

ANALISIS DOWNTIME MESIN FIBER SEMEN (FS) 8 SEBAGAI DASAR PENENTUAN INTERVAL DAN TEKNIKAL MAINTENANCE DI PT NUSANTARA BUILDING INDUSTRIES

Yuniar Faizati ¹⁾, Nelly Budiharti ²⁾, Sumanto ³⁾

^{1,2,3)} Program Studi Teknik Industri S-1, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Malang
Email : fztyuniar@gmail.com

Abstrak, PT Nusantara Building Industries adalah perusahaan manufaktur yang memproduksi Nusa Bess. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi jenis *downtime* dominan pada mesin Fiber Semen (FS) 8 selama periode 12 bulan tahun 2025, serta menentukan interval dan teknikal perawatan berdasarkan analisis *downtime*. Penelitian ini memiliki dua jenis pendekatan yakni kualitatif dan kuantitatif. Pendekatan kualitatif menerapkan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) dengan alat analisis *Functional Block Diagram* (FBD), *Root Cause Failure Analysis* (RCFA), *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), *Logic Tree Analysis* (LTA), dan *Task Selection*. Pendekatan kuantitatif menggunakan metode *Age Replacement* untuk menentukan interval penggantian pencegahan dengan *Total Minimum Downtime* (TMD), serta interval pemeriksaan komponen. Hasil penelitian menunjukkan, bahwa analisis *downtime* menghasilkan usulan interval penggantian pencegahan kerusakan dengan waktu 2000 menit akan menghasilkan proporsi *downtime* sebesar 0,130851807, untuk interval waktu pemeriksaan yang dihasilkan 217,708 jam (9 hari), 13 menit, dan teknikal perawatan yang tepat adalah *preventive maintenance* dengan teknik perawatannya *Time Direct* (TD) merupakan perawatan langsung ke sumber kegagalan. Penerapan usulan tersebut dampaknya dapat mengurangi *downtime*, meningkatkan *availability* mesin, dan mendukung kelancaran proses produksi. Dengan demikian, analisis *downtime* dapat dijadikan dasar dalam penentuan interval dan teknikal perawatan pada mesin Fiber Semen (FS) 8.

Kata kunci : Perawatan, *Reliability Centered Maintenance* (RCM), *Age Replacement*, Interval, Teknikal, *Total Minimum Downtime* (TMD), Nusa Bess

PENDAHULUAN

PT Nusantara Building Industries merupakan perusahaan manufaktur yang memproduksi Nusa Bess dengan mesin Fiber Semen (FS) 8 sebagai salah satu mesin utama produksi. Selama periode Januari–Desember 2025, mesin FS 8 mengalami *downtime* sebesar 9.985 menit. *Downtime* (Wibowo et al., 2018) merupakan waktu henti yang terbuang akibat terkendalanya mesin yang *trouble*. *Downtime* PT NBI dipengaruhi oleh kurangnya inspeksi, tidak teraktualnya proses *preventive* secara berkala, serta tidak dilakukannya *cleaning*, dan *age replacement* pada komponen.

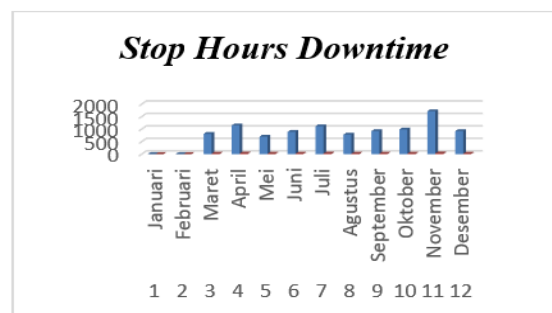
Tabel 1. *Downtime* Mesin Tahun 2025

No	Bulan	Stop Hours Downtime (Menit)	Stop Hours Downtime (Jam)
1	Januari	0	0
2	Februari	0	0
3	Maret	810	14
4	April	1150	19
5	Mei	700	12
6	Juni	890	15
7	Juli	1115	19
8	Agustus	780	13

No	Bulan	Stop Hours Downtime (Menit)	Stop Hours Downtime (Jam)
9	September	920	15
10	Oktober	985	16
11	November	1715	29
12	Desember	920	15
Total Downtime		9985	166

(Sumber: PT Nusantara Building Industries)

Berdasarkan tabel 1 melalui kondisi tersebut, penelitian ini bertujuan mengidentifikasi dan mengelompokkan jenis *downtime* yang paling dominan pada mesin Fiber Semen (FS) 8 di PT Nusantara Building Industries.



Gambar 1. *Stop Hours Downtime*
(Sumber: Pengolahan Data)

Berdasarkan gambar 1 dapat diketahui kondisi *stop hours* dari *downtime* mesin Fiber Semen (FS) 8 selama periode Januari-Desember 2025 fluktuatif. Berdasarkan pengamatan di lapangan kondisi *downtime* mengakibatkan mesin berhenti, sehingga kehilangan waktu produksinya, dan menurunkan tingkat *availability* mesin. Menurut (Sudrajat, 2011) dalam (Arinta, 2020), apabila kondisi tersebut terus berulang, maka mesin berpotensi menghambat kelancaran proses produksi, dan pencapaian target produksi perusahaan yang telah ditentukan sebelumnya menjadi terganggu. Oleh karena itu, diperlukannya analisis lebih lanjut untuk menentukan interval dan teknikal *maintenance* yang tepat guna untuk mengurangi *downtime* yang terjadi pada mesin Fiber Semen (FS) 8 di PT Nusantara Building Industries.

Reliability Centered Maintenance (RCM)

Penyebab *downtime* tinggi karena kurangnya inspeksi, tidak teraktualnya proses *preventive* secara berkala, dan tidak melakukan *cleaning*, maupun *age replacement* pada komponen secara tepat. Berdasarkan hasil analisis di lapangan, untuk kondisi tersebut metode yang paling tepat menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) yaitu digunakan untuk menentukan strategi pemeliharaan secara tepat (Widyaningrum, 2022). Selain metode RCM menggunakan metode *Age Replacement* RCM yang membantu untuk mengatur jadwal perawatan pencegahan untuk mengganti komponen yang rusak berdasarkan catatan umur komponen atau lamanya pemakaian (Afiva et al., 2019). Pembaharuan dari penelitian ini melibatkan dari sisi metode, penelitian terdahulu belum mengintegrasikan analisis RCM secara kualitatif dengan analisis kuantitatif untuk menentukan interval penggantian pencegahannya dan pemeriksaan, kemudian dari sisi objek atau komponen pada penelitian terdahulu masih terbatas dengan menggunakan satu komponen, sementara dalam penelitian ini melakukan identifikasi dan pengelompokkan beberapa komponen kritis berdasarkan tingkat *downtime* dan hasil FMEA, serta melakukan uji GoF dengan distribusi yang berbeda-beda.

Functional Block Diagram (FBD)

Functional Block Diagram (FBD) merupakan hubungan yang dapat menjelaskan

antara *equipment* satu dengan yang lainnya (Munawir et al., 2020).

