

Strategi Penjadwalan Penggantian *Roll* pada Mesin *Rolling Mill* di PT. Z

Martina De Pores Rio Gani

Prodi Teknik Industri/Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya

I Nyoman Lokajaya

Prodi Teknik Industri/Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya

Alamat: Jl. Semolowaru No.45, Menur Pumpungan, Kec. Sukolilo,
Surabaya, Jawa Timur 60118

1411900135@surel.untag-sby.ac.id

Abstract. *PT. Z is one of the companies that produces steel plates located in Surabaya, East Java. Production process at PT. The Z fully uses machines that operate 24 hours a day. The bottleneck in the manufacture of steel plates is that there is often damage caused by people, materials, and machines. Often, machine damage to the engine factor stops the course of the production process. Damage to the production machine prevents the production process from working smoothly. High downtime is often caused by maintenance and replacement of components on certain machine parts. As a result, the equipment requires repair or maintenance. Among all production machines, rolling mill machines are the machines with the highest downtime rates. The components in the rolling mill machine that cause the highest downtime of 12,851 minutes are roll components. This study intends to make a scheduling plan for roll replacement on rolling mill machines. The methodology used in this study is Preventive Maintenance by calculating its reliability and making a schedule for replacing and maintaining the machine. The results showed that the average roll replacement every 6 days with 63.21% reliability, and the average roll replacement process time was 131 minutes.*

Keywords: *Preventive Maintenance, Reliability, Scheduling.*

Abstrak. PT. Z merupakan salah satu perusahaan yang memproduksi pelat baja yang berlokasi di Surabaya, Jawa Timur. Proses produksi di PT. Z memanfaatkan sepenuhnya mesin yang berjalan sepanjang waktu. Hambatan dalam pembuatan pelat baja adalah bahwa sering ada kerusakan yang disebabkan oleh manusia, material, dan mesin. Seringkali, kerusakan mesin pada faktor mesin menghentikan jalannya proses produksi. Kerusakan pada mesin produksi mencegah proses produksi bekerja dengan lancar. Waktu henti yang tinggi sering disebabkan oleh perawatan dan penggantian komponen pada bagian-bagian mesin tertentu. Akibatnya, peralatan membutuhkan perbaikan atau pemeliharaan (*maintenance*). Diantara semua mesin produksi, mesin *rolling mill* merupakan mesin dengan angka *downtime* tertinggi. Komponen pada mesin *rolling mill* yang menyebabkan *downtime* paling tinggi sebesar 12.851 menit yakni komponen *roll*. Studi ini bermaksud membuat rencana penjadwalan penggantian *roll* pada mesin *rolling mill*. Metodologi yang diterapkan dalam penelitian ini adalah *Preventive Maintenance* dengan menghitung keandalannya dan membuat jadwal penggantian *roll*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata penggantian *roll* setiap 6 hari dengan keandalan 63,21%, dan rata-rata waktu proses penggantian *roll* adalah 131 menit.

Kata kunci: Keandalan, *Prventive Maintenance*, Penjadwalan.

LATAR BELAKANG

PT. Z merupakan perusahaan yang memproduksi baja canai panas da yang diproduksi hanya satu produk dengan spesifikasi dimensi yang berbeda tergantung pada pesanan konsumen. Produksi merupakan sebuah proses dimana *input* diubah menjadi *output* sehingga mendapatkan nilai guna yang lebih tinggi. Proses produksi di PT. Z sepenuhnya menggunakan mesin dengan waktu operasi berjalan 24 jam setiap hari.

Masalah dalam membuat pelat baja adalah bahwa dibutuhkan waktu lebih lama dari yang seharusnya untuk menyelesaikan setiap pelat karena manusia, material, dan mesin menghabiskan waktu tunggu. Kerusakan pada mesin produksi mencegah proses produksi bekerja dengan lancar. Akibatnya, mesin membutuhkan perawatan. Mesin *rolling mill* adalah subjek penelitian karena, ketika data *downtime* dari masing-masing mesin dibandingkan, mesin *rolling mill* memiliki jumlah *downtime* terbesar.

