

ANALISIS KEANDALAN MESIN STACKING SLADGE STATION 10 SELL BODY WELDING SHOP MENGGUNAKAN METODE PROBABILISTIK DI PT PQR

RELIABILITY ANALYSIS OF THE STACKING SLADGE MACHINE AT STATION 10 OF THE BODY WELDING SHOP USING A PROBABILISTIC METHOD AT PT PQR

Vera Hawalia Putri*, Dewita Briliansi, Salsa Nabillah

Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Singaperbangsa Karawang

*verahawaliaputri@gmail.com, dewitabriliansi207@gmail.com, salsanabillah35@gmail.com

INFO ARTIKEL

Diterima: 21 November 2025

Direvisi: 21 Desember 2025

Disetujui: 30 Januari 2026

Kata Kunci:

Mean Time Between Failure (MTBF), Survival Function, Cumulative Distribution Function (CDF), Probability Density Function (PDF), Intensity Function

ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan di PT PQR dengan tujuan menganalisis tingkat keandalan mesin *Stacking Sladge Station 10* yang beroperasi di *Sell Body Welding Shop Body 2* sebagai dasar dalam penentuan strategi pemeliharaan yang lebih efektif dan efisien. Permasalahan yang dihadapi perusahaan adalah tingginya frekuensi kerusakan mesin, yaitu sebanyak 15 kali selama periode Desember 2024 hingga pertengahan Februari 2025, yang berpotensi menyebabkan *line stoppage* dan mengganggu kontinuitas proses produksi. Analisis keandalan dilakukan menggunakan pendekatan probabilistik dengan parameter *Mean Time Between Failure (MTBF)* serta pemodelan distribusi kegagalan menggunakan distribusi eksponensial dan Weibull. Data historis *time between failure* dianalisis menggunakan perangkat lunak Minitab untuk memperoleh parameter distribusi kegagalan, sedangkan perhitungan fungsi keandalan dilakukan menggunakan Microsoft Excel untuk menentukan nilai *Survival Function*, *Cumulative Distribution Function (CDF)*, *Probability Density Function (PDF)*, dan *Intensity Function*. Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai MTBF mesin sebesar 126,53 jam, yang mengindikasikan rata-rata waktu operasi mesin sebelum terjadinya kegagalan. Selain itu, hasil pemodelan distribusi menunjukkan bahwa probabilitas kegagalan mesin cenderung meningkat secara signifikan setelah waktu operasi melebihi 1.000 jam, yang menandai kondisi kritis pada mesin. Temuan ini menunjukkan pentingnya penerapan pemeliharaan preventif yang terencana untuk meminimalkan *downtime*, meningkatkan keandalan mesin, serta menjaga efisiensi dan kontinuitas proses produksi.

ABSTRACT

This study was conducted at PT PQR with the objective of analyzing the reliability of the *Stacking Sladge machine at Station 10* operating in the *Sell Body Welding Shop Body 2* as a basis for determining a more effective and efficient maintenance strategy. The main issue faced by the company was the high frequency of machine failures, with 15 breakdowns recorded during the period from December 2024 to mid-February 2025, which potentially caused *line stoppages* and disrupted production continuity. Reliability analysis was performed using a probabilistic approach by evaluating the *Mean Time Between Failure (MTBF)* and modeling the failure distribution using exponential and Weibull distributions. Historical *time between failure* data were analyzed using Minitab software to estimate distribution parameters, while Microsoft Excel was used to calculate reliability functions, including the *Survival Function*, *Cumulative Distribution Function (CDF)*, *Probability Density Function (PDF)*, and *Intensity Function*. The results indicate that the MTBF of the machine is 126.53 hours, representing the average operating time before a failure occurs. Furthermore, the distribution modeling results show that the probability of machine failure increases significantly after the operating time exceeds 1,000 hours, indicating a critical machine condition. These findings highlight the importance of implementing a well-planned preventive maintenance strategy to minimize *downtime*, improve machine reliability, and ensure the efficiency and continuity of the production process.

Keywords:

Mean Time Between Failure (MTBF), Survival Function, Cumulative Distribution Function (CDF), Probability Density Function (PDF), Intensity Function

*Corresponding author: verahawalia@gmail.com

15	19/2/2025	19/2/2025	0	1	60
Total Waktu			79	1898	113880

I. PENDAHULUAN

Industri manufaktur merupakan salah satu sektor strategis yang berperan penting dalam mendorong pertumbuhan ekonomi melalui peningkatan nilai tambah produk, efisiensi proses produksi, serta daya saing industri nasional[1]. Dalam konteks industri otomotif, tuntutan terhadap kualitas produk, ketepatan waktu produksi, dan kontinuitas operasional menjadi semakin tinggi seiring dengan meningkatnya persaingan global [2]. Oleh karena itu, perusahaan manufaktur dituntut untuk menjaga keandalan sistem produksi agar target produksi dapat tercapai secara optimal.

Keandalan mesin produksi menjadi faktor kunci dalam menjamin kelancaran proses manufaktur. Mesin yang memiliki tingkat keandalan rendah berpotensi mengalami gangguan operasional berupa kerusakan atau kegagalan fungsi, yang dapat menyebabkan terhentinya lini produksi (*line stoppage*), peningkatan waktu henti (*downtime*), serta kerugian biaya produksi[3]. Dalam industri otomotif, gangguan pada satu stasiun kerja dapat berdampak signifikan terhadap keseluruhan alur produksi karena sistem produksi umumnya bersifat terintegrasi dan beroperasi secara kontinu[4].

