



## **Analisis Preventive Maintenance Komponen Mesin Pulp Dengan Metode Age Replacement**

### **Analysis Of Preventive Maintenance Components Of Pulp Machine With Age Replacement Method**

\*Faizah Suryani<sup>1)</sup>, Siti Ayu Syarifita<sup>2)</sup>, Azhari<sup>3)</sup>

<sup>1),2),3)</sup> Prodi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Tridianti, Indonesia

Diterima: Mei 2023; Disetujui: Mei 2023; Dipublikasi: Mei 2023

\*Corresponding author: [faizahsuryani@univ-tridianti.ac.id](mailto:faizahsuryani@univ-tridianti.ac.id)

---

#### **Abstrak**

Perawatan peralatan industri merupakan merupakan salah satu faktor penting dalam memperlancar proses produksi. Apalagi dengan perkembangan teknologi, industri sudah menggunakan mesin dalam produksinya, diperlukan perawatan yang teratur dan terencana agar peralatan yang digunakan dapat berfungsi dengan baik. Penelitian ini dilakukan untuk menentukan waktu penjadwalan perawatan komponen yang semula perawatan dilakukan hanya disaat terjadinya kerusakan pada komponen *Line Dilution Pulp*, sehingga mengganggu proses produksi dan mengakibatkan biaya pengeluaran yang besar. Dalam menentukan interval waktu perawatan metode yang digunakan untuk menentukan kebijakan penjadwalan perawatan yang optimal yaitu menggunakan metode *Age Replacement*/umur pergantian, setelah dilakukan perawatan dengan metode *Age Replacement* didapat waktu perawatan yang tepat yaitu setiap 22 hari sekali dengan biaya Rp. 10.269.234,- dan biaya sebelum menentukan waktu perawatan yaitu sebesar Rp. 13.900.000,- dengan demikian penghematan yang didapat sebesar Rp. 3.630.766,-. Maka dengan itu perusahaan menghemat biaya perawatan sebesar 26%.

**Kata Kunci :** *Age Replacement*, Probabilitas, MTTF, Perawatan

#### **Abstract**

Maintenance of industrial equipment is an important factor in expediting the production process. Moreover, with the development of technology, the industry has used machines in its production, regular and planned maintenance is needed so that the equipment used can function properly. This research is to determine the schedule for component maintenance, which was originally carried out only when damage occurs to the Pulp Dilution Line components, thereby disrupting the production process and resulting in large expenditure costs. In determining the maintenance time interval, the method used to determine the optimal maintenance scheduling policy is using the *Age Replacement* method. After treatment with the *Age Replacement* method, the right treatment time is every 22 days at a cost of Rp. 10,269,234, - and the cost before determining the treatment time is Rp. 13,900,000, - thus the profit obtained is Rp. 3,630,766,-. So with that the company saves maintenance costs by 26%.

**Keywords:** *Age Replacement*, Probability, MTTF, Maintenance

**How to Cite:** Suryani, Faizah., Syarifita, S, A., & Azhari, (2023). Analisis Preventive Maintenance Komponen Mesin Pulp Dengan Metode Age Replacement. *JIME (Journal of Industrial and Manufacture Engineering)*. 7 (1): 115-125

---

## PENDAHULUAN

Industri semakin hari semakin bergantung pada mesin dalam memproduksi barang. Mesin yang digunakan merupakan aspek fisik yang memerlukan perawatan agar perusahaan tetap produktif. Perawatan merupakan sebuah langkah pencegahan yang bertujuan untuk mengurangi atau bahkan menghindari kerusakan dari peralatan dengan memastikan tingkat keandalan dan kesiapan, serta meminimalkan biaya perawatan. (Yaqin et al., 2020). Perawatan atau *maintenance* dapat dibagi menjadi dua, yaitu perawatan *preventive maintenance* dan *corrective maintenance*. (Rohmat, Rachmatullah, Canra, & Suliono, 2017). *Preventive maintenance* adalah perawatan yang ditujukan untuk mencegah kerusakan yang tidak terduga, sedangkan *corrective maintenance* adalah perawatan yang dilakukan setelah terjadinya kerusakan pada peralatan. (Yuli Setiawannie & Nita Marikena, 2022). *Preventive maintenance* bertujuan untuk mengurangi jumlah *breakdown* dari peralatan kritis, meningkatkan produktivitas peralatan, menghitung interval waktu penggantian komponen kritis optimal. (Fajar Kurniawan, 2013).