Pada mesin *rolling mill*, komponen yang mempengaruhi angka *downtime* yang tingi adalah *roll* dengan waktu downtime sebesar 12.851 menit yang disebabkan oleh penggantian *roll*, serta kerusakan pada *back up roll* dan *work roll*. Penelitian ini fokus pada penggantian *roll* karena angka *downtimenya* 7.814 menit atau sekitar 60,81%. Karena tidak ada plat yang akan diolah, maka dampak dari berhentinya mesin *rolling mill* adalah mesin yang beroperasi setelahnya harus ikut berhenti. Dan juga adanya penumpukan slab di gudang bahan baku karena dapur pemanas (*reheating furnance*) menampung slab hanya berkapasitas sekitar 28-34 slab tergantung dimensi slab. Dapur pemanas tidak dapat dihentikan ketika kerusakan *rolling mill* terjadi karena hal itu akan menyebabkan tingginya energy dan biaya yang dikeluarkan oleh perusahaan.

Menurut Arsyad dan Sultan (2018), pemeliharaan memerlukan menjaga aset dalam kondisi yang baik melalui perbaikan dan pemeliharaan. Untuk menghindari penundaan antara pembelian komponen baru dan ketersediaannya, pemeliharaan preventif dapat memprediksi kapan mesin akan rusak, berapa banyak komponen yang perlu diganti, dan komponen mana yang sering diganti (Lokajaya, 2009).

Berdasarkan masalah dan literatur yang disajikan, untuk meningkatkan kembali kualitas produk dibutuhkan perawatan fasilitas produksi untuk menunjang perfomansi pekerjaan. Perawatan yang dilakukan berfungsi mengoptimalkan kinerja mesin produksi dengan meminimalisir downtime. Langkah yang tepat untuk mengantisipasi hal tersebut adalah dengan melakukan pemeliharaan pada mesin yang ada. Salah satunya adalah dengan menggunakan

pemeliharaan preventif untuk melakukan perbaikan dan perubahan berkelanjutan pada fasilitas produksi, yang akan meningkatkan masa pakai fasilitas tersebut, mengurangi kegagalan mesin, meningkatkan kualitas produksi, dan mengurangi waktu henti dengan membuat penjadwalan perawatan/perbaikan.

KAJIAN TEORITIS

Perawatan/Pemeliharaan

Menurut Arsyad dan Sultan (2018), pemeliharaan memerlukan menjaga aset dalam kondisi yang baik melalui perbaikan dan pemeliharaan. Menurut Ngadiyono (2010), perawatan berarti menjaga (*keep*), mempertahankan (*preserve*), dan melindungi (*protect*).

Preventive Maintenance

Inspeksi rutin diperlukan untuk pemeliharaan preventif untuk mengidentifikasi masalah sebelum menyebabkan kegagalan mesin atau menghentikan proses sehingga peralatan dapat dikembalikan ke keadaan semula. Pemeliharaan preventif adalah proses menemukan dan memperbaiki masalah peralatan sebelum terjadi kerugian (Kurniawan, 2013).

Untuk menghindari penundaan antara pembelian komponen baru dan ketersediaannya, pemeliharaan preventif dapat memprediksi kapan mesin akan rusak, berapa banyak komponen yang perlu diganti, dan komponen mana yang sering diganti (Lokajaya, 2009).

Penjadwalan

Penjadwalan proyek konstruksi, menurut Widiyanti & Lenggogeni (2013), adalah alat untuk memperkirakan jumlah waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu kegiatan. Ini juga berfungsi sebagai alat untuk mengatur waktu awal dan akhir kegiatan tertentu. Pada proyek konstruksi, perencanaan penjadwalan umumnya memerlukan penjadwalan waktu, tenaga kerja, peralatan, bahan, dan keuangan. Ketika proyek dilaksanakan dengan benar, banyak masalah seperti pembengkakan biaya konstruksi, keterlambatan pengiriman proyek, konflik, atau klaim berkurang secara signifikan.

Distribusi Eksponensial

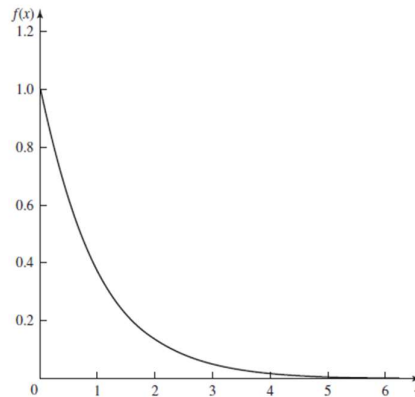
Fungsi padat probabilitas : $f(t) = \frac{1}{\beta} e^{-t/\beta}$, dengan $t \geq 0$ (1)

Fungsi distribusi kumulatif : $F(t) = 1 - e^{-t/\beta}$, dengan $t \geq 0$ (2)

Parameter : β (3)

Rata – rata (Mean) : β (4)

Varians : β^2 (5)



Gambar 1 Grafik Distribusi Eksponensial

Sumber: Law, 2015

Uji Kolmogorov – Smirnov

Tes ini dijalankan dengan membandingkan data empiris dari hasil penelitian dengan distribusi teori dugaan. Jika ada perbedaan yang cukup signifikan, model teoritis dugaan ditolak.