PT PQR sebagai perusahaan yang bergerak di bidang manufaktur otomotif dituntut untuk menjaga stabilitas dan kontinuitas proses produksinya, khususnya pada area *Body Welding Shop* yang memiliki peran penting dalam pembentukan struktur bodi kendaraan. Salah satu mesin kritis pada area tersebut adalah mesin *Stacking Sladge Station 10* yang beroperasi di *Sell Body Welding Shop Body 2*. Mesin ini berfungsi sebagai bagian dari sistem pendukung proses pengelasan bodi kendaraan, sehingga kegagalan mesin dapat berdampak langsung pada keterlambatan produksi dan penurunan efisiensi operasional.

Tabel 1. Data history kerusakan Mesin *Stacking Sladge* pada *Station 10 Sell Body Welding Shop* periode Desember 2024 - Februari 2025.

No	Tanggal Perbaikan		TBF		
	Mulai	Selesai	(Hari)	(Jam)	(Menit)
1	11/12/2025	11/12/2025	0	0	0
2	13/12/2024	13/12/2024	2	48	2880
3	26/12/2024	26/12/2024	13	312	18720
4	2/1/2025	2/1/2025	6	144	8640
5	6/1/2025	6/1/2025	4	96	5760
6	6/1/2025	6/1/2025	0	1	60
7	17/1/2025	17/1/2025	11	264	15840
8	17/1/2026	17/1/2026	11	264	15840
9	23/1/2025	23/1/2025	6	144	8640
10	28/1/2025	28/1/2025	5	120	7200
11	7/2/2025	7/2/2025	9	216	12960
12	10/2/2025	10/2/2025	3	72	4320
13	18/2/2025	18/2/2025	8	192	11520
14	19/2/2025	19/2/2025	1	24	1440

Berdasarkan data historis pemeliharaan pada Tabel 1, selama periode Desember 2024 hingga pertengahan Februari 2025 tercatat sebanyak 15 kali kejadian kerusakan pada mesin *Stacking Sladge Station 10*. Frekuensi kerusakan yang relatif tinggi tersebut mengindikasikan adanya potensi penurunan tingkat keandalan mesin. Apabila kondisi ini tidak ditangani dengan strategi pemeliharaan yang tepat, maka risiko terjadinya *downtime* dan *line stoppage* akan semakin meningkat, sehingga dapat mengganggu kontinuitas proses produksi dan pencapaian target perusahaan.

Analisis keandalan merupakan salah satu pendekatan yang digunakan untuk mengevaluasi kemampuan suatu mesin atau sistem dalam menjalankan fungsinya tanpa mengalami kegagalan dalam periode waktu tertentu [5]. Salah satu parameter utama dalam analisis keandalan adalah *Mean Time between failure* (MTBF), yang menggambarkan rata-rata waktu operasi mesin di antara dua kejadian kegagalan berturut-turut. Nilai MTBF sering digunakan sebagai indikator awal dalam penilaian kinerja mesin serta sebagai dasar dalam penentuan interval pemeliharaan *preventif* [6].

Selain MTBF, pendekatan probabilistik melalui pemodelan distribusi kegagalan memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai karakteristik kegagalan mesin. Distribusi eksponensial umumnya digunakan untuk memodelkan kegagalan yang bersifat acak dengan laju kegagalan konstan, sedangkan distribusi Weibull memiliki fleksibilitas yang lebih tinggi dalam menggambarkan perubahan laju kegagalan seiring bertambahnya waktu operasi mesin [7]. Penggunaan distribusi Weibull memungkinkan identifikasi kondisi kegagalan awal (*early failure*), kegagalan acak (*random failure*), maupun kegagalan akibat keausan (*wear-out failure*) [8].

Sejumlah penelitian terdahulu menunjukkan bahwa penerapan analisis keandalan berbasis probabilistik dapat membantu perusahaan dalam merancang strategi pemeliharaan yang lebih efektif dan efisien[9]. Analisis keandalan tidak hanya berfungsi untuk mengevaluasi kondisi mesin saat ini, tetapi juga berperan sebagai dasar pengambilan keputusan dalam perencanaan pemeliharaan *preventif* guna meminimalkan risiko kegagalan di masa mendatang [10]. Namun, penerapan analisis keandalan dengan pendekatan probabilistik pada mesin *Stacking Sladge* di area *Body Welding Shop* PT PQR masih terbatas.

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tingkat keandalan mesin *Stacking Sladge Station 10* menggunakan pendekatan probabilistik dengan parameter MTBF serta pemodelan distribusi kegagalan menggunakan distribusi eksponensial dan Weibull. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan gambaran kuantitatif mengenai kondisi keandalan mesin serta menjadi dasar dalam perencanaan strategi pemeliharaan *preventif* yang lebih optimal guna meminimalkan *downtime*, meningkatkan efisiensi produksi, dan menjaga kontinuitas operasi manufaktur di PT PQR.

II. METODE PENELITIAN

A. Jenis dan Pendekatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode analisis keandalan mesin (*reliability analysis*) berbasis probabilitik. Pendekatan ini digunakan karena penelitian berfokus pada pengolahan data numerik berupa waktu antar kegagalan (*time between failure*) untuk mengevaluasi tingkat keandalan mesin secara objektif dan terukur. Analisis dilakukan dengan memanfaatkan model distribusi probabilitas untuk menggambarkan karakteristik kegagalan mesin berdasarkan data historis operasional.