Root Cause Failure Analysis (RCFA)

Root Cause Failure Analysis (RCFA) merupakan alat analisis yang digunakan untuk melakukan identifikasi dan mengelompokkan akar penyebab kegagalan pada komponen (Mobley, 2017) dalam (Arinta, 2020).

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) digunakan untuk mengidentifikasi mode kegagalan yang terjadi pada setiap komponen, berdasarkan nilai *Risk Priority Number* (RPN) (Afiva et al., 2018). RPN diperoleh dari parameter *severity*, *occurrence*, dan *detection* (Ahmadi & Hidayah, 2017). *Severity* adalah tingkat keparahan kerusakan. *Occurrence* adalah tingkat seringnya terjadi kerusakan. *Detection* mudah atau tidak kerusakan dapat dideteksi.

Tabel 2. Tingkat *Severity*

Nilai	Kriteria <i>Severity</i>
10	Tidak beroperasi/berfungsi sama sekali
9	Menimbulkan peringatan dan kehilangan fungsi utama
8	Hilangnya fungsi utama
7	Berkurangnya fungsi utama
6	Hilangnya kenyamanan fungsi pengguna
5	Berkurangnya kenyamanan fungsi pengguna
4	Perubahan fungsi dan banyak pekerja menyadari adanya masalah
3	Tidak terdapat efek dan pekerja menyadari adanya masalah
2	Tidak terdapat efek dan pekerja tidak menyadari adanya masalah
1	Tidak ada efek

(Sumber: Najah & Nursanti, 2023)

Tabel 3. Tingkat *Occurance*

Nilai	Kriteria <i>Occurance</i>
10	Lebih besar dari 50 per 7200 jam penggunaan
9	35-50 per 7200 jam penggunaan
8	31-35 per 7200 jam penggunaan
7	26-30 per 7200 jam penggunaan
6	21-25 per 7200 jam penggunaan
5	15-20 per 7200 jam penggunaan
4	11-14 per 7200 jam penggunaan
3	5-10 per 7200 jam penggunaan
2	Lebih kecil dari 5 per 7200 jam penggunaan
1	Tidak pernah sama sekali

(Sumber: Najah & Nursanti, 2023)

Tabel 4. Tingkat *Detection*

Nilai	Kriteria <i>Detection</i>
10	Tidak mampu terdeteksi
9	Sangat sulit untuk terdeteksi dan kesempatan yang sangat rendah
8	Sulit untuk terdeteksi dan kesempatan yang sangat rendah
7	Kesempatan yang sangat rendah untuk terdeteksi
6	Kesempatan yang rendah untuk terdeteksi
5	Kesempatan yang sedang untuk terdeteksi
4	Kesempatan yang cukup tinggi untuk terdeteksi
3	Kesempatan yang tinggi untuk terdeteksi
2	Kesempatan yang sangat tinggi untuk terdeteksi
1	Bisa atau pasti terdeteksi

(Sumber: Najah & Nursanti, 2023)

Rumus FMEA:

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

Logic Tree Analysis (LTA)

Logic Tree Analysis (LTA) digunakan untuk mengidentifikasi dampak dari setiap mode kegagalan serta mengelompokkan tingkat kekritisannya berdasarkan kategori *safety*, *evident*, *outage*, dan *category* (Rachman et al., 2017). Hasil LTA menjadi dasar dalam penentuan tindakan perawatan.

Task Selection

Task Selection adalah alat analisis untuk memilih secara tepat tindakan perawatan yang sesuai terhadap mode kerusakan. Tindakan perawatan yang digunakan meliputi 3 bagian (Ahmadi & Hidayah, 2017):

- Time Directed* (TD) merupakan perawatan secara langsung ke sumber kerusakan atau kegagalan.
- Condition Directed* (CD) merupakan perawatan yang dilakukan dengan memeriksa, cek kondisi, atau inspeksi.
- Failure Finding* (FF) merupakan kerusakan, ketika ditemukan dalam keadaan kondisi normal terjadi kerusakan di tempat tersembunyi.

METODE

Teknik pengumpulan data yaitu:

- Observasi
- Dokumentasi
- Wawancara terhadap karyawan di PT Nusantara Building Industries untuk

memperoleh data, serta informasi mengenai objek penelitian yang digunakan.

Teknik pengolahan data yaitu:

- Pembuatan *Functional Block Diagram*
- Pembuatan *Root Cause Failure Analysis*
- Analisis *Failure Mode and Effect Analysis*
- Penyusunan *Logic Tree Analysis*
- Pemilihan *Task Selection Road Map*
- Melakukan Perhitungan Distribusi Mode Kegagalan
- Melakukan Uji *Goodness Of Fit*
- Melakukan Perhitungan Parameter Dari Distribusi Mode Kegagalan
- Melakukan Perhitungan Nilai Tengah Dari Distribusi Mode Kegagalan
- Melakukan Perhitungan Interval Dengan *Total Minimum Downtime*
- Melakukan Perhitungan Nilai *Reliability* Sebelum dan Sesudah
- Melakukan Perhitungan Nilai *Availability*
- Kesimpulan dan Saran

Distribusi Mode Kegagalan

Menurut (Ebeling, 1997) dalam (Arinta, 2020) penentuan distribusi mode kegagalan dilakukan melalui metode *Least Square Curve Fitting* berupa bentuk nilai kurva sesuai dengan kriteria statistik *output* nya adalah nilai *Index of Fit*. Distribusi dengan nilai *Index of Fit* terbesar dipilih sebagai distribusi yang digunakan dalam analisis. Berikut rumus yang digunakan dalam mencari *index of fit* (Arinta, 2020):

Rumus nilai tengah kerusakan (*Medium Rank*):

$$F(t_i) = \frac{i-0,3}{N+0,4} \dots\dots\dots(2)$$

Rumus *index of fit*:

$$r = \frac{N \sum_{i=1}^n X_i Y_i - \sum_{i=1}^n X_i \cdot \sum_{i=1}^n Y_i}{\sqrt{N \sum_{i=1}^n X_i^2 - (\sum_{i=1}^n X_i)^2} \times \sqrt{N \sum_{i=1}^n Y_i^2 - (\sum_{i=1}^n Y_i)^2}} \dots\dots(3)$$

Berikut untuk distribusinya:

- Distribusi Eksponensial biasanya digunakan untuk menghitung laju kerusakan dari waktu ke waktu.

$$X_i = t_i \dots\dots\dots(4)$$

$$Y_i = \ln \left(\frac{1}{1-F(t_i)} \right) \dots\dots\dots(5)$$

- Distribusi Normal digunakan untuk memodelkan waktu perbaikan (*time to repair*).

$$X_i = t_i \dots\dots\dots(6)$$

$$Y_i = Z_i = \Phi^{-1}[F(t_i)] = \frac{t_i - \mu}{\sigma} \dots\dots(7)$$

- Distribusi Lognormal memiliki kegunaan yang sama untuk memodelkan waktu

perbaikan, namun, dalam perhitungannya menggunakan logaritma natural atau ln.