Tes K-S dapat diterapkan pada ukuran sampel (n) dan tidak memerlukan data untuk dikategorikan (dengan demikian, tidak ada informasi yang hilang).

Uji K-S, diartikan dengan fungsi distribusi empirik $F_n(t)$ dari data $t_1, t_2, \dots, t_n$ sebagai :

$$F_n = \frac{\text{jumlah } t_i \leq t}{n}, \text{ untuk semua bilangan nyata } t \quad (6)$$

Jadi $F_n(t)$ adalah fungsi tangga (kontinyu dari kanan) hingga

$$F_n(t_{(i)}) = \frac{i}{n}, i = 1, 2, \dots, n \quad (7)$$

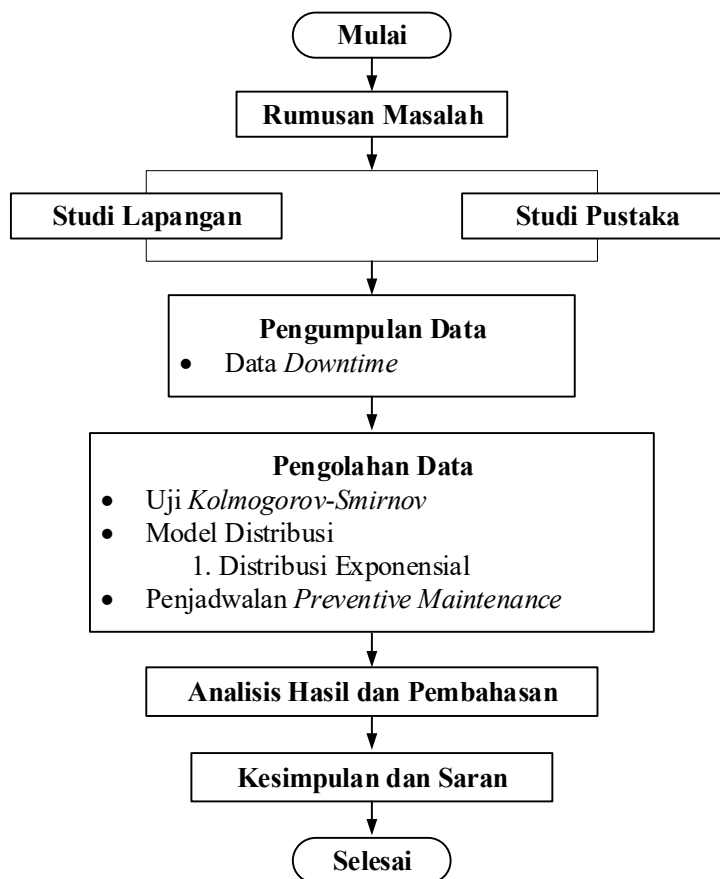
Jika $\hat{F}(t)$ adalah distribusi yang dimisalkan, maka sebagai statistik tes K-S adalah :

$D_n = \max\{|F_n(t), \hat{F}(t)|\}$, D_n dapat dihitung menggunakan :

$$D_n = \max\{D_n^+, D_n^-\},$$

$$\text{dimana } D_n^+ = \max\left\{\frac{i}{n} - \hat{F}(t_i)\right\} \text{ dan } D_n^- = \max\left\{\hat{F}(t_i) - \frac{i-1}{n}\right\} \quad (8)$$

METODE PENELITIAN



HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengumpulan Data

Data waktu *downtime* komponen *roll* periode Desember 2021-November 2022 yang diperoleh dari departemen maintenance di PT. Z adalah sebagai berikut:

Tabel 1
Data Waktu antar Penggantian dan Waktu Penggantian *Roll*

No	Tanggal Kerusakan	Waktu antar Kerusakan (Hari)	Waktu Penggantian Roll (Menit)
1	4-Dec-21	0	100
2	15-Dec-21	11	158
3	18-Dec-21	3	105
4	20-Dec-21	2	150
5	21-Dec-21	1	180
6	22-Dec-21	1	126
7	29-Dec-21	7	114
8	14-Jan-22	16	25
9	22-Jan-22	8	195