B. Objek dan Lokasi Penelitian

Objek penelitian adalah mesin *Stacking Sludge Station 10* yang beroperasi pada *Sell Body Welding Shop Body 2* di PT PQR. Mesin ini memiliki peran penting dalam proses produksi *body* kendaraan, sehingga tingkat keandalannya sangat berpengaruh terhadap kontinuitas produksi. Penelitian dilakukan selama periode Desember 2024 hingga pertengahan Februari 2025, berdasarkan data historis kerusakan mesin yang tercatat pada departemen *maintenance*.

C. Jenis dan Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer dan data sekunder

1. Data primer diperoleh melalui observasi langsung terhadap kondisi operasional mesin serta komunikasi teknis dengan personel *maintenance* untuk memahami pola kerusakan dan proses pemeliharaan yang berjalan.
2. Data sekunder berupa data historis kerusakan mesin yang mencakup waktu terjadinya kegagalan, durasi perbaikan, serta interval waktu antar kegagalan (*time between failure*). Data ini diperoleh dari dokumen *maintenance* perusahaan selama periode penelitian.

D. Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini meliputi:

1. Observasi lapangan, untuk mengamati kondisi aktual mesin dan proses operasionalnya.
2. Studi dokumentasi, untuk mengumpulkan data historis kerusakan dan catatan pemeliharaan mesin.
3. Wawancara teknis terbatas, untuk memperoleh informasi pendukung terkait karakteristik kerusakan mesin.

E. Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian ini disusun secara sistematis untuk menganalisis keandalan Mesin *Stacking Sludge Station 10 Sell Body Welding Shop*. Alur tahapan penelitian ditampilkan dalam bentuk *flowchart* untuk memperjelas proses penelitian yang dilakukan.

Penelitian diawali dengan studi literatur dan studi lapangan. Studi literatur dilakukan untuk mempelajari konsep keandalan mesin, *Mean Time between failure* (MTBF), serta distribusi kegagalan eksponensial dan Weibull yang digunakan sebagai dasar analisis. Sementara itu, studi lapangan dilakukan untuk memahami kondisi aktual mesin, proses operasional, serta pola kerusakan yang terjadi di lapangan.

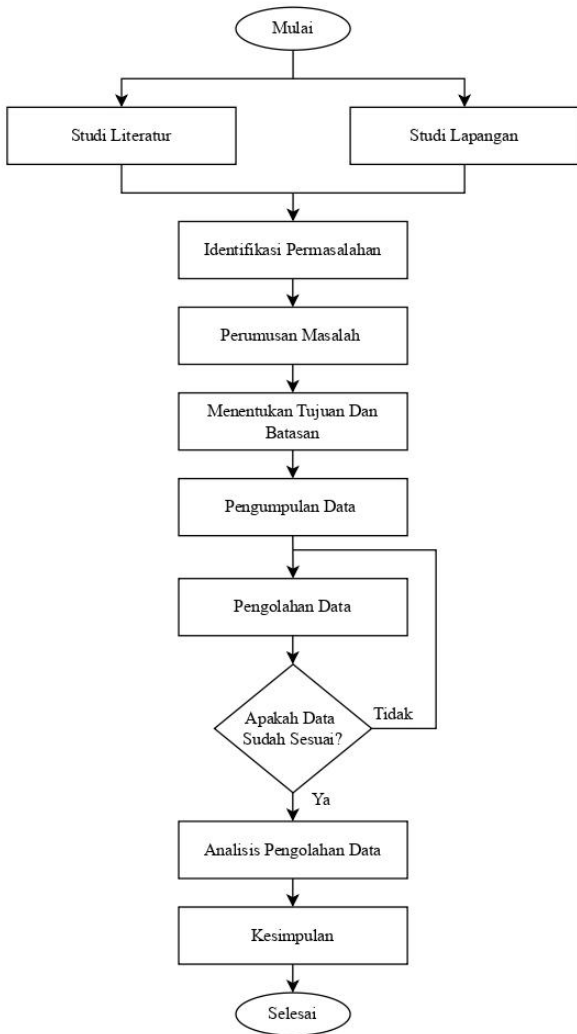
Tahap selanjutnya adalah identifikasi permasalahan, yaitu tingginya frekuensi kerusakan mesin yang berpotensi menyebabkan downtime dan mengganggu kelancaran proses produksi. Berdasarkan permasalahan tersebut, dilakukan perumusan masalah untuk menentukan fokus penelitian yang akan dianalisis. Selanjutnya ditetapkan tujuan dan batasan penelitian agar analisis yang dilakukan tetap terarah dan sesuai dengan ruang lingkup penelitian.

Setelah tujuan penelitian ditentukan, dilakukan pengumpulan data, berupa data historis kerusakan mesin yang diperoleh dari catatan *maintenance*. Data kerusakan tersebut kemudian disusun dalam bentuk *time between failure* (TBF) sebagai dasar analisis keandalan.

Data yang telah dikumpulkan selanjutnya melalui tahap pengolahan data, yang meliputi seleksi dan validasi data untuk memastikan kelengkapan, konsistensi, serta kelayakan data sebelum dianalisis lebih lanjut. Pada tahap ini dilakukan pengecekan kesesuaian data, sebagaimana ditunjukkan pada keputusan "*Apakah data sudah sesuai?*" pada *flowchart*. Apabila data belum memenuhi kriteria, maka dilakukan pengolahan ulang hingga data dinyatakan layak untuk dianalisis.