$$X_i = \ln t_i \dots \dots \dots (8)$$

$$Y_i = Z_i = \Phi^{-1}[F(t_i)] = \Phi^2 \left(\left(\frac{1}{s} \right) \ln t_i - \left(\frac{1}{s} \right) \ln t_{med} \right) \dots \dots \dots (9)$$

- d. Distribusi *Weibull* digunakan untuk memberikan model pada suatu komponen yang kondisinya cenderung aus seiring bertambahnya usia (*wear-out phase*).

$$X_i = \ln t_i \dots \dots \dots (10)$$

$$Y_i = \ln |\ln| \frac{1}{(1-F(t_i))} \dots \dots \dots (11)$$

Uji Goodness Of Fit (GoF)

Uji *Goodness of Fit* (GoF) adalah bentuk pengujian yang dilakukan ketika distribusi diambil dari nilai yang paling besar atau yang paling sesuai untuk *Time to Failure* (TTF) dan *Time to Repair* (TTR) (Susanto & Azwir, n.d.)(2020). Proses pengujian dilakukan menggunakan Uji *Mann Test* pada distribusi *Weibull*, *Kolmogorov-Smirnov Test* pada distribusi Normal dan Lognormal, serta *Bartlett Test* pada distribusi Eksponensial (Ebeling, 1997) dalam (Arinta, 2020).

- a. Uji *Mann Test* Pada Distribusi *Weibull*

$$Z_i = \ln \left[-\ln \left(1 - \frac{i-0.5}{N+0.25} \right) \right] \dots \dots \dots (12)$$

$$M_i = Z_{i+1} - Z_i \dots \dots \dots (13)$$

$$k_1 = \left[\frac{r}{2} \right] \dots \dots \dots (14)$$

$$k_2 = \left[\frac{r-1}{2} \right] \dots \dots \dots (15)$$

Jika nilai $M > F_{crit}$ maka H_1 diterima. Begitupun sebaliknya, jika nilai dari $M < F_{crit}$ maka H_1 ditolak.

- b. Uji *Kolmogorov-Smirnov Test* Pada Distribusi Normal dan Log Normal

$$Z(t_i) = \frac{t_i - \mu}{s} \dots \dots \dots (16)$$

$$D_1 = \max \Phi F(t_i) - \left(\frac{t_i-1}{N} \right) \dots \dots \dots (17)$$

$$D_2 = \max \left(\frac{i}{N} \right) - F(t_i) \dots \dots \dots (18)$$

$$D_N = \max(D_1, D_2) \dots \dots \dots (19)$$

Untuk distribusi normal sesuai dengan (20) dan (21).

$$\mu = \frac{\sum t_i}{N} \dots \dots \dots (20)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{(t_i - \mu)^2}{N}} \dots \dots \dots (21)$$

Untuk distribusi lognormal sesuai dengan (22) dan (23).

$$\mu = \left(\frac{\sum_{i=1}^N \ln t_i}{N} \right) \dots \dots \dots (2.22)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (\ln t_i - \mu)^2}{N}} \dots \dots \dots (2.23)$$

- c. Uji *Bartlett Test* Pada Distribusi Eksponensial

$$\frac{\sum t_i}{r} \dots \dots \dots (24)$$

$$\ln \left(\frac{\sum t_i}{r} \right) \dots \dots \dots (25)$$

$$\frac{\sum \ln t_i}{r} \dots \dots \dots (26)$$

$$B = \frac{2r \left[\ln \left(\frac{1}{r} \right) \sum_{i=1}^r t_i - \left(\frac{1}{r} \right) \sum_{i=1}^r \ln t_i \right]}{1 + \frac{(r+1)}{6r}} \dots \dots \dots (27)$$

H_0 diterima, apabila nilai B kondisinya ada diantara daerah penerimaan, sesuai dengan rumus (2.28).

$$X^2 \left(\frac{1-\alpha}{2} \times (r-1) \right) < B < X^2 \left(\frac{\alpha}{2} \times (r-1) \right) \dots \dots (28)$$

Mean Time to Failure (MTTF)

Mean Time To Failure atau yang biasa disebut juga dengan MTTF adalah rata-rata waktu yang dialami mesin pada saat terjadinya kerusakan dari peralatan, sistem, mesin, ataupun komponen (Arinta, 2020). Berikut rumus yang digunakan:

- a. Distribusi *Weibull*

$$MTTF = \Gamma \left(1 + \frac{1}{\beta} \right) \dots \dots \dots (29)$$

- b. Distribusi Normal

$$MTTF = \mu \dots \dots \dots (30)$$

- c. Distribusi Lognormal

$$MTTF = e^{\left(\mu + \frac{\sigma^2}{2} \right)} \dots \dots \dots (31)$$

- d. Distribusi Eksponensial

$$MTTR = \frac{1}{\lambda} \dots \dots \dots (32)$$

Mean Time to Repair (MTTR)

Mean Time To Repair atau yang biasa disebut juga dengan MTTR adalah rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk mesin kembali normal dari dilakukannya suatu perbaikan ketika terjadinya kerusakan atau kegagalan (*failure*) (Nisak et al., 2022). Berikut rumus yang digunakan:

- a. Distribusi *Weibull*

$$MTTR = \theta \Gamma \left(1 + \frac{1}{\beta} \right) \dots \dots \dots (33)$$

- b. Distribusi Normal

$$MTTR = \mu \dots \dots \dots (34)$$

- c. Distribusi Lognormal

$$MTTR = T_{med} \cdot e^{\frac{s^2}{2}} \dots \dots \dots (35)$$

- d. Distribusi Eksponensial

$$MTTR = \frac{1}{\lambda} \dots \dots \dots (36)$$

Age Replacement

Metode *Age Replacement* adalah bentuk perhitungan untuk menghitung dan

menghasilkan Interval pencegahan untuk kerusakan dari nilai *Total Minimum Downtime* (TMD) (Arinta, 2020). Selain menentukan interval penggantian, metode ini juga digunakan untuk menentukan interval pemeriksaan komponen, sehingga diperoleh usulan jadwal perawatan yang tepat. Rumus interval penggantian pencegahan:

$$D(t_p) = \frac{T_p \times R(t_p) + T_f \times F(t_p)}{(t_p + T_p) \times R(t_p) + (M(t_p) + T_f) \times F(t_p)} \dots (37)$$

Rumus interval pemeriksaan:

$$\frac{t}{N} \dots (38)$$

Availability

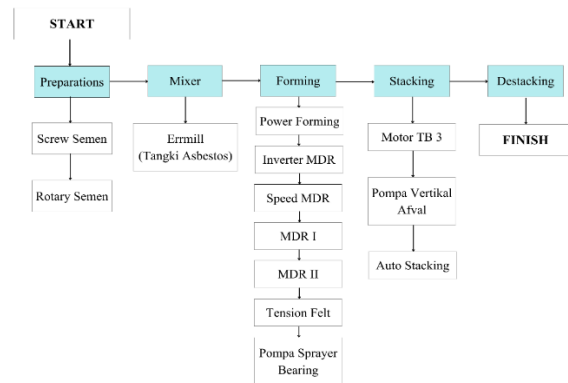
Availability dapat didefinisikan sebagai bentuk ketersediaan dari waktu suatu sistem yang siap saat digunakan (*uptime*) bekerja sesuai dengan fungsi pada kondisi normal. Rumus *availability* total:

$$Availability = A(n) * A(tp) \dots (39)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut adalah hasil dari pengolahan data kualitatif menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM):