*STRATEGI PENJADWALAN PENGANTIAN ROLL
PADA MESIN ROLLING MILL DI PT. Z*

No	Tanggal Kerusakan	Waktu antar Kerusakan (Hari)	Waktu Penggantian Roll (Menit)
10	23-Jan-22	1	170
11	27-Jan-22	4	145
12	29-Jan-22	2	132
13	27-Feb-22	29	213
14	6-Mar-22	7	120
15	11-Mar-22	5	135
16	13-Mar-22	2	22
17	23-Mar-22	10	150
18	26-Mar-22	3	73
19	29-Mar-22	3	80
20	1-Apr-22	3	180
21	13-Apr-22	12	130
22	18-Apr-22	5	155
23	23-Apr-22	5	130
24	13-May-22	20	114
25	17-May-22	4	95
26	22-May-22	5	115
27	27-May-22	5	105
28	14-Jun-22	18	97
29	18-Jun-22	4	53
30	23-Jun-22	5	168
31	29-Jun-22	6	25
32	3-Jul-22	4	110
33	13-Jul-22	10	163
34	15-Jul-22	2	50
35	19-Jul-22	4	120
36	23-Jul-22	4	114
37	24-Jul-22	1	180
38	10-Aug-22	17	130
39	14-Aug-22	4	145
40	19-Aug-22	5	200
41	22-Aug-22	3	160
42	5-Sep-22	14	145
43	10-Sep-22	5	125
44	15-Sep-22	5	275
45	19-Sep-22	4	175
46	20-Sep-22	1	108
47	23-Sep-22	3	90
48	3-Oct-22	10	75
49	7-Oct-22	4	190
50	10-Oct-22	3	160
51	12-Oct-22	2	140
52	15-Oct-22	3	159
53	16-Oct-22	1	155

No	Tanggal Kerusakan	Waktu antar Kerusakan (Hari)	Waktu Penggantian Roll (Menit)
54	22-Oct-22	6	120
55	5-Nov-22	14	90
56	7-Nov-22	2	140
57	8-Nov-22	1	175
58	13-Nov-22	5	175
59	16-Nov-22	3	135
60	29-Nov-22	13	50

Pengolahan Data

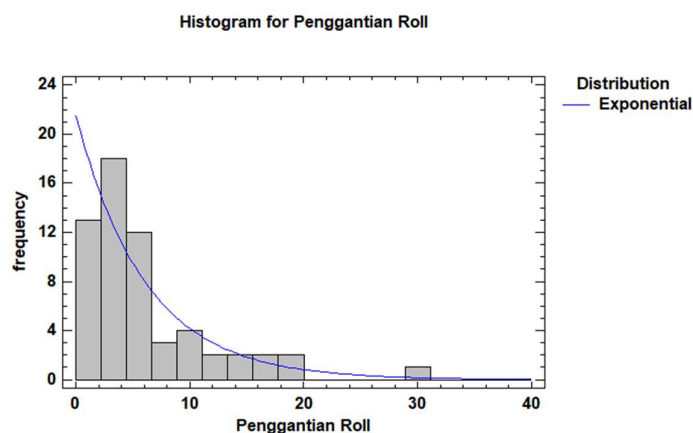
Hipotesis :

H_0 : Data waktu antar penggantian roll sesuai dengan distribusi Exponential

H_1 : Data Waktu antar penggantian *roll* tidak sesuai dengan distribusi *Exponential*

Parameter Distribusi *Exponential* :

Mean (β) = 6,10169



Gambar 2 Penggantian Roll

Tabel 2
Perhitungan Uji Kesesuaian Distribusi *Exponential* Penggantian *Roll*

i	Waktu antar Penggantian (Hari)	$F(t) = 1 - e^{-(t/\beta)^{\alpha}}$	$D_n^- = \text{Max} \left\{ F(t_i) - \frac{i-1}{n} \right\}$	$D_n^+ = \text{Max} \left\{ \frac{i}{n} F(t_i) \right\}$
1	1	0,1512	0,1512	-0,1342
2	1	0,1512	0,1342	-0,1173
3	1	0,1512	0,1173	-0,1003
4	1	0,1512	0,1003	-0,0834
5	1	0,1512	0,0834	-0,0664
6	1	0,1512	0,0664	-0,0495
7	1	0,1512	0,0495	-0,0325