Metode *Age replacement* merupakan metode perawatan preventif yang dapat memperkirakan penggantian komponen yang telah mencapai umur tertentu, berdasarkan data kerusakan. (Zamani, Nuruddin, & Dahda, 2023)

Dalam melakukan penurunan model penggantian ini terdapat beberapa asumsi yang dikembangkan untuk memfokuskan pada permasalahan, yaitu laju kerusakan komponen bertambah sesuai dengan peningkatan pemakaian, peralatan yang telah dilakukan penggantian komponen akan kembali kepada kondisi semula, dan tidak ada permasalahan dalam persediaan komponen. (Purnama, Putra, & Kalamollah, 2015)

PT XYZ adalah perusahaan yang bergerak dalam bidang usaha bubur kertas (*pulp*) dimana perusahaan ini mempunyai mesin cetak bubur kertas dan tissue yang digunakan dalam proses produksi. Perawatan inilah yang diperlukan oleh perusahaan agar mesin tidak cepat rusak dan menghambat proses produksi. Usaha yang dilakukan adalah melakukan *preventive maintenance* pada peralatan yang rawan rusak dan pecah ataupun sangat berpengaruh penting terhadap kelancaran produksi pada mesin pulp tersebut, perusahaan memerlukan suatu metode untuk menentukan penjadwalan pergantian dan perawatan pada mesin produksinya. Perhitungan umur suatu komponen perlu diketahui agar perusahaan dapat menentukan penjadwalan untuk pergantian dan perawatan pada komponen mesin tersebut, maka metode *Age Replacement* sangat cocok untuk diterapkan karena dengan metode tersebut dapat ditentukan menggunakan interval waktu pada komponennya yang kritis.

*Preventive Replacement* perusahaan dapat ditentukan menggunakan interval waktu pada komponennya yang kritis Peralatan yang akan diamati adalah mesin pulp dimana komponen yang sering rusak atau komponen kritisnya adalah *cleaner, line Pipa dilution pump, cooling water, dan filter seller water* penjadwalan perawatan selama ini hanya 3 bulan sekali itu pun masih sering terjadi 3-5 kerusakan dalam satu bulan. Data kerusakan tersebut dapat dilihat pada tabel 1

Tabel 1. Data Kerusakan Komponen Kritis

NO	Data Komponen Unit	Jumlah Kerusakan
1	<i>Line Dilution Pulp</i>	20
2	<i>Cooling Water</i>	17
3	<i>Cleaner</i>	13
Total		50

Perhitungan umur suatu komponen perlu diketahui agar perusahaan dapat menentukan penjadwalan dan perawatan pada komponen tersebut. Metode *Age Replacement* sangat cocok untuk diterapkan karena dengan menggunakan metode waktu *Age Replacement preventive maintenance* perusahaan dapat menentukan interval waktu pada komponen yang kritis .

### METODE PENELITIAN

*Age Replacement* ialah suatu model pergantian dimana interval waktu pergantian komponen dilakukan dengan memperhatikan umur pemakaian dari komponen tersebut, sehingga dapat menghindari terjadinya pergantian peralatan yang masih baru dipasang akan diganti dalam waktu yang relatif singkat (By Andrew K. S. Jardine, 2013). Namun apabila terjadi kerusakan alat sebelum waktu yang telah ditentukan, maka proses penggantian komponen akan dilakukan ketika komponen tersebut mencapai umur optimalnya. Hal ini dihitung dari tanggal penggantian komponen, sehingga bisa menghemat biaya perawatan. (Chien, Rd, District, Chang, & Liu, 2014)

Menurut (Praharsi, Kumala Sriwana, & Sari, 2015) langkah- langkah dalam menghitung metode *Age Replecement*, yaitu :

1. Menentukan komponen kritis dari mesin kritis berdasarkan data kerusakan mesin, menggunakan diagram pereto dalam penentuan komponen kritis.
2. Melakukan perhitungan dan analisa data kerusakan komponen, dengan menghitung *Time to failure* (TTF) dan *Time to repair* (TTR) komponen kritis. Perhitungan TTF dilakukan dengan menghitung selisih waktu ketika kerusakan pertama selesai diperbaiki dengan waktu kerusakan berikutnya dan perhitungan TTR dilakukan dengan menghitung lamanya proses perbaikan, yaitu selisih waktu kerusakan selesai diperbaiki dengan waktu kerusakan.
3. Menghitung *Index of fit*, pendugaan parameter , *goodness of fit*, nilai MTTF dan MTTR.