Tahap berikutnya adalah analisis pengolahan data, yang meliputi perhitungan *Mean Time between failure* (MTBF) sebagai indikator awal tingkat keandalan mesin. Selanjutnya dilakukan pemodelan distribusi kegagalan menggunakan distribusi eksponensial dan Weibull. Berdasarkan hasil pemodelan tersebut, dilakukan analisis fungsi keandalan yang meliputi *Survival Function*, *Probability Density Function* (PDF), *Cumulative Distribution Function* (CDF), dan *Intensity Function*.

Tahap akhir dari penelitian ini adalah penarikan kesimpulan, yang diperoleh berdasarkan hasil analisis keandalan mesin. Kesimpulan tersebut digunakan untuk menggambarkan kondisi keandalan mesin serta sebagai dasar dalam perumusan implikasi pemeliharaan yang lebih optimal. Penelitian kemudian diakhiri sesuai dengan alur yang ditunjukkan pada *flowchart* Gambar 1 di bawah ini.



Gambar 1. Flowchart Penelitian

F. Teknik Analisis Data

Analisis data dilakukan menggunakan pendekatan statistik probabilistik. Pengolahan data dan pemodelan distribusi kegagalan dilakukan dengan bantuan *Microsoft Excel* dan perangkat lunak *Minitab*. Hasil analisis selanjutnya diinterpretasikan untuk mengevaluasi tingkat keandalan mesin dan digunakan sebagai dasar dalam perumusan implikasi pemeliharaan *preventif*.

G. Model Matematis Keandalan

Analisis keandalan mesin dalam penelitian ini diawali dengan perhitungan *Mean Time between failure* (MTBF) yang dirumuskan sebagai:

$$MTBF = \frac{\text{Total Waktu Operasi}}{\text{Jumlah Kegagalan}} \tag{1}$$

Pemodelan distribusi kegagalan dilakukan menggunakan distribusi eksponensial dan distribusi Weibull. Untuk distribusi eksponensial, fungsi distribusi kumulatif (*Cumulative Distribution Function*, CDF) dan

fungsi kepadatan probabilitas (*Probability Density Function*, PDF) dirumuskan sebagai berikut:

a. *Cumulative Distribution Function* (CDF)

$$F(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^\beta}, t > 0 \tag{2}$$

b. *Probability Distribution Function* (PDF)

$$f(t) = \frac{dF(t)}{dt} = \frac{\beta}{\alpha} \left(\frac{t}{\alpha}\right)^{\beta-1} e^{-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^\beta}, t > 0 \tag{3}$$

Survival Function menyatakan probabilitas mesin masih dapat beroperasi hingga waktu tertentu dan dirumuskan sebagai:

$$\bar{F}(t) = 1 - F(t), t > 0 \tag{4}$$

Sedangkan *Intensity Function* atau laju kegagalan menyatakan tingkat kegagalan mesin pada waktu tertentu dan dirumuskan sebagai:

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{F(t)} = \frac{\frac{\beta}{\alpha} \left(\frac{t}{\alpha}\right)^{\beta-1} e^{-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^\beta}}{1 - e^{-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^\beta}} = \frac{\beta}{\alpha} \left(\frac{t}{\alpha}\right)^{\beta-1}, t > 0 \tag{5}$$

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis keandalan mesin *Stacking Sludge Station 10* dilakukan berdasarkan data historis kerusakan selama periode Desember 2024 hingga pertengahan Februari 2025. Selama periode tersebut tercatat sebanyak 15 kali kejadian kerusakan yang digunakan sebagai dasar dalam perhitungan parameter keandalan dan pemodelan distribusi kegagalan. Data *Time between failure* (TBF) diolah untuk mengevaluasi pola kegagalan mesin serta menentukan tingkat keandalan mesin selama periode pengamatan.

A. Analisis *Mean Time between failure*

Mean Time between failure (MTBF) digunakan untuk mengetahui rata-rata waktu operasi mesin di antara dua kejadian kegagalan berturut-turut. Nilai MTBF diperoleh dari perbandingan antara total waktu operasi mesin dengan jumlah kegagalan yang terjadi selama periode pengamatan. Secara matematis, MTBF dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$MTBF = \frac{\text{Total Waktu Kerusakan}}{\text{Jumlah Kegagalan}} = \frac{113880}{15} = 7592 \text{ Menit atau } 126.53 \text{ Jam}$$

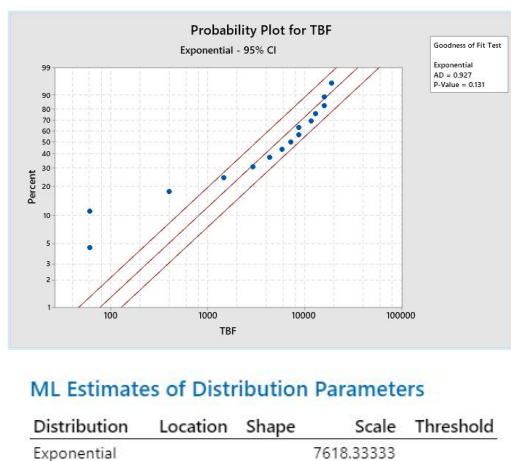
Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, diperoleh nilai MTBF mesin *Stacking Sludge Station 10* sebesar 126,53 jam, yang menunjukkan bahwa mesin mampu beroperasi rata-rata selama durasi tersebut sebelum mengalami kegagalan. Nilai MTBF ini menjadi indikator

awal dalam mengevaluasi tingkat keandalan mesin serta sebagai dasar dalam penentuan interval pemeliharaan *preventif* agar potensi terjadinya penghentian lini produksi dapat diminimalkan.