i	Waktu antar Penggantian (Hari)	$F(t) = 1 - e^{-(t/\beta)^\alpha}$	$D_n^- = \text{Max}\left\{F(t_i) - \frac{i-1}{n}\right\}$	$D_n^- = \text{Max}\left\{\frac{i}{n}F(t_i)\right\}$
8	2	0,2795	0,1608	-0,1439
9	2	0,2795	0,1439	-0,1269
10	2	0,2795	0,1269	-0,1100
11	2	0,2795	0,1100	-0,0930
12	2	0,2795	0,0930	-0,0761
13	2	0,2795	0,0761	-0,0591
14	3	0,3884	0,1681	-0,1511
15	3	0,3884	0,1511	-0,1342
16	3	0,3884	0,1342	-0,1172
17	3	0,3884	0,1172	-0,1003
18	3	0,3884	0,1003	-0,0833
19	3	0,3884	0,0833	-0,0664
20	3	0,3884	0,0664	-0,0494
21	3	0,3884	0,0494	-0,0325
22	3	0,3884	0,0325	-0,0155
23	4	0,4808	0,1080	-0,0910
24	4	0,4808	0,0910	-0,0741
25	4	0,4808	0,0741	-0,0571
26	4	0,4808	0,0571	-0,0402
27	4	0,4808	0,0402	-0,0232
28	4	0,4808	0,0232	-0,0063
29	4	0,4808	0,0063	0,0107
30	4	0,4808	-0,0107	0,0276
31	4	0,4808	-0,0276	0,0446
32	5	0,5593	0,0339	-0,0170
33	5	0,5593	0,0170	0,0000
34	5	0,5593	0,0000	0,0169
35	5	0,5593	-0,0169	0,0339
36	5	0,5593	-0,0339	0,0508
37	5	0,5593	-0,0508	0,0678
38	5	0,5593	-0,0678	0,0847
39	5	0,5593	-0,0847	0,1017
40	5	0,5593	-0,1017	0,1186
41	5	0,5593	-0,1186	0,1356
42	6	0,6259	-0,0690	0,0859
43	6	0,6259	-0,0859	0,1029
44	7	0,6825	-0,0463	0,0633
45	7	0,6825	-0,0633	0,0802
46	8	0,7305	-0,0322	0,0492
47	10	0,8058	0,0261	-0,0092
48	10	0,8058	0,0092	0,0078
49	10	0,8058	-0,0078	0,0247
50	11	0,8352	0,0047	0,0123
51	12	0,8601	0,0126	0,0043

i	Waktu antar Penggantian (Hari)	$F(t) = 1 - e^{-(t/\beta)^\alpha}$	$D_n^- = \text{Max} \left\{ F(t_i) - \frac{i-1}{n} \right\}$	$D_n^- = \text{Max} \left\{ \frac{i}{n} F(t_i) \right\}$
52	13	0,8812	0,0168	0,0001
53	14	0,8992	0,0178	-0,0009
54	14	0,8992	0,0009	0,0161
55	16	0,9274	0,0121	0,0048
56	17	0,9383	0,0061	0,0108
57	18	0,9477	-0,0015	0,0184
58	20	0,9623	-0,0038	0,0208
59	29	0,9914	0,0083	0,0086
		Max	0,1681	0,1356
		Dn		0,1356

Rata-rata waktu antar penggantian *roll* :

$$\beta = 6,10169 \rightarrow 6 \text{ Hari}$$

Keandalan *roll* pada mesin *rolling mill* adalah

$$R(t) = P(x > t)$$

$$= 1 - P(x \leq 1)$$

$$= 1 - F(t)$$

$$= 1 - (1 - e^{-(t/\beta)^\alpha})$$

$$e^{-(t/\beta)^\alpha} = e^{-(6,10169/6,10169)^\alpha} = 0,6321 \rightarrow 63,21\%$$

Rata-rata waktu proses penggantian *roll* :

$$\text{Rata-rata} = \frac{7814}{60} = 131 \text{ Menit}$$

Analisis Hasil dan Pembahasan

Hasil yang didapatkan dari pengolahan data dengan perhitungan menggunakan distribusi eksponensial yakni rata-rata waktu antar penggantian roll setiap 6 hari, keandalan roll sebesar 63,21%, dan rata-rata waktu proses penggantian roll sebesar 131 menit.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan yang dapat dicapai berdasarkan hasil dan pembahasan adalah bahwa *preventive maintenance* yang harus digunakan ketika melakukan pemeliharaan pada mesin *rolling mill*. Setiap enam hari sebaiknya penggantian roll dilakukan dan nilai kendalan *roll* yang didapatkan sebesar 63,21%.