$$MTTF = \alpha \Gamma(1 - \frac{1}{\beta}) \quad (1)$$

Dimana :

$\alpha$  = Parameter skala (alfa)

$\beta$  = Parameter bentuk (beta)

$\Gamma$  = Fungsi gamma

$$MTTR = \frac{\text{Jumlah waktu perbaikan}}{\text{Jumlah Perbaikan}} \quad (2)$$

4. Menghitung interval waktu pergantian pencegahan dan pemeriksaan komponen.
5. Menghitung interval waktu pergantian komponen yang harus diganti jika rusak, interval pemeriksaan, dan tingkat *avaibility*.

Adapun formulasi perhitungan metode *Age Replacement* adalah sebagai berikut (Prawiro, 2017):

$$D(tp) = \frac{T_p R(tp) + T_f \{1 - R(tp)\}}{(tp + T_p) R(tp) + (M(tp)) + T_f \{1 - R(tp)\}} \quad (3)$$

Dimana:

- $D(tp)$  = total downtime per unit waktu untuk pergantian preventif
- $tp$  = panjang dari siklus (interval waktu) preventif
- $T_p$  = *downtime* karena tindakan preventif
- $T_f$  = *downtime* karena kerusakan komponen
- $M(tp)$  = nilai harapan panjang siklus kerusakan

## HASIL DAN PEMBAHASAN

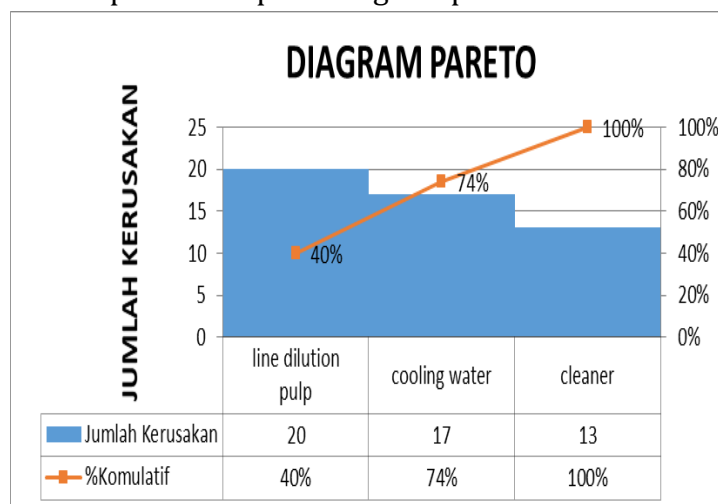
### Menentukan komponen kritis

Dalam pengumpulan data pada PT. XYZ dilakukan pemilihan sistem atau komponen untuk dijadikan bahan penelitian, dimana data kerusakan komponen didapat dari laporan perawatan mesin dari 2021-2022. Komponen yang mengalami kerusakan merupakan komponen dari mesin turbin yang terdiri dari:

Tabel 2. Analisis Komponen Kritis

Komponen Unit	Jumlah Kerusakan	% Defeck Item	% Comulatif Defeck
<i>Line Dilution Pulp</i>	20	40	40
<i>Cooling Water</i>	17	26	74
<i>Cleaner</i>	13	34	100
Jumlah	50	100	100

Jumlah kerusakan alat dapat dilihat pada diagram pareto di bawah ini:



Gambar 1. Digaram Pareto Komponen Kritis

Dari analisis data di Gambar 1 bisa dilihat apabila peralatan yang sering mengalami kerusakan ialah komponen *Line Dilution Pulp*.

Pengujian distribusi data waktu antar kerusakan ( *time for failure / Tf* ) data waktu perbaikan ( *time to repair / Tr* ). Data waktu antar kerusakan pertama dengan kerusakan berikutnya, sedangkan data waktu perbaikan didapat dengan menghitung lamanya waktu perbaikan saat kerusakan terjadi.

