingga 30%, meningkatkan *availability* alat di atas 90%, serta mengurangi biaya perawatan reaktif sebesar 20-25%. Penelitian ini membuktikan bahwa integrasi RCM dan FMEA efektif meningkatkan efektivitas dan efisiensi perawatan *Slag Hauler* melalui pendekatan berbasis data dan risiko..

Kata kunci: *Preventive Maintenance, Reliability Centered Maintenance (RCM), Failure Mode and Effect Analysis (FMEA), Keandalan, Slag Hauler.*

1. PENDAHULUAN

Dalam era industrialisasi modern yang semakin kompetitif, efisiensi operasional dan tingkat keandalan peralatan produksi menjadi faktor utama yang menentukan keberlangsungan proses industri. Setiap gangguan atau *downtime* yang terjadi pada peralatan produksi dapat menyebabkan kerugian ekonomi yang signifikan (Frastyansyah et al., 2025). Salah satu peralatan penting di area *smelter* adalah *Slag Hauler* (SH), yaitu kendaraan pengangkut slag ladle dengan kapasitas beban mencapai

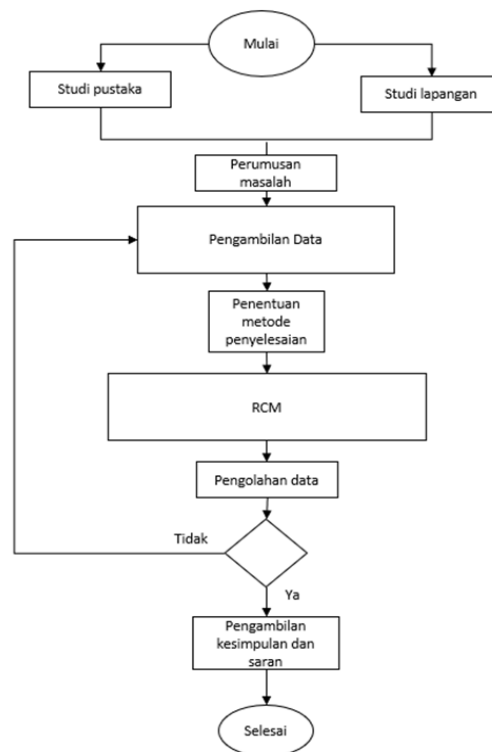
80 ton. Keandalan alat ini sangat krusial karena jika terjadi kegagalan, proses pembuangan slag akan terhenti dan berpotensi menyebabkan keterlambatan produksi serta risiko keselamatan kerja.

Namun, pelaksanaan preventive maintenance harus didasarkan pada analisis teknis yang tepat agar interval perawatan tidak terlalu sering dan tidak terlalu jarang. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk menentukan strategi perawatan yang efektif adalah Reliability Centered Maintenance (RCM). RCM merupakan suatu pendekatan sistematis untuk menentukan kegiatan perawatan yang paling tepat dengan menitikberatkan pada keandalan fungsional peralatan dan konsekuensi dari setiap kegagalan (Chopra, 2021). Untuk melengkapi analisis RCM, metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) digunakan untuk mengidentifikasi potensi kegagalan setiap komponen serta menentukan prioritas risiko berdasarkan nilai Risk Priority Number (RPN) (Fauzan Muhammad et al., 2023).

Atas dasar inilah penelitian dengan judul "Preventive Maintenance pada Slag Hauler dengan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) dan Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)" ini dilakukan. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi strategi perawatan yang efektif untuk meningkatkan availability alat, menekan downtime, dan mengoptimalkan biaya perawatan.

2. METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan pada unit *Slag Hauler* SH-001 di area *smelter*. Data yang digunakan adalah data historis *downtime* dan kerusakan komponen dari tim *maintenance* selama periode operasi 3.600 jam. Metodologi penelitian mengikuti diagram alir pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Penelitian dimulai dengan studi literatur terkait *maintenance*, RCM, FMEA, dan keandalan. Selanjutnya dilakukan pengumpulan data primer (data *breakdown* dan kerusakan komponen) dan data sekunder (dokumen perusahaan, jurnal). Data kemudian diolah dengan langkah-langkah berikut:

1. Membuat tabel data *downtime* komponen
2. Membuat diagram Pareto untuk mengidentifikasi komponen kritis.
3. Menghitung laju kegagalan (λ) dan *Mean Time To Failure (MTTF)* setiap komponen menggunakan distribusi eksponensial (asumsi laju kegagalan konstan).

Rumus yang digunakan:

$$\circ \quad MTTF = \frac{\sum \text{waktu operasi sebelum gagal(jam)}}{N_{\text{failure}}} \quad (1)$$

$$\circ \quad \lambda = \frac{1}{MTTF} \quad (2)$$

$$\circ \quad R(t) = e^{-\lambda t} \quad (3)$$

4. Menghitung interval *Preventive Maintenance* optimal dengan asumsi tindakan PM dilakukan ketika keandalan mencapai 60% $R(t) = 0,6$. Rumus: $t = MTTF \cdot 0,510826$
5. Melakukan analisis FMEA dengan menilai *Severity (S)*, *Occurrence (O)*, dan *Detection (D)* untuk setiap komponen kritis, lalu menghitung $RPN=S \times O \times DRPN=S \times O \times D$.
6. Menyusun rekomendasi strategi perawatan berbasis RCM (*Scheduled Restoration Task, On-Condition Task, Failure Finding Task*).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Identifikasi Komponen Kritis

Berdasarkan data *downtime* (Tabel 1), diagram Pareto (Gambar 2) menunjukkan bahwa tiga komponen utama penyumbang *downtime* terbesar adalah:

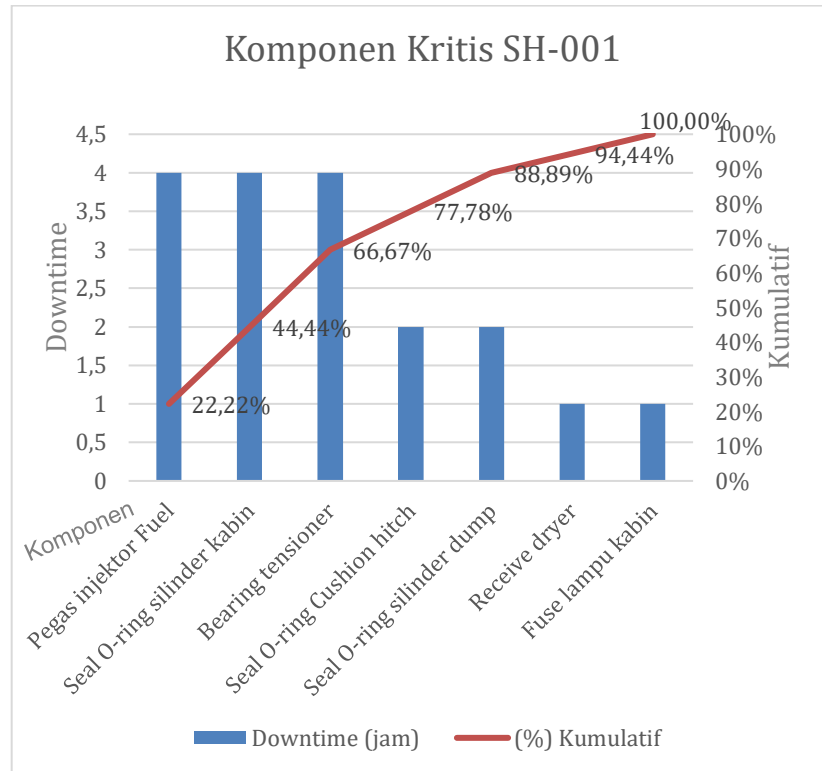
1. Pegas injektor Fuel : 4 jam (22,22%)
2. Seal O-Ring Silinder Kabin: 4 jam (22,22%)
3. Bearing Tensioner : 4 jam (22,22%)

Ketiga komponen ini berkontribusi lebih dari 65% terhadap total *downtime* unit SH-001 dan ditetapkan sebagai komponen kritis.