Saran yang diberikan untuk PT. Z adalah dengan menerapkan perawatan preventif pada mesin *rolling* sehingga dapat membuat jadwal penggantian *roll*.

DAFTAR REFERENSI

- Akbar, M. R., & Widiasih, W. (2022). Analisis Perawatan Mesin Bubut dengan Metode Preventive Maintenance Guna Menghindari Kerusakan Secara Mendadak dan Untuk Menghitung Biaya Perawatan. *Jurnal SENOPATI: Sustainability, Ergonomics, Optimization, and Application of Industrial Engineering*, 4(1), 32-45. <https://doi.org/10.31284/j.senopati.2022.v4i1.3086>
- Arsyad, M., & Sultan, A.Z. 2018. *Manajemen Perawatan*. Yogyakarta: Deepublish.
- Asih, E. W., Sodikin, I., & Triski, D. S. (2021). PENJADWALAN PERAWATAN PREVENTIF DAN WAKTU PENGGANTIAN MESIN HULLER DENGAN METODE AGE REPLACEMENT DAN THERBOGH'S MODEL. *PROSIDING SNAST*, 22-31. <https://journal.akprind.ac.id/index.php/snast/article/view/3415>
- Asprilla, G., & Agustiar, P. (2020). Meningkatkan Kinerja Mesin Extrude Hydron Menggunakan Metode Preventive Maintenance. *JTTM: Jurnal Terapan Teknik Mesin*, 1(1), 18-24. <https://journal.akprind.ac.id/index.php/snast/article/view/3415>
- Haq, M. I., & Riandadari, D. (2019). Penentuan Penjadwalan Preventive Maintenance Pada Komponen Mesin Callender Di Pt. Karet Ngagel Surabaya Wira Jatim. *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin*, 9(1). <https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/jurnal-pendidikan-teknik-mesin/article/view/29914>
- Hidayah, S. N., & Widjajati, E. P. (2023). Penentuan Interval Perawatan Mesin Wood Pallet Secara Preventif Dengan Metode Modularity Design Dan Age Repalcement Pada PT Yale Woodpallet Indonesia. *Jurnal Teknik Mesin, Industri, Elektro dan Informatika*, 2(2), 93-107. <https://ejurnal.politeknikpratama.ac.id/index.php/jtmei/article/view/1666>