B. Analisis Distribusi Kegagalan Mesin

1. Distribusi Eksponensial

Pengujian distribusi eksponensial dilakukan untuk menganalisis karakteristik kegagalan Mesin *Stacking Sludge Station 10 Sell Body Welding Shop* Karawang Plant 2 pada periode Desember 2024 hingga Januari 2025. Distribusi eksponensial digunakan dengan asumsi bahwa laju kegagalan mesin bersifat konstan (*constant failure rate*), yang umumnya merepresentasikan kondisi mesin pada fase operasi normal, di mana kegagalan terjadi secara acak dan tidak dipengaruhi oleh umur pemakaian.



Gambar 2. Grafik dan Parameter Distribusi Eksponensial

Berdasarkan Berdasarkan hasil pengolahan data menggunakan *Software Minitab 19*, diperoleh nilai *P-value* sebesar 0,131, yang lebih besar dari tingkat signifikansi 0,05. Hal ini menunjukkan bahwa secara statistik data waktu antar kegagalan mesin masih dapat diterima mengikuti distribusi eksponensial. Dengan kata lain, tidak terdapat cukup bukti untuk menolak hipotesis bahwa data kegagalan mesin mengikuti pola distribusi eksponensial.

Parameter distribusi eksponensial yang diperoleh menunjukkan nilai *scale* sebesar 7618,33 menit, yang merepresentasikan rata-rata waktu antar kegagalan mesin. Nilai ini menggambarkan bahwa secara umum mesin masih memiliki interval waktu operasi yang cukup panjang sebelum mengalami kegagalan berikutnya, sehingga secara kuantitatif tingkat keandalan mesin masih berada pada kategori yang relatif baik.

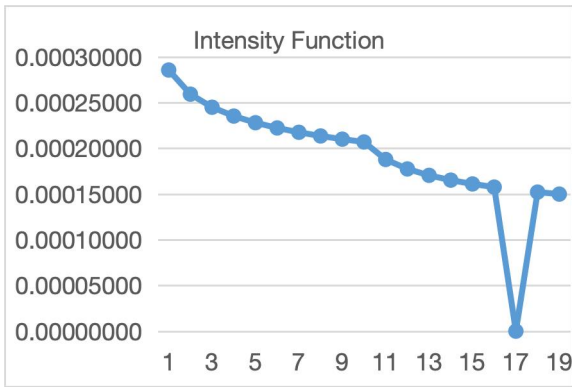
Selanjutnya, dilakukan analisis fungsi keandalan menggunakan *Microsoft Excel*, yang meliputi perhitungan *Cumulative Distribution Function (CDF)*, *Probability Density Function (PDF)*, *Survival Function*, dan *Intensity Function*. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa pada waktu operasi awal, nilai *Survival Function* masih sangat tinggi, yaitu 0,99668 pada $t = 10$, yang mengindikasikan bahwa probabilitas mesin untuk tetap beroperasi tanpa mengalami kegagalan pada tahap awal penggunaan sangat

besar. Kondisi ini menunjukkan bahwa risiko kegagalan pada fase awal operasi relatif rendah.

Tabel 2. 3 Perhitungan *Cumulative Distribution Function (CDF)* *Probability Density Function (PDF)* *Survival Function* Distribusi Eksponensial

t	CDF	PDF	Survival Function	Intensity Function
10	0.0033158	0.0002847	0.9966842	0.0002857
20	0.0060106	0.0002577	0.9939894	0.0002593
30	0.0085081	0.0002429	0.9914920	0.0002450
40	0.0108835	0.0002328	0.9891165	0.0002353
50	0.0131711	0.0002251	0.9868290	0.0002281
60	0.0153899	0.0002189	0.9846101	0.0002223
70	0.0175526	0.0002138	0.9824474	0.0002176
80	0.0196677	0.0002094	0.9803323	0.0002136
90	0.0217416	0.0002055	0.9782584	0.0002101
100	0.0237792	0.0002021	0.9762208	0.0002070
200	0.0427442	0.0001798	0.9572559	0.0001879
300	0.0600357	0.0001669	0.9399643	0.0001775
400	0.0762323	0.0001575	0.9237677	0.0001705
500	0.0916013	0.0001501	0.9083987	0.0001653
600	0.1062980	0.0001440	0.8937020	0.0001611
700	0.1204247	0.0001387	0.8795753	0.0001577
800	0.1340541	0.0000001	0.8659459	0.0000001
900	0.1472409	0.0001298	0.8527591	0.0001522
1000	0.1600276	0.0001260	0.8399724	0.0001500

Seiring Seiring bertambahnya waktu operasi, nilai *Survival Function* mengalami penurunan secara bertahap. Namun demikian, hingga waktu operasi $t = 1000$, nilai *Survival Function* masih berada pada angka 0,83997, yang menunjukkan bahwa tingkat keandalan mesin masih relatif baik dan belum menunjukkan penurunan yang signifikan. Hal ini mengindikasikan bahwa dalam kerangka asumsi distribusi eksponensial, kegagalan mesin cenderung bersifat acak dan tidak menunjukkan pola peningkatan risiko akibat keausan komponen.