Functional Block Diagram (FBD)



Gambar 2. *Functional Block Diagram* (Sumber: Pengolahan Data)

Keterangan dari gambar *Functional Block Diagram* yakni :

a. Mesin Preparation

Mesin *preparations* berfungsi untuk mempersiapkan bahan baku, serta mengalirkan atau menyalurkan bahan baku utama, sebelum akhirnya memasuki proses pencampuran.

b. Mesin Mixer

Kedua pada sub mesin *Mixer* memiliki fungsi yang bekerja sebagai tempat pencampuran bahan baku, seperti semen,

air, selulosa, krisotil, dan asbestos yang kemudian dicampur menjadi campuran yang homogen seperti bubur (*slurry*).

c. Mesin Forming

Ketiga pada sub mesin *Forming* merupakan mesin yang menjadi kunci proses produksi karena di tahap inilah campuran *slurry* dibentuk menjadi lembaran fiber semen menjadi produk Nusa Bess.

d. Mesin Stacking

Keempat pada sub mesin *Stacking* berfungsi untuk menyusun lembaran fiber semen yang sudah mengalami proses produksi, disusun dengan tujuan, agar rapi menuju ke tahap berikutnya.

e. Mesin Destacking

Keempat pada sub mesin *Stacking* berfungsi untuk menyusun lembaran fiber semen yang sudah mengalami proses produksi, disusun dengan tujuan, agar rapi menuju ke tahap berikutnya.

Root Cause Failure Analysis (RCFA)

Dalam penelitian ini digunakan untuk menganalisis dan mengetahui penyebab masalah dari kegagalan mesin Fiber Semen (FS) 8, sehingga tidak ada pengulangan dengan kegagalan yang sama. RCFA disusun melalui kondisi aktual di lapangan oleh peneliti dan diskusi bersama oleh teknisi lapangan yang berpengalaman lebih dari 1 tahun, untuk menyusun beberapa probabilitas-probabilitas yang menjadi akar penyebab kerusakan.

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) itu sendiri bertujuan melakukan antisipasi risiko, mencegah terjadi kegagalan fungsi, mampu memberikan peningkatan kualitas proses, dan mengurangi terjadinya biaya yang berlebihan yang diakibatkan oleh kegagalan yang muncul (Tarumingkeng, 2024).

Tabel 5. FMEA

No	Equipment	S	O	D	RPN
1	Errmill	10	2	2	40
2	MDR I	10	1	1	10
3	Motor TB 3	10	2	2	40
4	Inverter MDR	10	5	5	250
5	Pompa Sprayer Bearing	7	5	2	70
6	Power Forming	10	2	5	100
7	Speed MDR	8	5	5	200
8	Pompa Vertikal Afval	3	2	1	6

No	Equipment	S	O	D	RPN
9	Auto Stacking	7	5	5	175
10	MDR II	10	3	1	30
11	Screw Semen	10	3	1	30
12	Rotary Semen	10	3	1	30
13	Tension Felt	7	3	2	42

(Sumber: Pengolahan Data)

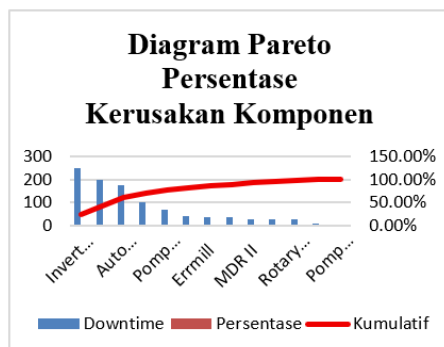
Dari hasil FMEA terdapat nilai RPN tertinggi hingga terendah. Dilanjutkan dengan perhitungan persentase dan persentase kumulatif sebagai dasar penentuan komponen kritisnya. Berikut tabel dibawah ini bentuk hasil perhitungan persentase dari adanya 13 jenis-jenis kerusakan dari mesin FS 8.

Tabel 6. Persentase Kerusakan Komponen

Nama Komponen	Hasil RPN	Persentase (%)	Kumulatif (%)
Inverter MDR	250	24.44	24.44
Speed MDR	200	19.55	43.99
Auto Stacking	175	17.11	61.10
Power Forming	100	9.78	70.87
Pompa Sprayer Bearing	70	6.84	77.71
Tension Felt	42	4.11	81.82
Errmill	40	3.91	85.73
Motor TB 3	40	3.91	89.64
MDR II	30	2.93	92.57
Screw Semen	30	2.93	95.51
Rotary Semen	30	2.93	98.44
MDR I	10	0.98	99.42
Pompa Vertikal Afval	6	0.59	100.00

(Sumber: Pengolahan Data)

Berdasarkan tabel 6 hasil persentase kerusakan komponen untuk nilai RPN tertinggi pada Inverter MDR yang menunjukkan, bahwa kegagalan kontrol inverter berdampak langsung terhadap penghentian proses produksi secara menyeluruh, sehingga meningkatkan tingkat risiko operasional. Begitu pula dengan komponen lainnya, sehingga untuk melanjutkan hasil analisis FMEA diperoleh 5 jenis kerusakan terbesar yaitu *Inverter MDR*, *Speed MDR*, *Auto Stacking*, *Power Forming*, dan *Poma Sprayer Bearing*, dengan total kontribusi kumulatif terbesar 77,71%. 5 komponen tersebut dikategorikan sebagai komponen kritis yang perlu mendapatkan perhatian untuk perawatan di PT NBI.



Gambar 3. Persentase Kerusakan Komponen
(Sumber: Pengolahan Data)

Logic Tree Analysis (LTA)

Berikut kriteria dari pertanyaan penyusunan LTA:

- Evident* (Apakah operator atau teknisi dalam keadaan yang normal sadar dan mengetahui, bahwa terdapat adanya kerusakan?)
- Safety* (Apakah melalui kerusakan yang ditimbulkan itu memberikan bahaya keselamatan?)
- Outage* (Apakah mode kerusakan tersebut mampu memberikan dampak sebagian atau seluruh sistem berhenti?)

Task Selection (Pemilihan Tindakan)

Dalam penelitian ini *Task Selection Road Map* digunakan sebagai tempat penentuan tindakan perawatan dalam pengisiannya dibantu oleh teknisi lapangan yaitu *foreman*. Bentuk *decision question* atau mode kerusakannya yaitu:

- Apakah keterkaitan dengan *age reliability* dapat diketahui?
- Apakah tindakan *Time Directed* (TD) dapat digunakan?
- Apakah tindakan *Condition Directed* (CD) dapat digunakan?
- Apakah tindakan *Failure Finding* (FF) dapat digunakan?

- e. Apakah komponen tersebut termasuk dalam mode kerusakan?
f. Apakah dari beberapa kegiatan yang dilakukan itu efektif?
g. Mampukah jika dilakukan pembaruan sistem meminimalkan kerusakan dan dampaknya?