- Hidayat, T., Abizar, H., & Rokhadhitomo, O. (2023). Analisis Perawatan preventif Pada Mesin Horizontal Sand Mill Tipe ROOT RTSM-50ADL E. *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin Undiksha*, 11(1), 131-140. <https://ejournal.undiksha.ac.id/index.php/JPTM/article/view/54362>
- Imtihan, M., & Somantri, Y. (2022). Perawatan Komponen Mesin Forming Untuk Meningkatkan Produksi Cup Minuman. *JENIUS: Jurnal Terapan Teknik Industri*, 3(1), 12-21. <http://jurnal.sttmicileungsi.ac.id/index.php/jenius/article/view/230>
- Khaurullah, F., & HR, D. A. (2022). Analisis Penentuan Waktu Kegiatan Perawatan Preventif Yang Tepat Bagi Mesin Produksi Glasstube Lampu 2U Sesuai Keandalannya (Studi Kasus: PT. Panca Aditya Sejahtera). *Jurnal Teknik Industri*, 25(01), 52-75. <http://univ45sby.ac.id/ejournal/index.php/industri/article/view/268>
- Kurniawan, Fajar. 2013. *Teknik dan Aplikasi Manajemen Perawatan Industri*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Law, Averill M. & W. David Kelton. (1991). *Simulation Modeling & Analysis, Fifth Edition*. McGraw-Hill, International.
- Kusuma, A. (2019). Analisa Kinerja Mesin Wtp Menggunakan Metode Fmea Dan Penjadwalan Preventif Maintenance. *Waktu: Jurnal Teknik UNIPA*, 17(1), 15-25. <https://jurnal.unipasby.ac.id/index.php/waktu/article/view/>
- Lokajaya, I. Nyoman. (2009). Penentuan Waktu Penggantian Komponen dan Biaya Penggantian yang Optimal pada Mesin Crawler Rock Drill. 6(1), 32-40.
- Marasabessy, S. A., Henaulu, A. K., & Rumbouw, J. (2020). Analisis Sistem Perawatan Mesin Produksi pada CV Abadi Tiga Mandiri (Studi Kasus Mesin Cup Sealer). *KAIZEN: Management Systems & Industrial Engineering Journal*, 3(2), 80. https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/70925715/pdf-libre.pdf?1633114526=&responsecontentdisposition=inline%3B+filename%3DAnalisis_Sistem_Perawatan_Mesin_Produksi.pdf&Expires=1686816839&Signature=H58MSIczze2T9FS8WMSy9SMMSjO7PsOGUASZOkgddHJEpMRGp0XsVbXKe-jmk6-Zbg~hed15x29pHhU7A1s1KqMwfcq2B~KS62r~xIc8mrNDf2THh2~8O4eLdqTX5Qc0UW7rUZ5G-HO~yK5PtR7I9~oczUz40iq-d~ezfrgSGXX-GPst1enbbFNrWUXEF5yWeBJx5PxOdZJn5XiQnYjBP67OVLH5u7C4kx6KVRwLJFyGosw2b~EjBBk6y7-26v0r29gg6~eZansLFFtOIImwqN6VTqG0nVOH7GWaiU-ICsxGGXGJIDNPSDeP0vqBcdlxw11Jv3zd5-wGjohd9WCb-w__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA
- Mesra, T. (2020). Analisis Perawatan Mesin Pompa Sentrifugal dengan Metoda Failure Mode and Effect Analysis (FMEA). *JURNAL UNITEK*, 13(2), 39-46. <https://ejournal.sttdumai.ac.id/index.php/unitek/article/view/138>
- Mulyaningsih, S., & Mindayani, I. (2022). Perencanaan Perawatan Mesin Bubut di Lingkungan Laboratorium Geologi Teknik Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta. *Jurnal Rekayasa Industri (JRI)*, 4(1), 29-36. <https://ejournal.widyamataaram.ac.id/index.php/JRI/article/view/624>
- Ngadiyono, Yatin. 2010. *Pemeliharaan Mekanik Industri*. Yogyakarta
- Rijal, M. I., Putra, A. Y. W., & Raihan, R. A. (2022). ANALISIS PERAWATAN MESIN CHAIN SCRAPER CONVEYOR DI PT. CEMINDO GEMILANG

- BAYAH. *Teknika*, 7(4), 191-199. <https://jurnal.sttw.ac.id/index.php/jte/article/view/>
- Setiawannie, Y., & Marikena, N. (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://journal.literasisains.id/index.php/insologi/article/view/105>
- Siregar, N., & Munthe, S. (2019). Analisa Perawatan Mesin Digester dengan Metode Reliability Centered Maintenance pada PTPN II Pagar Merbau. *JIME (Journal of Industrial and Manufacture Engineering)*, 3(2). <http://download.garuda.kemdikbud.go.id/article.php?article=1215581&val=10515&title=Analisa%20Perawatan%20Mesin%20Digester%20dengan%20Metode%20Reliability%20Centered%20Maintenance%20pada%20PTPN%20II%20Pagar%20Merbau>
- Susetyo, A. E., & Nurhardianto, E. (2019). Penentuan komponen kritis untuk mengoptimalkan keandalan mesin cetak. *Science Tech: Jurnal Ilmu Pengetahuan Dan Teknologi*, 5(2), 13-22. <https://journal.literasisains.id/index.php/insologi/article/view/105>
- Widiasanti, Irika., & Lenggogeni. (2013). *Manajemen Konstruksi*. Bandung: PT Remaja Rosdakarya.
- Widiasih, W. (2019). Perhitungan Biaya Penggantian Komponen dengan Mempertimbangkan Penjadwalan Perawatan pada Mesin Bucket Raw Material. *Tekmapro: Journal of Industrial Engineering and Management*, 14(2), 68-76. <http://download.garuda.kemdikbud.go.id/article.php?article=1411773&val=6224&title=PERHITUNGAN%20BIAYA%20PENGANTIAN%20KOMPONEN%20DENGAN%20MEMPERTIMBANGKAN%20PENJADWALAN%20PERAWATAN%20PADA%20MESIN%20BUCKET%20RAW%20MATERIAL>