Model dari suatu probabilitas kerusakan suatu alat dapat dicocokkan dengan distribusi statistik. Dalam analisa keandalan ada beberapa distribusi statistik yang umum digunakan, distribusi yang digunakan tergantung pada karakter kerusakan yang terjadi jika laju kerusakannya meningkat seiring dengan bertambahnya umur dari sistem.

Tabel 3. Waktu Perbaikan

No	Waktu Antar Perbaikan (jam)
1	2
2	3
3	3
4	3
5	4
6	4
7	4
8	4
9	5
10	5
11	5
12	7

Dalam Perhitungan pengelompokan data antar kerusakan dengan perhitungan sebagai berikut :

A. Menghitung *Range* dari data kerusakan

$$R = \text{Waktu Maks} - \text{Waktu Min}$$

$$= 7 - 2$$

$$= 5$$

Jadi *range* dari data kerusakan 5 jam

B. Menentukan kelas interval

$$K = 1 + 3,3 \log n$$

$$= 1 + 3,3 \log 7$$

$$= 3,78 = 4$$

Jadi terdapat 4 kelas interval

C. Menentukan lebar kelas

$$\begin{aligned} L &= (R/K) \\ &= (5/4) \\ &= 1,25 \end{aligned}$$

Jadi lebar kelas 1,2

D. Menentukan nilai  $\mu$  ( Nilai rata-rata ) dan  $\sigma$  ( Standar deviasi ) sebagai parameter dalam distribusi normal, dengan rumus :

a) Nilai Rata-rata

$$\mu = \frac{\sum Xi}{n} \quad (4)$$

Sehingga didapatkan nilai rata-rata sampel adalah 7

b) Nilai Standart Deviasi

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (Xi - \bar{X})^2}{n}} \quad (5)$$

Maka didapatkan nilai standart deviasi 1,8

Jadi  $\alpha = 0,05$  dan  $\mu = 4$  (jumlah kelas  $4-1 = 3$  ) maka  $\chi^2$  tabel 7,81472 dapat dilihat pada tabel *chi-square*.

Kesimpulan pola kerusakan komponen dapat diketahui dengan nilai rata-rata dan *standart deviasi* diatas yang hasilnya :

$\chi^2$  uji  $< \chi^2$  Tabel (  $H_0 < H_1$  ) =  $7 < 7,81472$ , maka  $H_0$  diterima , hal ini berarti sampel berdistribusi normal.

### Menentukan Fungsi Padat Probabilitas

Pada masalah perawatan digunakan fungsi padat probabilitas karena kerusakan komponen mesin tergantung pada variabel waktu.(Jaka Purnama,2015)

$$F(tp) = \frac{1}{a\sqrt{2\pi}} \exp\left| \frac{-(tp-\mu)^2}{2\sigma^2} \right| \quad (6)$$

Tabel 4. Fungsi Padat Probabilitas

Interval (tp)	Fungsi Padat Probabilitas
1	0,2227
2	0,2022
3	0,1837
4	0,1286
5	0,0674

<b>Interval (tp)</b>	<b>Fungsi Padat Probabilitas</b>
6	0,1071
7	0,125
8	0,1071
9	0,0674
10	0,0314
11	0,0105
12	0,0026
13	0,0005
14	0,0001
15	0,0001
16	4,6583
17	2,4824
18	9,7144
19	2,8548
20	5,8942
21	9,1379
22	1,0428
23	8,7013
24	5,3443
25	2,4109
26	7,9874
27	1,9436
28	3,4928
29	4,5587
30	4,3942

Hasil dari perhitungan fungsi padat probabilitas dimana fungsi padat probabilitas tersebut merupakan peluang suatu komponen, setelah dari perhitungan probabilitasnya maka didapatlah nilai peluang yang tinggi yaitu terjadi pada interval hari ke 18 dengan nilai 9,7144.

**Menentukan Keandalan Komponen**

Keandalan suatu komponen dapat didefinisikan sebagai probabilitas dari suatu item untuk dapat melaksanakan kembali fungsi yang telah ditetapkan dalam kondisi pengoperasian.