Tabel 7. *Task Selection*

No	Equipment	Failure Mode	Task Selection
1	Errmill	Kabel Putus	TD
2	MDR I	Tersiram Air	CD
3	Motor TB 3	Acceleration Time Tinggi/Sensor Geser	CD
4	Inverter MDR	Kontrol Error	FF
5	Pompa Sprayer Bearing	Seal Bocor/Rusak	TD
6	Power Forming	Short Kabel/Motor	TD
7	Speed MDR	Kabel Kendor/Kontrol Speed Rusak	CD
8	Pompa Vertikal Afval	Tidak Dibersihkan	CD
9	Auto Stacking	Sensor Rusak	CD
10	MDR II	Lifetime	TD
11	Screw Semen	Arah Putaran Terbalik	TD
12	Rotary Semen	Ada Gumpalan Semen	TD
13	Tension Felt	As Drat (Batang Berulir) Berkarat/Patah	TD

(Sumber: Pengolahan Data)

Tabel 8. Lima Komponen Kritis

Komponen	RPN	Task Selection
Inverter MDR	250	FF
Speed MDR	200	CD
Auto Stacking	175	CD
Power Forming	100	TD
Pompa Sprayer Bearing	70	TD

(Sumber: Pengolahan Data)

Tabel 9. *Time to Failure (TTF)*

No	Nama Komponen	Distribusi	Index	Index Of Fit (%)
1	Pompa Sprayer Bearing	Ekspensial	0.99	100
		Normal	0.97	98
		Lognormal	0.99	99
		Weibull	0.97	98
2	Power Forming	Ekspensial	1,00	100
		Normal	1,00	100
		Lognormal	1,00	100
		Weibull	1,00	100
3	Auto Stacking	Ekspensial	1,00	100
		Normal	1,00	100
		Lognormal	1,00	100
		Weibull	1,00	100
4	Speed MDR	Ekspensial	-0.25	-25
		Normal	-0.41	-42
		Lognormal	-0.40	-41
		Weibull	-0.41	-41

(Sumber: Pengolahan Data)

Distribusi Data Antar Waktu Kerusakan (*Time to Failure*)

Berikut hasil perhitungan (*time to failure*) untuk mengetahui jarak kerusakan antar komponen. Analisis distribusi hanya dilakukan

pada komponen yang memiliki jumlah data kerusakan lebih dari satu. Untuk perhitungan distribusi mode kegagalan itu menggunakan rumus yang sama sesuai dengan (2.3).

a. Distribusi Eksponensial

$$r = \frac{(3 \times (33780.37079)) - (3320 \times (2.50412))}{\sqrt{((3 \times 407970400) - 3320) \times \sqrt{((3 \times 3.03141756) - 2.50412)}}}$$

$$r(\text{index of fit}) = 0.999268861 \approx 0.999$$

b. Distribusi Normal

$$r = \frac{(2 \times (2802.948865)) - (37610 \times (0))}{\sqrt{((2 \times 720312100) - 37610^2) \times \sqrt{((2 \times 0.601753389) - 0^2)}}}$$

$$r(\text{index of fit}) = 1,00 \approx 1,00$$

c. Distribusi Lognormal

$$r = \frac{(3 \times (0.62777389)) - (257.8293669 \times (0))}{\sqrt{((3 \times 257.8293669) - 27.79564804^2) \times \sqrt{((3 \times 1.347399305) - 0^2)}}}$$

$$r(\text{index of fit}) = 0.99290659 \approx 0.992$$

d. Distribusi Weibull

$$r = \frac{(3 \times (-12.02194958)) - (27.79564804 \times (-1.376204848))}{\sqrt{((3 \times 257.8293669) - 27.79564804^2) \times \sqrt{((3 \times 2.49709802) - -1.376204848^2)}}}$$

$$r(\text{index of fit}) = 0.979674738 \approx 0.979$$

Distribusi Data Antar Waktu Perbaikan (Time to Repair)

Berikut hasil perhitungan (*time to repair*) untuk mengetahui lama waktu yang diperlukan selama memperbaiki masing-masing komponen. Analisis distribusi hanya dilakukan pada komponen yang memiliki jumlah data kerusakan lebih dari satu.

Tabel 10. *Time to Repair* (TTR)

No	Nama Komponen	Distribusi	Index Of Fit	Index Of Fit (%)
1	<i>Pompa Sprayer Bearing</i>	Eksponensial	0.489	49
		Normal	0.409	41
		Lognormal	0.17	17
		Weibull	0.13	13
2	<i>Power Forming</i>	Eksponensial	-0.941	-94
		Normal	-0.86	-86
		Lognormal	-0.87	-87
		Weibull	-0.92	-92
3	<i>Auto Stacking</i>	Eksponensial	Tidak terdefinisi	Tidak terdefinisi
		Normal	Tidak terdefinisi	Tidak terdefinisi
		Lognormal	Tidak terdefinisi	Tidak terdefinisi
		Weibull	Tidak terdefinisi	Tidak terdefinisi
4	<i>Speed MDR</i>	Eksponensial	-0.38	-38
		Normal	-0.319	-32
		Lognormal	-0.357	-36
		Weibull	-0.338	-34

(Sumber: Pengolahan Data)

Pengujian *Goodness of Fit* dalam penelitian ini difokuskan pada data yang menghasilkan nilai *Index of Fit* positif, yaitu komponen *Pompa Sprayer Bearing* pada data *Time to Failure* (TTF) dan *Time to Repair* (TTR). Nilai *Index Of Fit* negatif menunjukkan, bahwa pola kerusakan tidak memenuhi asumsi distribusi teoritis yang diuji, sehingga komponen tersebut tidak dilanjutkan ke tahap perhitungan interval penggantian. Pemilihan tersebut dilakukan dengan pertimbangan, bahwa data memiliki indikasi kesesuaian distribusi yang lebih baik dibandingkan data lainnya, sehingga hasil pengujian *Goodness of Fit* dapat memberikan interpretasi yang lebih representatif terhadap karakteristik data yang tersedia.

Uji Goodness Of Fit Pada Distribusi Data Waktu Kerusakan

Distribusi Eksponensial Komponen Pompa Sprayer Bearing Uji *Bartlett Test*
Uji Statistik :

Mencari nilai rata-rata TTF: $\frac{\sum t_i}{r}$

$$\frac{\sum 33320}{3} = 11106.66667$$

Mencari nilai ln rata-rata TTF: $\ln\left(\frac{\sum t_i}{r}\right)$

$$\ln\left(\frac{\sum 3320}{3} = 11106.66667\right) = 9.315301$$

Mencari nilai rata-rata ln TTF: $\frac{\sum \ln t_i}{r}$

$$\frac{\sum 30.4054172}{3} = 10.135139$$

$$B = \frac{2r \left[\ln\left(\frac{1}{r}\right) \sum_{i=1}^r t_i - \left(\frac{1}{r}\right) \sum_{i=1}^r \ln t_i \right]}{1 + \frac{(r+1)}{6r}} \quad (2.27)$$

$$B = \frac{2(3)[9.315301 - 10.135139]}{1 + \frac{(3+1)}{6(3)}}$$

$$B = \frac{4.9190295}{1.222222222}$$

$$B = 4.024660541$$

H_0 diterima, jika nilai B berada pada posisi kritis dengan persamaannya yakni:

$$X^2 \left(\frac{1-\alpha}{2} \times (r-1) \right) < B < X^2 \left(\frac{\alpha}{2} \times (r-1) \right) \quad (28)$$

Dapat disimpulkan, bahwa hasil nilai *chi-square* bawah pada batas kiri $X^2_{0.95}$ adalah 5,991 dan hasil nilai *chi-square* atas pada batas kanan $X^2_{0.05}$ adalah 0,103. Jadi, daerah penerimaan H_0 pada uji *Bartlett* menjadi $0,103 < B < 5,991$. Karena nilai statistik Uji *Bartlett* B berada pada daerah penerimaan, maka H_0 diterima.