Tabel 1. Data Downtime SH-001

Komponen	Downtime (jam)	Kontribusi (%)
Pegas Injektor Fuel	4	22,22
Seal O-Ring Silinder Kabin	4	22,22
Bearing Tensioner	4	22,22
Seal O-Ring Cushion Hitch	2	11,11

Seal O-Ring Silinder Dump	2	11,11
Receive Dryer	1	5,56
Fuse Lampu Kabin	1	5,56
Total	18	100



Gambar 2. Diagram Pareto Komponen Kritis SH-001

3.2 Perhitungan Keandalan dan Interval Preventive Maintenance

Perhitungan MTTF, λ , dan keandalan $R(t)R(t)$ pada $t=1000$ jam untuk setiap komponen disajikan pada Tabel 2. Keandalan rata-rata unit SH-001 setelah 1000 jam operasi adalah 66,2%.

Tabel 2. Hasil Perhitungan MTTF, λ , Keandalan, dan Interval PM

Komponen	MTTF (jam)	λ (per jam)	R(1000 jam)	Interval PM (jam)
Pegas Injektor Fuel	3563	0,0002807	0,755 (75,5%)	1819,8
Seal O-Ring Silinder Kabin	2685	0,0003724	0,689 (68,9%)	1371,7
Bearing Tensioner	2489	0,0004018	0,669 (66,9%)	1271,3
Seal O-Ring Cushion Hitch	2672	0,0003743	0,687 (68,7%)	1364,7

Seal O-Ring Silinder Dump	1031	0,0009699	0,379 (37,9%)	526,6
Receive Dryer	3480	0,0002874	0,750 (75,0%)	1777,4
Fuse Lampu Kabin	1103	0,0009066	0,403 (40,3%)	563,4

Interval PM dihitung berdasarkan target keandalan 60%. Komponen dengan keandalan rendah pada 1000 jam (seperti *Seal O-Ring Silinder Dump* dan *Fuse Lampu Kabin*) memiliki interval PM yang lebih pendek (<600 jam). Sebaliknya, komponen dengan keandalan lebih tinggi (seperti *Pegas Injektor Fuel*) memiliki interval PM lebih panjang (>1800 jam).

3.3 Analisis FMEA

Hasil analisis FMEA untuk komponen kritis disajikan pada Tabel 3. Nilai RPN tertinggi dimiliki oleh *Pegas Injektor Fuel* (32), diikuti *Bearing Tensioner* (24), dan *Seal O-Ring Silinder Kabin* (16). Hal ini menunjukkan bahwa ketiga komponen tersebut memiliki prioritas risiko tertinggi dan memerlukan perhatian utama dalam program PM.

Tabel 3. Hasil Analisis FMEA Komponen Kritis

Komponen	Mode Kegagalan	S	O	D	RPN
Pegas Injektor Fuel	Kebocoran/aus	4	2	4	32
Bearing Tensioner	Aus/macet	4	2	3	24
Seal O-Ring Silinder Kabin	Bocor	4	2	2	16

Keterangan: *S=Severity*, *O=Occurrence*, *D=Detection*.

3.4 Rekomendasi Strategi Perawatan Berbasis RCM

Berdasarkan integrasi hasil perhitungan keandalan dan analisis FMEA, disusun rekomendasi strategi perawatan berbasis RCM untuk SH-001 (Tabel 4).