Gambar 3. Grafik *Intensity Function Distribusi Ekspensial*

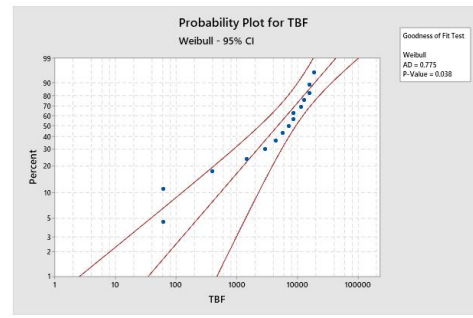
Analisis Analisis *Intensity Function* menunjukkan bahwa laju kegagalan mesin relatif kecil dan cenderung menurun, dimulai dari 0,00028567 pada $t = 10$ dan menurun hingga 0,00014999 pada $t = 1000$. Pola ini mengindikasikan bahwa probabilitas terjadinya kegagalan per satuan waktu tidak meningkat seiring bertambahnya waktu operasi mesin. Kondisi tersebut sejalan dengan karakteristik distribusi eksponensial yang mengasumsikan laju kegagalan konstan.

Meskipun secara statistik distribusi eksponensial dapat diterima, hasil analisis fungsi keandalan menunjukkan bahwa asumsi laju kegagalan konstan kurang mampu menggambarkan kemungkinan perubahan risiko kegagalan akibat faktor keausan atau degradasi komponen mesin. Oleh karena itu, meskipun distribusi eksponensial dapat digunakan sebagai pendekatan awal, distribusi ini dinilai kurang optimal dalam merepresentasikan karakteristik kegagalan mesin secara menyeluruh, sehingga diperlukan pendekatan distribusi lain yang lebih fleksibel, yaitu distribusi Weibull.

2. Distribusi Weibull

Distribusi Weibull digunakan untuk menganalisis pola kegagalan mesin dengan mempertimbangkan adanya perubahan laju kegagalan terhadap waktu operasi. Distribusi ini banyak digunakan dalam analisis keandalan karena memiliki fleksibilitas yang tinggi dalam merepresentasikan berbagai fase kegagalan mesin, mulai dari kegagalan awal (*early failure*), kegagalan acak (*random failure*), hingga kegagalan akibat keausan (*wear-out failure*).

Pengujian distribusi Weibull dilakukan menggunakan *Software Minitab 19* berdasarkan data riwayat kerusakan Mesin *Stacking Sludge Station 10 Sell Body Welding Shop Body 2* pada periode Desember 2024 hingga Februari 2025. Hasil pengujian menunjukkan nilai *P-value* sebesar 0,038, yang lebih kecil dari tingkat signifikansi 0,05. Secara statistik, hasil ini menunjukkan bahwa distribusi Weibull tidak sepenuhnya memenuhi kriteria *goodness of fit* secara ketat. Namun demikian, distribusi Weibull tetap digunakan sebagai pendekatan analitis karena kemampuannya dalam menggambarkan karakteristik perubahan laju kegagalan mesin yang tidak dapat ditangkap oleh distribusi eksponensial.



ML Estimates of Distribution Parameters

Distribution	Location	Shape	Scale	Threshold
Weibull		0.86010	7200.38897	

Gambar 4. Grafik dan Parameter Distribusi Weibull

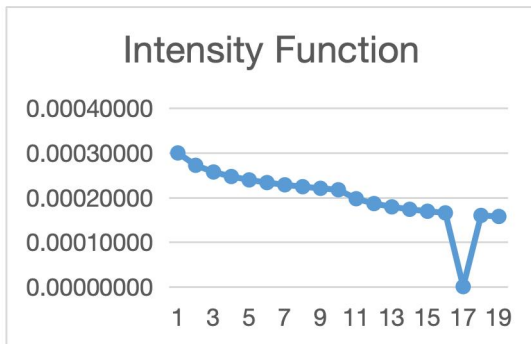
Perhitungan CDF, PDF, *Survival Function*, dan *Intensity Function* dilakukan menggunakan *Microsoft Excel* berdasarkan persamaan matematis yang telah dijelaskan pada Bab Metode Penelitian. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa pada $t = 10$, nilai *Survival Function* sebesar 0,99652, yang mengindikasikan tingkat keandalan mesin masih sangat tinggi pada tahap awal penggunaan. Nilai CDF yang rendah, yaitu 0,00348, menunjukkan bahwa hanya sebagian kecil kegagalan yang terjadi pada fase awal operasi mesin.