Uji Goodness Of Fit Pada Distribusi Data Waktu Perbaikan

Berikut adalah hasil Uji *Goodness Of Fit* data waktu perbaikan atau *time to repair* (TTR) untuk komponen *Pompa Sprayer Bearing* yang menggunakan distribusi eksponensial untuk data waktu perbaikan, sehingga Uji *Goodness Of Fit* yang digunakan yaitu Uji *Bartlett Test*.

Uji statistik :

Mencari nilai rata-rata TTF (2.24):

$$\frac{\sum t_i}{r} = \frac{175}{4} = 43.75$$

Mencari nilai ln rata-rata TTF (2.25):

$$\ln \left(\frac{\sum t_i}{r} \right) = \ln \left(\frac{175}{4} = 43.75 \right) = 3.778492$$

Mencari nilai rata-rata ln TTF (2.26):

$$\frac{\sum \ln t_i}{r} = \frac{14.1156}{4} = 3.528903788$$

$$B = \frac{2r \left[\ln \left(\frac{1}{r} \right) \sum_{i=1}^r t_i - \left(\frac{1}{r} \right) \sum_{i=1}^r \ln t_i \right]}{1 + \frac{(r+1)}{6r}} \quad (2.27)$$

$$B = \frac{2(4)[3.778492 - 3.528903788]}{1 + \frac{(4+1)}{6(4)}}$$

$$B = \frac{8[0.24958783]}{1.208333333}$$

$$B = \frac{1.9967026}{1.208333333}$$

$$B = 1.652443532$$

H_0 diterima, apabila nilai B kondisinya ada diantara daerah penerimaan:

$$X^2 \left(\frac{1-\alpha}{2} \times (r-1) \right) < B < X^2 \left(\frac{\alpha}{2} \times (r-1) \right)$$

$$1.4 < B < 5.991 \quad (2.28).$$

Dapat disimpulkan, bahwa hasil nilai *chi-square* bawah pada batas kiri $X^2_{1.4}$ adalah 5.991 dan hasil nilai *chi-square* atas pada batas kanan $X^2_{0.075}$ adalah 0.156. Jadi, daerah penerimaan H_0 pada uji *Bartlett* menjadi $1.4 < B < 5.991$. Karena nilai statistik Uji *Bartlett* B berada pada daerah penerimaan, maka H_0 diterima.

Parameter Distribusi Data Waktu Kerusakan

Komponen *pompa sprayer bearing* untuk (λ) lambda atau laju kerusakan.

$$\lambda = \frac{3}{33320} = 0.0000900360144 \text{ menit}$$

Berdasarkan hasil perhitungan, komponen *Pompa Sprayer Bearing* memiliki nilai parameter λ sebesar 0,0000900360144 menit. Nilai λ menunjukkan laju kerusakan komponen berdasarkan waktu operasi, yang digunakan sebagai parameter dalam distribusi eksponensial untuk menganalisis karakteristik pola waktu kegagalan.

Parameter Distribusi Data Waktu Perbaikan

Berdasarkan hasil uji kecocokan atau uji GoF distribusi waktu perbaikan, diketahui bahwa satu komponen yang memiliki parameter yaitu Pompa Sprayer Bearing yang berdistribusi eksponensial.

$$\lambda = \frac{4}{175} = 0.022857143 \text{ menit}$$

Berdasarkan hasil perhitungan, komponen *Pompa Sprayer Bearing* memiliki nilai parameter λ sebesar 0.022857143 menit. Nilai λ menunjukkan laju kerusakan komponen berdasarkan waktu operasi, yang digunakan sebagai parameter dalam distribusi eksponensial untuk menganalisis karakteristik pola waktu perbaikan.

Mean Time to Failure (MTTF)

Hasil MTTF *Pompa Sprayer Bearing* berdistribusi eksponensial (2.32)

$$MTTF = \frac{1}{\lambda}$$

$$MTTF = \frac{1}{0.0000900360144}$$

$$MTTF = 11106.66667 \text{ menit}$$

Komponen *Pompa Sprayer Bearing* memiliki rata-rata waktu operasi hingga mengalami kerusakan berdistribusi eksponensial sebesar 11.106,66667 menit.

Mean Time to Repair (MTTR)

Hasil MTTR Pompa Sprayer Bearing berdistribusi eksponensial (2.36).

$$MTTF = \frac{1}{\lambda}$$

$$MTTR = \frac{1}{0.022857143}$$

$$MTTR = 43.75 \text{ menit}$$

Komponen Pompa Sprayer Bearing membutuhkan rata-rata waktu perbaikan sebesar 43,75 menit setiap kali mengalami kerusakan.

Interval Waktu Penggantian Pencegahan

Perhitungan interval dengan total minimum downtime digunakan untuk mencari interval waktu penggantian pencegahan kerusakan menggunakan metode Age

Replacement yaitu dengan memilih t_p (interval waktu penggantian untuk pencegahan kerusakan) dengan nilai downtime yang paling kecil. Berdasarkan hasil pengolahan data yang dilakukan sampai akhir, bahwa keterbatasan jumlah data menyebabkan hanya komponen Pompa Sprayer Bearing yang memenuhi syarat untuk analisis distribusi dan Age Replacement secara lengkap.