Tabel 4. Rekomendasi Preventive Maintenance Berbasis RCM

Sistem	Komponen	Jenis Tugas RCM	Interval (jam)	Kegiatan
Engine	Pegas Injektor Fuel	Scheduled Restoration	1819	Pemeriksaan viskositas, penggantian jika aus
Hydraulic	Seal O-Ring	Scheduled Restoration	1371	Penggantian seal kit,

	Silinder Kabin			inspeksi kebocoran
Mechanical	Bearing Tensioner	Scheduled Restoration	1271	Greasing & penggantian bearing jika aus
Hydraulic	Seal O-Ring Dump	On-Condition	526	Cek kebocoran, ganti seal jika rusak
Cushion Hitch	Seal O-Ring Cushion Hitch	On-Condition	1364	Cek tekanan nitrogen & kebocoran
Cabin	Receive Dryer	Scheduled Restoration	1777	Ganti dryer, isi ulang refrigerant
Electrical	Fuse Lampu Kabin	Failure Finding	Harian	Pemeriksaan visual & penggantian cepat

Scheduled Restoration Task direkomendasikan untuk komponen dengan kegagalan yang memiliki konsekuensi tinggi dan dapat diprediksi waktunya. *On-Condition Task* untuk komponen yang kegagalannya dapat dideteksi melalui inspeksi kondisi. *Failure Finding Task* untuk komponen yang kegagalannya tersembunyi namun kritis bagi keselamatan atau fungsi proteksi.

3.5 Pembahasan

Integrasi metode RCM dan FMEA memberikan pendekatan yang lebih sistematis dan berbasis data dibandingkan PM konvensional. Penentuan interval PM berdasarkan perhitungan keandalan ($R(t)=60%$) dan prioritas risiko (RPN) memastikan sumber daya perawatan difokuskan pada komponen yang paling mempengaruhi *downtime* dan memiliki risiko tertinggi.

Komponen Pegas Injektor *Fuel*, meskipun memiliki MTTF tertinggi (3563 jam) dan keandalan relatif baik pada 1000 jam (75,5%), namun mendapatkan RPN tertinggi (32) karena *Severity* tinggi (berdampak pada performa mesin) dan *Detection* rendah (sulit dideteksi tanpa pemeriksaan khusus). Oleh karena itu, interval PM yang direkomendasikan (1819 jam) disertai dengan tugas *Scheduled Restoration* dan pemeriksaan kondisi.

Implementasi rekomendasi strategi RCM ini diharapkan dapat menurunkan *downtime* hingga 30%, meningkatkan *availability* alat di atas 90%, dan mengurangi biaya perawatan reaktif sebesar 20-25%. Evaluasi berkelanjutan diperlukan dengan memonitor data operasi terbaru untuk memperbarui nilai MTTF dan menyesuaikan interval PM.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Tiga komponen kritis penyebab *downtime* tertinggi pada *Slag Hauler* SH-001 adalah Pegas Injektor *Fuel*, *Bearing Tensioner*, dan *Seal O-Ring* Silinder Kabin, dengan kontribusi gabungan >65%.
2. Keandalan rata-rata unit SH-001 setelah 1.000 jam operasi adalah 66,2%. Interval PM optimal untuk ketiga komponen kritis tersebut masing-masing adalah 1.819 jam, 1.271 jam, dan 1.371 jam.
3. Analisis FMEA menghasilkan nilai RPN tertinggi untuk Pegas Injektor *Fuel* (32), *Bearing Tensioner* (24), dan *Seal O-Ring* Silinder Kabin (16), yang menegaskan prioritas perawatan.
4. Rekomendasi strategi perawatan berbasis RCM mencakup *Scheduled Restoration Task*, *On-Condition Task*, dan *Failure Finding Task*, yang disusun berdasarkan data keandalan dan prioritas risiko.