Berikut rumus menentukan keandalan suatu komponen :

$$R(tp) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{tp}^{\infty} \exp \left| \frac{(tp-\mu)}{2\pi^2} \right|$$

$$R(tp)=1\phi \left| \frac{tp-\mu}{\sigma} \right| \quad (7)$$

Tabel 5. Keandalan Komponen

Interval (tp)	Fungsi Keandalan R(tp)
1	0,9995
2	0,9965
3	0,0107
4	0,9452
5	0,8643
6	0,6914
7	0,5
8	0,3085
9	0,1357
10	0,0548
11	0,0139
12	0,0035
13	0,0005
14	0,0007
15	0,0003
16	0,0001
17	0,0001
18	0,0000
19	0,0000
20	0,0000
21	0,0000
22	0,0000
23	0,0000
24	0,0000
25	0,0000
26	0,0000
27	0,0000
28	0,0000
29	0,0000
30	0,0000

### Waktu Kerusakan Distribusi *Weibull*

Untuk mendapatkan nilai kerusakan distribusi *weibull* pada komponen kritis dihitung dengan menggunakan rumus *Mean To Failure* (MTTF). MTTF (Mean Time to Failure) adalah rata - rata antar kerusakan dan *Mean Time To Repair* (MTTR) yaitu waktu rata - rata melakukan perbaikan dari suatu komponen. (Dhamayanti, Alhilman, & Athari, 2016) Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut : (Ardhi, 2019)

$$MTTF = \alpha \Gamma\left(1 + \frac{1}{\beta}\right) = \alpha \Gamma\left(1 + \frac{1}{\sigma}\right) \quad (8)$$



Sehingga didapatkan nilai MTTF adalah 6 Jam.

**Perhitungan Biaya Akibat Kerusakan (Cf)**

1. Untuk perbaikan dan penggantian dibutuhkan 3 teknisi dengan biaya sebesar Rp.900.000
2. Waktu rata-rata mengganti komponen Rp.5.400.000
3. Biaya komponen Rp. 3.000.000
4. Biaya material Rp.700.000
5. Biaya mengangur 2 orang operator Rp.800.000
6. waktu rata-rata Rp.4.800.000
7. Total Rp.13.900.000

**Perhitungan Total Biaya Dengan Metode Age Replacement**

Setelah biaya perawatan (cp) dan biaya perawatan akibat terjadinya kerusakan (cf) diketahui dengan nilai cp lebih kecil dari pada cf , maka selanjutnya dapat menghitung total biaya perawatan pengeluaran dengan metode *age replacement*.

$$C(t_p) = \frac{C_p.R(t_p) + C_f.(1.R(t_p))}{(t_p.R(t_p) + T_f.(1.R(t_p)))} \quad (9)$$

Tabel 6. Total Biaya Pencegahan

Interval (tp) Hari	Total Cost C(tp)
1	Rp. 10.246.421
2	Rp. 5.096.702
3	Rp. 2.056.088
4	Rp. 2.513.728
5	Rp.2.041.487
6	Rp.1.805.404
7	Rp.1.726.373
8	Rp.1.748.636
9	Rp.1.843.840
10	Rp.1.912.377
11	Rp.1.962.913
12	Rp.1.978.951
13	Rp.1.984.604
14	Rp.1.985.696
15	Rp.1.985.704
16	Rp. 1.985.713
17	Rp. 1.985.713
18	Rp.1.985.714
19	Rp.1.985.714
20	Rp.1.985.714

Interval (tp) Hari	Total Cost C(tp)
21	Rp.1.985.714
22	Rp.1.985.714
23	Rp.1.985.714
24	Rp.1.985.714
25	Rp.1.985.714
26	Rp.1.985.714
27	Rp.1.985.714
28	Rp.1.985.714
29	Rp.1.985.714
30	Rp.1.985.714

A. Perhitungan biaya perawatan metode perusahaan (Cf)

1. Biaya setiap satu kali penggantian komponen : Rp.3.000.000
2. Biaya untuk 3 teknisi : Rp.5.400.000
3. Waktu mengganggu akibat operator : Rp.4.800.000
4. Total pengeluaran akibat penggantian komponen : Rp.13.900.000

B. Perhitungan biaya perawatan usulan(Cp)

1. Biaya setiap satu kali penggantian komponen : Rp.3.000.000
2. Biaya untuk 3 teknisi : Rp.5.400.000
3. Waktu mengganggu akibat operator : Rp.4.800.000
4. Total pengeluaran akibat penggantian komponen : Rp.10.269.234

Dari perbandingan biaya perawatan komponen antara metode perusahaan dan metode usulan maka persentase keuntungan yang didapat adalah  
 $=Rp.13.900.000 - Rp.10.269.234 = Rp.3.630.766$

persentase keuntungan adalah  $\frac{3.630.766}{13.900.000} \times 100\% = 0,26 = 26\%$

Jadi persentase keuntungan yang didapat yaitu sebesar 26%.