$D(t_p)$ merupakan mencari interval dengan total minimum downtime (TMD) (2.37).

$$D(t_p) = \frac{T_p \times R(t_p) + T_f \times F(t_p)}{(t_p + T_p) \times R(t_p) + (M(t_p) + T_f) \times F(t_p)}$$

$$D(t_p) = \frac{(2000 \times 0.83521005) + (43.75 \times 0.16478995)}{(2043.75 + 0.83521005) + (67398.93224 + 43.75) \times (0.16478995)}$$

$$D(t_p) = \frac{1677.62966}{12820.83677} = 0.130851807$$

Tabel 11. Total Minimum Downtime (TMD)

t_p	$R(t_p)$	T_f	$F(t_p)$	$t_p + T_p$	$M(t_p)$	$D(t_p)$
2000	0.83521005	43.75	0.16478995	2043.75	67398.93224	0.130851807
3000	0.763297021	43.75	0.236702979	3043.75	46922.37803	0.171145398
4000	0.697575828	43.75	0.302424172	4043.75	36725.45943	0.201103987
5000	0.637513343	43.75	0.362486657	5043.75	30640.20828	0.22342232
6000	0.582622342	43.75	0.417377658	6043.75	26610.59225	0.239926134
7000	0.532457551	43.75	0.467542449	7043.75	23755.41878	0.251899024
8000	0.486612035	43.75	0.513387965	8043.75	21634.06125	0.260272256
9000	0.444713898	43.75	0.555286102	9043.75	20001.70116	0.265740177
10000	0.406423262	43.75	0.593576738	10043.75	18711.42511	0.268833118
11000	0.371429517	43.75	0.628570483	11043.75	17669.72355	0.269964983
12000	0.339448793	43.75	0.660551207	12043.75	16814.24023	0.269465183
13000	0.310221665	43.75	0.689778335	13043.75	16101.79113	0.267600581
Min $D(t_p)$						0.130851807

(Sumber: Pengolahan Data)

Berdasarkan hasil perhitungan interval waktu penggantian pencegahan kerusakan menggunakan metode Age Replacement pada komponen Pompa Sprayer Bearing, diperoleh nilai downtime $D(t_p)$ yang berbeda pada setiap intervalnya (t_p). Hasil perhitungan untuk Min $D(t_p)$ dengan nilai downtime yang paling kecil yaitu pada interval penggantian pencegahan kerusakan dengan waktu 2000 menit yaitu 0.130851807. Kemudian, nilai downtime mengalami peningkatan seiring bertambahnya interval waktu penggantian pencegahan kerusakan.

Adanya nilai downtime yang meningkat dipengaruhi oleh bertambahnya nilai probabilitas komponen $F(t_p)$ pada setiap kenaikan interval penggantian. Melalui kondisi tersebut, berarti bahwa komponen Pompa Sprayer Bearing memiliki kecenderungan

terjadinya rusak lebih besar, jika penggantian pencegahan kerusakan dilakukan terlalu lama. Oleh sebab itu, berdasarkan hasil perhitungan metode Age Replacement, penggantian komponen lebih awal sebelum adanya probabilitas kegagalan meningkat, maka hal itu dapat menjadi alternatif untuk meminimalkan downtime yang terjadi pada mesin/komponen.

Interval Waktu Pemeriksaan

Dilakukan proses perhitungan selanjutnya pada interval waktu pemeriksaan untuk komponen Pompa Sprayer Bearing dilakukan selama 1 jam oleh perusahaan.

1 bulan = 30 hari kerja, 1 hari 24 jam kerja.
 $T = 30 \text{ hari/bulan} \times 24 \text{ jam/hari} = 720 \text{ jam/bulan}$.

Jumlah kerusakan komponen pompa sprayer bearing selama 1 tahun adalah 3 kali.

$$K = \frac{N}{12} \quad (2.38).$$

$$K = \frac{3}{12} = 0.25 \text{ kejadian kerusakan per bulan}$$

Waktu rata-rata yang dibutuhkan untuk perbaikan $t=720$ jam/bulan.

Waktu rata-rata melakukan pemeriksaan

$$\frac{1}{i} = \frac{t_i}{t}$$

$$\frac{1}{720} = 0.001388889$$

Nilai 0,001388889 merupakan proporsi waktu pemeriksaan terhadap waktu operasi selama satu bulan dan tidak memiliki satuan. Nilai tersebut menunjukkan, bahwa waktu yang diperlukan untuk melakukan satu kali pemeriksaan, yaitu 1 jam, memiliki proporsi sebesar 0,001388889 terhadap total waktu operasi 720 jam dalam satu bulan.

Perhitungan frekuensi pemeriksaan

$$N = \sqrt{\frac{K \times i}{\mu}}$$

$$N = \sqrt{\frac{0.25 \times 720}{16.45714286}}$$

$$N = \sqrt{\frac{180}{16.45714286}} = \sqrt{10.9375} = 3.31 \text{ kali pemeriksaan.}$$

Perhitungan interval waktu pemeriksaan: $\frac{t}{N}$

$$\frac{720}{3.31} = 217,708 \text{ jam (9 hari), 13 menit}$$

Availability

$$D(n) = \frac{K}{MTTF \cdot n} + \frac{1}{i}$$

$$D(n) = \frac{0.25}{11106.66667 \times 3} + \frac{1}{720}$$

$$D(n) = 0.001396392 \text{ menit}$$

$$A(n) = 1 - D(n)$$

$$A(n) = 1 - 0.001396392$$

$$A(n) = 0.998603608$$

$$A(t_p) = 1 - \text{Min } D(t_p)$$

$$A(t_p) = 1 - 0.130851807 = 0.869148193$$

$$\text{Availability} = A(n) * A(t_p) \quad (2.39)$$

$$\text{Availability} = 0.998603608 \times 0.869148193$$

$$\text{Availability} = 0.867934521 = 87\%$$

Berdasarkan dari hasil proses perhitungan, maka diperoleh nilai *availability* untuk komponen *pompa sprayer bearing* yaitu 87%. Nilai tersebut berartikan, bahwa komponen memiliki tingkat kesiapan operasi yang tinggi, setelah kedepannya diterapkan *preventive maintenance*. Perolehan nilai *availability* mampu menunjukkan, komponen bisa melakukan proses produksi dengan tingkat *downtime* yang kecil atau relatif rendah.

Tabel 12. Rangkuman Hasil

Parameter	Hasil
MTTF	11106,67 menit
MTTR	43,75 menit
Interval Penggantian	2000 menit
Interval Pemeriksaan	217,708 jam
Reliability Sebelum	36%
Reliability Sesudah	44%
Availability	87%

(Sumber: Pengolahan Data)

Pembahasan

- Mesin Fiber Semen (FS) 8 memiliki komponen kritis yang diperoleh dari proses *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), *output* yang dihasilkan melalui nilai *Risk Priority Number* (RPN) yang terbesar dan dihasilkan dari *severity* $\times$ *occurance* $\times$ *detection* diantaranya *Inverter MDR 250*, *Speed MDR 200*, *Auto Stacking 175*, *Power Forming 100*, dan *Pompa Sprayer Bearing 70*. Namun hanya 1 komponen yang dapat dilanjutkan ke tahap proses perhitungan sampai akhir, yaitu *Pompa Sprayer Bearing*. Komponen lainnya tidak dapat dilanjutkan karena interval yang dimiliki hanya satu, terbatas, dan memiliki data yang identik atau tidak terdapatnya variasi data, sebab data yang perlu diolah harus lebih dari 1.
- Jenis *downtime* dominan jika dikelompokkan ada 5 berdasarkan dari komponen yang berbeda dan hasilnya diperoleh dari nilai RPN yang berasal dari FMEA yaitu *Inverter MDR*, *Speed MDR*, *Auto Stacking*, *Power Forming*, dan *Pompa Sprayer Bearing*. *Planned Maintenance* terdiri atas tiga jenis *maintenance* yaitu *preventive*, *predictive*, dan *periodic*. Untuk *pompa Sprayer Bearing* teknikal perawatan yang tepat menggunakan perawatan terencana atau *Planned Maintenance* yakni *preventive maintenance*. Pada komponen *Pompa Sprayer Bearing*, *task selection* atau pemilihan tindakan yang direkomendasikan adalah *Time Direct* (TD) adalah kegiatan pemeliharaan yang dilakukan ditempat kegagalan langsung dengan cara memberikan penggantian komponen sebelum umur komponen tersebut habis.
- Untuk hasil pengolahan data kuantitatif menggunakan metode *Age Replacement* yang merupakan metode untuk menentukan waktu penggantian komponen. Tujuan metode tersebut untuk mencegah terjadinya