DAFTAR PUSTAKA

- Ananda, R. (2024). No Title. *OPTIMALISASI PREVENTIVE MAINTENANCE MESIN BALL MILL MENGGUNAKAN METODE MODULARITY DESIGN (STUDI KASUS PT. BUMI SARANA BETON) RIZKI*.
- Carrier, P. (n.d.). *Operator Manual*.
- Chopra, A. (2021). *APPLICATIONS AND BARRIERS OF RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE (RCM) IN VARIOUS INDUSTRIES : A REVIEW*. XIV(01), 15–24.
- Ebeling, C. E. (2019). *An introduction to reliability and maintainability engineering*. Waveland Press.
- Fajar, F. W. (2021). *Perencanaan Preventive Maintenance Menggunakan Model Age Replacement Pada Komponen Overhead Crane di PT.INKA*.
<http://repository.ub.ac.id/id/eprint/186164/>
- Fathurohman, F., & Triyono, S. (2020). Rcm (Reliability Centered Maintenance): the Implementation in Preventive Maintenance (Case Study in an Expedition Company). *EKOMABIS: Jurnal Ekonomi Manajemen Bisnis*, 1(02), 197–212.
<https://doi.org/10.37366/ekomabis.v1i02.29>
- Fauzan Muhammad, Faizah Suryani, Tolu Tamalika, Moulita, N., & Maryadi, D. (2023). Application of Failure Mode and Effect Analysis and Reliability Centered Maintenance in Preventive Maintenance of Vehicle. *JleTri : Journal of Industrial Engineering Tridinanti*, 1(02), 15–23. <https://doi.org/10.52333/jietri.v1i02.421>
- Frastyansyah, A. S., Muttaqin, A. Z., & Susanto, D. (2025). Analisis Maintenance pada Mesin Forming Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance di PT. Refindo Intiselaras. *Jurnal Teknik Industri Terintegrasi*, 8(3), 2790–2798.
<https://doi.org/10.31004/jutin.v8i3.46891>
- He, Y., Wu, Y., Li, J., & Wang, G. (2020). Applying Reliability Centered Maintenance (RCM) to Sampling Subsystem in Continuous Emission Monitoring System. *IEEE Access*, 8, 55054–55062. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2980630>
- Ini, L., Untuk, D., Salah, M., Syarat, S., Teknik, S., Fakultas, I., Industri, T., Islam, U., & Agung, S. (2022). *No Title*.
- Jenita Marbun, N., & Tahir, T. (2022). *Preventive Maintenance Mesin Press Hydraulic*