Tabel 3. Perhitungan *Cumulative Distribution Function* (CDF) *Probability Density Function* (PDF) *Survival Function* Distribusi Weibull

t	CDF	PDF	Survival Function	Intensity Function
10	0.0034804	0.0002988	0.9965196	0.0002999
20	0.0063086	0.0002704	0.9936914	0.0002722
30	0.0089292	0.0002549	0.9910708	0.0002572
40	0.0114216	0.0002442	0.9885784	0.0002470
50	0.0138215	0.0002361	0.9861786	0.0002394
60	0.0161490	0.0002296	0.9838510	0.0002334
70	0.0184173	0.0002242	0.9815827	0.0002284
80	0.0206355	0.0002196	0.9793645	0.0002242
90	0.0228103	0.0002155	0.9771897	0.0002205
100	0.0249467	0.0002119	0.9750533	0.0002173
200	0.0448213	0.0001884	0.9551787	0.0001972
300	0.0629251	0.0001746	0.9370749	0.0001863
400	0.0798676	0.0001647	0.9201324	0.0001790
500	0.0959306	0.0001568	0.9040694	0.0001735
600	0.1112784	0.0001503	0.8887216	0.0001691
700	0.1260191	0.0001447	0.8739810	0.0001655
800	0.1402297	0.0000001	0.8597703	0.0000001
900	0.1539683	0.0001352	0.8460317	0.0001598

1000	0.1672799	0.0001311	0.8327201	0.0001575
------	-----------	-----------	-----------	-----------

Seiring. Seiring dengan bertambahnya waktu operasi, nilai *Survival Function* mengalami penurunan secara bertahap. Pada $t = 100$, nilai *Survival Function* tercatat sebesar 0,97505, kemudian menurun menjadi 0,90407 pada $t = 500$, dan mencapai 0,83272 pada $t = 1000$. Hal ini menunjukkan bahwa sekitar 16,7% kegagalan kumulatif telah terjadi hingga waktu operasi tersebut. Penurunan nilai *Survival Function* ini mengindikasikan bahwa risiko kegagalan mesin meningkat seiring dengan bertambahnya waktu pemakaian.



Gambar 5. Grafik *Intensity Function* Distribusi Weibull

Analisis *Intensity Function* menunjukkan bahwa laju kegagalan mesin berada pada nilai 0,00029987 pada $t = 10$ dan berubah menjadi 0,00015745 pada $t = 1000$. Meskipun peningkatan laju kegagalan tidak terjadi secara tajam, akumulasi nilai CDF yang terus meningkat menunjukkan bahwa potensi kegagalan mesin tetap bertambah seiring waktu operasi. Kondisi ini mengindikasikan adanya pengaruh keausan komponen terhadap karakteristik kegagalan mesin.

Berdasarkan hasil analisis tersebut, distribusi Weibull mampu memberikan gambaran yang lebih realistis mengenai karakteristik kegagalan mesin dibandingkan distribusi eksponensial. Distribusi Weibull tidak hanya mempertimbangkan waktu antar kegagalan, tetapi juga mampu merepresentasikan perubahan risiko kegagalan seiring bertambahnya waktu operasi mesin. Oleh karena itu, distribusi Weibull dinilai lebih sesuai digunakan sebagai dasar analisis keandalan dan perencanaan strategi pemeliharaan preventif mesin Stacking Sladge Station 10.

C. Pembahasan Mean Time between failure (MTBF)

Hasil perhitungan *Mean Time between failure* (MTBF) pada Mesin *Stacking Sladge Station 10 Sell Body Welding Shop Body 2* menunjukkan nilai rata-rata waktu antar kerusakan sebesar 126,53 jam. Nilai ini mengindikasikan bahwa mesin secara rata-rata mengalami satu kali kegagalan setelah beroperasi selama lebih dari lima hari kerja kontinu.

Nilai MTBF yang relatif tinggi menunjukkan bahwa mesin memiliki tingkat keandalan yang cukup baik dalam mendukung proses produksi. Namun demikian, nilai MTBF tidak hanya digunakan sebagai indikator keandalan, tetapi juga sebagai dasar dalam menentukan interval pemeliharaan *preventif*. Apabila interval pemeliharaan

melebihi nilai MTBF, maka risiko terjadinya downtime dan *line stoppage* akan meningkat.

Selain itu, MTBF yang diperoleh selanjutnya dikaitkan dengan hasil analisis distribusi kegagalan untuk memahami bagaimana pola kegagalan mesin berkembang seiring waktu. Dengan demikian, MTBF berperan sebagai parameter awal dalam evaluasi keandalan mesin sebelum dilakukan analisis probabilitas yang lebih mendalam.

D. Pembahasan Hasil Uji Distribusi Kegagalan

Berdasarkan hasil analisis distribusi kegagalan, distribusi Weibull dipilih sebagai model yang lebih representatif dalam menggambarkan karakteristik kegagalan Mesin *Stacking Sladge Station 10 Sell Body Welding Shop Body 2*. Hal ini didasarkan pada nilai *Survival Function* sebesar 0,99652 pada $t = 10$, yang menunjukkan bahwa keandalan mesin masih sangat tinggi pada tahap awal waktu operasi dengan potensi kerusakan yang rendah.

Namun, seiring dengan bertambahnya waktu operasional, nilai *Survival Function* mengalami penurunan secara bertahap. Penurunan ini mengindikasikan bahwa potensi terjadinya kerusakan meningkat seiring waktu pemakaian mesin. Berdasarkan hasil perhitungan, potensi kerusakan kumulatif di atas 50% terjadi pada waktu operasi $t > 1000$, yang menunjukkan bahwa mesin mulai memasuki fase penurunan keandalan akibat keausan komponen.

Jika dibandingkan dengan distribusi eksponensial, distribusi Weibull mampu menggambarkan perubahan laju kegagalan secara lebih realistis. Distribusi eksponensial mengasumsikan laju kegagalan konstan, sedangkan hasil analisis menunjukkan bahwa risiko kegagalan mesin tidak bersifat konstan, tetapi berubah mengikuti waktu operasi. Hal ini diperkuat oleh analisis *Intensity Function* pada distribusi Weibull yang mampu memvisualisasikan tingkat dan pola kegagalan mesin secara lebih informatif.