downtime yang bersifat mendadak dengan cara mengganti komponen menggunakan interval waktu yang dianggap paling optimal. Interval penggantian untuk pencegahan (t_p) dengan cara mencari *downtime minimum* $Min D(t_p)$ dari *total minimum downtime* (TMD). Interval penggantian untuk pencegahan komponen *Pompa Sprayer Bearing* mendapatkan hasil dengan waktu 2000 menit yaitu dengan proposi *downtime* yang dihasilkan 0.130851807 atau setara dengan 13%.

- d. Hasil perhitungan interval waktu pemeriksaan digunakan untuk mengetahui pelaksanaan teknikal *maintenance* pada masing-masing komponen dengan tepat. Komponen *Pompa Sprayer Bearing* interval waktu pemeriksaannya yaitu 217,708 jam (9 hari), 13 menit.
- e. Hasil perhitungan *Mean Time To Failure* (MTTF) pada komponen *Pompa Sprayer Bearing* yaitu 11106.66667 menit. Adapun hasil perhitungan *Mean Time To Repair* (MTTR) untuk komponen yaitu *Pompa Sprayer Bearing* dengan nilai 43.75 menit.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan dalam penelitian ini yaitu:

- a. Hasil identifikasi dan pengelompokkan jenis *downtime* yang paling dominan terjadi pada mesin Fiber Semen (FS) 8 di PT Nusantara Building Industries berdasarkan dari nilai RPN yang berasal dari FMEA yaitu *Inverter MDR*, *Speed MDR*, *Auto Stacking*, *Power Forming*, dan *Pompa Sprayer Bearing*.
- b. Hasil dari interval *maintenance* yang tepat berdasarkan hasil analisis *downtime* mesin Fiber Semen (FS) 8 yaitu interval penggantian untuk pencegahan kerusakan komponen *Pompa Sprayer Bearing* mendapatkan hasil dengan waktu 2000 menit dan proporsi *downtime*, ketika terjadi kerusakan adalah 0,130851807, dan interval waktu pemeriksaannya yaitu 217,708 jam (9 hari), 13 menit. Teknikal *maintenance* yang tepat berdasarkan hasil analisis *downtime* mesin Fiber Semen (FS) 8 yaitu pada *Pompa Sprayer Bearing* menggunakan perawatan terencana atau *Planned Maintenance* tepatnya pada *preventive maintenance* dan *Task selection* yang dapat digunakan atau direkomendasikan sebagai usulan perbaikan menggunakan *Time Direct* (TD) merupakan perawatan langsung pada sumber kerusakan.

Adapun saran pada penelitian yang dilakukan yaitu:

- a. Saran untuk perusahaan
Perusahaan disarankan untuk dapat menerapkan *Planned Maintenance* dengan konsisten untuk di masing-masing komponen, terutama komponen kritis yang ada pada mesin Fiber Semen 8 sesuai dengan interval penggantian pencegahan dan interval pemeriksaan yang diperoleh menggunakan metode *Age Replacement*.
- b. Saran untuk peneliti selanjutnya
Disarankan untuk melakukan pengembangan menggunakan objek mesin atau komponen yang datanya memiliki variansi, untuk mencegah keterbatasan data dalam proses pengolahannya, dan mempertimbangkan metode *maintenance* lainnya sebagai media referensi untuk perbandingan atau pembaharuan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Afiva, W. H., Tatas, F., Atmaji, D., & Alhilman, D. J. (2019). Penerapan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) Pada Perencanaan Interval Preventive Maintenance dan Estimasi Biaya Pemeliharaan Menggunakan Analisis FMECA (Studi Kasus: PT . XYZ). *XIII*(3), 298–310.
- Afiva, W. H., Tatas, F., Atmaji, D., & Alhilman, J. (2018). Usulan Interval Preventive Maintenance dan Estimasi Biaya Pemeliharaan Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance dan FMECA. <https://doi.org/10.23917/jiti.v18i2.8551>
- Ahmadi, N., & Hidayah, N. Y. (2017). Analisis Pemeliharaan Mesin Blowmould Dengan Metode RCM di PT. CCAI. *Jurnal Optimasi Sistem Industri*, 2, 167–176.
- Arinta, E. N. (2020). Usulan Perencanaan Perawatan Mesin Dengan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) Pada Mesin Submerged Scraper Chain Conveyor (SSCC). *Universitas Islam Indonesia*.
- Ebeling, C. (1997). *An Introduction to Reliability and Maintainability for Engineering*. First edition penyunt. New York.
- Mobley, R. K. (2017). Root Cause Failure Analysis. In *Petrochemical Machinery Insights*. <https://doi.org/10.1016/b978-0->

12-809272-9.00035-9

- Munawir, H., Ulfa, R. M., & Djunaidi, M. (2020). Analisa Risiko Kegagalan Terhadap Downtime Pada Line Crank Case Menggunakan Metode Failure Mode Effect Analysis. 149–156.
- Najah, R. I., & Nursanti, E. (2023). Analisis Komponen Kritis Hoist Crane Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) di PT Inka (Persero). 6(2), 258–263.
- Nisak, K., Nursanti, E., & Priyasmanu, T. (2022). Analisis Tingkat Keandalan dan Penentuan Interval Waktu Pemeliharaan Mesin Pompa Air di Perumda Air Minum Tugu Tirta Kota Malang. 5(2), 217–223.
- Rachman, H., Garside, A. K., & Kholik, H. M. (2017). Usulan Perawatan Sistem Boiler Dengan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM). 18(01), 86–93.
- Sudrajat, A. (2011). *Manajemen Perawatan Mesin dan Peralatan Industri*.
- Susanto, A. D., & Azwir, H. H. (n.d.). *Perencanaan Perawatan Pada Unit Kompresor Tipe Screw Dengan Metode RCM di Industri Otomotif*. 6869. <https://doi.org/10.23917/jiti.v17i1.5380>
- Tarumingkeng, P. I. R. C. (2024). *RACI Model (Responsible, Accountable, Consulted, Dan Informed)*, November, 1–20.
- Wibowo, H., Sidiq, A., & Ariyanto. (2018). Penjadwalan Perawatan Komponen Kritis Dengan Pendekatan Reliability Centered Maintenance (RCM) Pada Perusahaan Karet. 6(2), 79–87.
- Widyaningrum, M. R. (2022). Penjadwalan Perawatan Mesin di CV Wijaya Workshop Dengan Pendekatan Reliability Centered Maintenance (RCM). 01(1), 37–43.