- Limbah Spent Bleaching Earth Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance di PT Mega Green Technology Dumai. *Jurnal ARTI (Aplikasi Rancangan Teknik Industri)*, 17(2), 145–155.
- Jurnal, J., Dan, S., Jsit, T., No, V., Agustus, M., & Dini, Y. C. (2024). *Analisis Gangguan Penyulang Dengan Menggunakan Diagram Pareto dan Diagram Fishbone di UP3 di Bojonegoro*. 4(2), 134–139.
- Kumala, A. C. (2022). *Perancangan Penjadwalan Pemeliharaan Mesin Produksi Untuk Meningkatkan Keandalan Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance (Rcm)*. 99.
- Lefaan, Y., Innah, H., Wuri, T. O., Sinaga, A. S., & Purnomo, B. (2024). *Analisis Laju Kegagalan Transformator pada Penyulang Mawar Menggunakan Metode FTA di PT . PLN UP3 Jayapura Elsains : Jurnal Elektro*.
- Lubis, M. F. I. (2021). *Implementasi Perawatan Preventive Pada Mesin Produksi Untuk Meningkatkan Keandalan Mesin Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance (Rcm) [Universitas Islam Indonesia]*. 1–87.
<https://dspace.uii.ac.id/bitstream/handle/123456789/35818/14522369> Muhammad Farhan Ikhra Lubis.pdf
- Margana, A. S., Suhendar, M. F., Refrigerasi, T., Bandung, P. N., Kunci, K., & Perawatan, M. (2021). *Analisis Manajemen Perawatan Menggunakan Perhitungan Distribusi Weibull Pada Air Cooled Chiller FMC 20*. 4–5.
- Nurjanah, D. A., Kusminah, I. L., Rachmat, A. N., & Nabella, N. (2024). Analisis Penentuan Komponen Kritis Small Excavator Menggunakan Metode FMEA dan Diagram Pareto. *Journal of Safety, Health, and Environmental Engineering*, 1(1), 7–15. <https://doi.org/10.33863/jshee.v1i1.19>
- Perawatan, A., & Produksi, M. (2021). *METODE RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE II (RCM II) PADA MESIN PENGKILING DI CV . FAWAS JAYA SKRIPSI OLEH : DEDY ANDREAS SINURAT FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS MEDAN AREA MEDAN METODE RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE II (RCM II) PADA MESIN PENGKILING DI CV . FAWAS JAYA SKRIPSI Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana di Fakultas Teknik Universitas Medan Area Oleh : DEDY ANDREAS SINURAT. Rcm Ii*.
- Putra, H. R., Manajemen, P. S., Ekonomi, F., & Riau, U. I. (2020). *ANALISIS MAINTENANCE MESIN DALAM MENUNJANG KELANCARAN PRODUKSI PADA PT . SUMBER SAWIT SEJAHTERA*.
- Ramadhania, S., Dewantara, A. S., Permata, N. S., & Suroso, M. S. P. A. (2025). Preventive Maintenance Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance Ii Pada Fasilitas Produksi Kritis Perusahaan Baja. *Jurnal Rekayasa Sistem Industri*, 10(2), 58–67. <https://doi.org/10.33884/jrsi.v10i2.9418>
- Setyawan, A., Hotma, A., Tumanggor, U., Rizali, M., Sia, M., Ol, M., & Selvija Tambun, S. (2023). Analisis Keandalan Mesin Screw Press dengan Metode MTTF. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Industri (SENASTI)*, 1, 205–214.
<https://ojs.uajy.ac.id/index.php/SENASTI/article/view/7943>
- Studi, P., Industri, T., Sarjana, P., Industri, F. T., & Indonesia, U. I. (2023). *IMPLEMENTASI PREVENTIVE MAINTENANCE PADA MESIN MENGGUNAKAN METODE RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE (RCM) DAN AGE REPLACEMENT (Studi Kasus : CV . Seken Living)*.

- Syahputra, A. D. E. (2021). *ANALISIS KEANDALAN MESIN SANDBLASTING MENGGUNAKAN RELIABILITY BLOCK DIAGRAM (RBD) DI PT . KOPNAS PB 139 BINJAI SKRIPSI Oleh : FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS MEDAN AREA MEDAN ANALISIS KEANDALAN MESIN SANDBLASTING MENGGUNAKAN RELIABILITY BLOCK DIAGRAM (RBD) DI PT . KOPNAS PB 139 BINJAI SKRIPSI* Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana di Fakultas Teknik Universitas Medan Area Oleh : ADE SYAHPUTRA.
- Syaripudin, M., Budiharjo, B., & Rostikawati, D. A. (2022). Usulan Perawatan Mesin Bending 90° Dengan Pendekatan Preventive Maintenance Berdasar Metode Keandalan Dan Fmea Di Pt. Rinnai Indonesia-Cikupa. *Jurnal Ilmiah Teknik Dan Manajemen Industri*, 2(2), 175–184. <https://doi.org/10.46306/tgc.v2i2.36>
- Tamba, I. A., Margana, A. S., & Prasetyo, B. Y. (2023). Analisis Manajemen Perawatan Menggunakan Perhitungan Distribusi Weibull Dan Metode Fmea Pada Ac Package Di Gerbong PT. KCI Juanda. *Prosiding Industrial Research Workshop and National Seminar*, 14(1), 235–241. <https://doi.org/10.35313/irwns.v14i1.5392>