Dengan demikian, distribusi Weibull memberikan gambaran yang lebih akurat terhadap karakteristik kegagalan mesin dan lebih sesuai digunakan sebagai dasar dalam analisis keandalan. Pendekatan ini memungkinkan pemahaman yang lebih baik terhadap perilaku kegagalan mesin serta mendukung pengambilan keputusan dalam penyusunan strategi pemeliharaan *preventif* yang lebih optimal dan terencana.

IV. KESIMPULAN

Pemodelan, Berdasarkan hasil analisis keandalan pada Mesin *Stacking Sladge Station 10 Sell Body Welding Shop Body 2*, dapat disimpulkan bahwa mesin memiliki tingkat keandalan yang relatif baik dengan nilai *Mean Time between failure* (MTBF) sebesar 126,53 jam. Nilai ini menunjukkan bahwa secara rata-rata mesin mengalami kegagalan setelah beroperasi dalam jangka waktu yang cukup panjang, sehingga masih mampu mendukung kelancaran proses produksi.

Hasil pengujian distribusi kegagalan menunjukkan bahwa secara statistik distribusi eksponensial dapat diterima, namun kurang mampu merepresentasikan karakteristik kegagalan mesin secara menyeluruh karena mengasumsikan laju kegagalan yang konstan. Sebaliknya,

distribusi Weibull memberikan gambaran yang lebih realistis terhadap pola kegagalan mesin karena mampu menunjukkan perubahan risiko kegagalan seiring bertambahnya waktu operasional.

Berdasarkan analisis *Survival Function* dan *Intensity Function*, diketahui bahwa keandalan mesin tinggi pada tahap awal operasi, namun potensi kegagalan meningkat secara bertahap seiring waktu pemakaian. Potensi kerusakan kumulatif di atas 50% terjadi pada waktu operasi $t > 1000$, yang mengindikasikan bahwa mesin mulai memasuki fase penurunan keandalan akibat keausan komponen.

Dengan demikian, distribusi Weibull dinilai lebih sesuai digunakan sebagai model analisis keandalan Mesin *Stacking Sludge Station 10 Sell Body Welding Shop Body 2*. Hasil penelitian ini dapat dijadikan dasar dalam penentuan interval pemeliharaan *preventif* yang lebih optimal guna meminimalkan risiko downtime dan meningkatkan keandalan mesin secara berkelanjutan.

DAFTAR RUJUKAN

- [1] Badan Pusat Statistik, “Perkembangan Indeks Produksi Industri Manufaktur (Triwulanan) 2020–2024. <https://www.bps.go.id/>,” 2024.
- [2] E. S. Wahyuni, H. Aspan, N. Ngaliiman, and I. Lestari, “Determinasi Nilai Perusahaan Manufaktur Otomotif Di Indonesia,” *J. Menara Ekon. Penelit. dan Kaji. Ilm. Bid. Ekon.*, vol. 9, no. 1, pp. 75–87, 2023, doi: 10.31869/me.v9i1.4796.
- [3] A. Syaefudin, D. T. Santoso, J. Sumarjo, and R. D. Anjani, “Analisis Keandalan Mesin Menggunakan MTTR dan Downtime untuk Menentukan Mesin Kritis pada Lini Produksi PT X .,” vol. 8, no. 2, pp. 149–158, 2025.
- [4] R. Wolniak, “Downtime in the automotive industry production process – Cause analysis,” *Qual. Innov. Prosper.*, vol. 23, no. 2, pp. 101–118, 2019, doi: 10.12776/QIP.V23I2.1259.
- [5] Solihin, M. Widyantoro, and A. Munawir, “Analisis Preventive Maintenance Pada Mesin Stationery Spot Welding,” vol. 7, no. 2, pp. 1–5, 2021.
- [6] M. Husein Habibi and A. Jibril, “Analisis Perhitungan Mean Time Between Failure (MTBF) Dan Mean Time To Repair (MTTR) Mesin Cold Storage,” *J. Cendekia Ilm.*, vol. 4, no. 4, pp. 1410–1421, 2025.
- [7] A. Subhan, H. N. Firmansyah, and H. Yudiono, “Analisis Keandalan Mesin CBF64S Berdasarkan Metode Weibull dan Penentuan Akar Permasalahan Menggunakan Fault Tree Analysis,” vol. 9503, pp. 214–224, 2025.
- [8] C. Dwilestari, D. Feriyanto, and J. Teknik Mesin, “Analisis Reliability Dan Umur Pakai Bearing 6207 Dengan Menggunakan Metode Weibull,” *J. Rekayasa Mesin*, vol. 16, no. 1, pp. 23–36, 2025, doi: 10.21776/jrm.v16i1.1467.
- [9] M. T. Y. Taimun, S. M. M. I. Sharan, M. A. Azad, and M. M. I. Joarder, “Smart Maintenance and Reliability Engineering in Manufacturing,” *Saudi J. Eng. Technol.*, vol. 10, no. 04, pp. 189–199, 2025, doi: 10.36348/sjet.2025.v10i04.009.
- [10] A. J. Wardana and M. Abdulrahim, “Strategi Meningkatkan Keandalan Mesin Reader untuk Memperpendek Antrian Pada Gate 7 Gerbang Waru Ramp,” *Innov. J. Soc. Sci. Res.*, vol. 4, pp. 1–20, 2024.