**SIMPULAN**

Dari hasil pengolahan data dan analisa maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Solusi yang didapat untuk menyelesaikan masalah agar minim terjadinya kerusakan pada komponen yaitu melakukan perawatan komponen mesin setiap 22 hari.
2. Penjadwalan perawatan mesin *pulp* di PT. XYZ akan tercapai nilai minimalisasi biaya yaitu setiap 22 hari dengan tingkat probabilitasnya 1,0428, dan biaya yang optimal setiap kali melakukan perawatan pencegahan adalah sebesar Rp. 1.985.714.
3. Persentase penghematan biaya pemeliharaan selama satu tahun yaitu sebesar 26% dengan nilai biaya penghematan nya sebesar Rp. 3.630.766.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ardhi, T. H. (2019). Minimasi Downtime Pada Unit Shore To Ship Dengan Metode Reliability Centered Maintenance (Rcm) Di Pt. Mitra Sentosa Abadi. *JISI: Jurnal Integrasi Sistem Industri*, 6(2), 127–133. Retrieved from <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/jisi/article/view/4907>
- By Andrew K. S. Jardine, A. H. C. T. (2013). *No TiMaintenance, Replacement, and Reliability Theory and Applications*.
- Chien, Y., Rd, S., District, N., Chang, F., & Liu, T. (2014). *The Effects of Salvage Value on the Age-Replacement Policy under Renewing Warranty*. (1965), 1840–1848.
- Dhamayanti, D. S., Alhilman, J., & Athari, N. (2016). Usulan Preventive Maintenance Pada Mesin Komori Ls440 Dengan Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance (Rcm Ii) Dan Risk Based Maintenance (Rbm) Di Pt Abc. *Jurnal Rekayasa Sistem & Industri (JRSI)*, 3(02), 31. <https://doi.org/10.25124/jrsi.v3i02.29>
- Fajar Kurniawan. (2013). *Manajemen Perawatan Industri Teknik Dan Aplikasi : Implementasi Total Productive Maintenance (TPM), Preventive Maintenance & Reliability Centered Maintenance (RCM)*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Praharsi, Y., Kumala Sriwana, I., & Sari, D. M. (2015). Perancangan Penjadwalan Preventive Maintenance Pada Pt. Artha Prima Sukses Makmur. *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, 13(1), 59–65.
- Prawiro, Y. Y. (2017). Penentuan Interval Waktu Penggantian Komponen Kritis Pada Mesin Volpack Menggunakan Metode Age Replacement. *Jurnal Teknik Industri*, 16(2), 92. <https://doi.org/10.22219/jtiumm.vol16.no2.92-100>
- Purnama, J., Putra, Y. A., & Kalamollah, M. (2015). Metode Age Replacement Digunakan Untuk Menentukan Interval Waktu Perawatan Mesin Pada Armada Bus. *Seminar Nasional Sains Dan Teknologi Terapan III 2015 Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya ISBN*, 115–126.
- Rohmat, Y. N., Rachmatullah, Canra, D., & Suliono. (2017). Analisis Perancangan Jadwal Preventive Dan Predictive Maintenance Pada Mesin Kapal Di Daerah Lembangan Indramayu. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Dan Rekayasa (SENTRA)*, 1–7.
- Yaqin, R. I., Zamri, Z. Z., Siahaan, J. P., Priharanto, Y. E., Alirejo, M. S., & Umar, M. L. (2020). Pendekatan FMEA dalam Analisa Risiko Perawatan Sistem Bahan Bakar Mesin Induk: Studi Kasus di KM. Sidomulyo. *Jurnal Rekayasa Sistem Industri*, 9(3), 189–200. <https://doi.org/10.26593/jrsi.v9i3.4075.189-200>
- 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>
- Zamani, A. B., Nuruddin, M., & Dahda, S. S. (2023). Penentuan Interval Penggantian Komponen Mesin Pengayakan Batu Bara Menggunakan Metode Age Replacement. *VIII(1)*, 4341–4352.