

Penggunaan Metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) untuk Meningkatkan Efektivitas Perawatan Platform Screen Door pada Stasiun Elevated MRT Jakarta

Kuntoko Panji Sadewo ¹, Dhina Setyo Oktaria ², Teguh Arifianto ³, Sunaryo ⁴

^{1,2,3} Teknologi Elektro Perkeretaapian, Politeknik Perkeretaapian Indonesia, Madiun

Jl. Tirta Raya, Kota Madiun, Jawa Timur, 63129

⁴ Manajemen Transportasi Perkeretaapian, Politeknik Transportasi Darat Indonesia-STTD

Jl. Raya Setu, Kabupaten Bekasi, Jawa Barat, 17520

E-mail: ¹ panji.tep20202136@taruna.ppi.ac.id, ² dhina@ppi.ac.id, ³ teguh@ppi.ac.id, ⁴ snaryo@gmail.com

DOI: [10.52620/sainsdata.v4i1.285](https://doi.org/10.52620/sainsdata.v4i1.285)

Abstrak

Peningkatan infrastruktur transportasi di Jakarta melalui hadirnya MRT (*Mass Rapid Transit*) memberikan solusi untuk mengatasi kemacetan. Dengan adanya *platform screen door* sebagai komponen penting yang berfungsi memisahkan peron dari jalur kereta yang dapat mendukung keamanan dan efisiensi operasional. Untuk menjamin keandalan, dilakukan analisis menggunakan metode *Failure Mode And Effect Analysis* (FMEA) serta perhitungan *reliability* dan interval perawatan. Hasil penelitian menunjukkan dua komponen dengan nilai *risk priority number* tertinggi yaitu sensor *infrared* dan *door control unit*, masing-masing sebesar 64. Perhitungan *reliability* memperlihatkan *linear guide rail* memiliki nilai terendah sebesar 21,1%, sedangkan *door control unit* memiliki nilai tertinggi sebesar 37,7%. Pada analisis interval perawatan, *electromagnetic lock* memerlukan perawatan tercepat dengan interval 788,8 jam atau 32 hari, sementara *door control unit* memiliki interval terpanjang, yaitu 3.908,5 jam atau 162 hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pendekatan *failure mode and effect analysis* mampu mengidentifikasi komponen serta menentukan prioritas perawatan yang tepat sehingga dapat mendukung peningkatan keandalan peralatan *platform screen door* dan menjaga kelancaran operasional MRT Jakarta.

Kata Kunci: *Mass Rapid Transit*, *platform screen door*, peron, jalur kereta api, *Failure Mode And Effect Analysis*, perawatan

Abstract

The improvement of transportation infrastructure in Jakarta through the presence of the MRT (Mass Rapid Transit) provides a solution to reduce traffic congestion. The platform screen door, as a crucial component that separates the platform from the railway track, plays an important role in enhancing safety and operational efficiency. To ensure reliability, an analysis was carried out using the Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) method, along with reliability and maintenance interval calculations. The findings show that two components with the highest risk priority number values are the infrared sensor and the door control unit, each with a score of 64. Reliability analysis indicates that the linear guide rail has the lowest reliability value at 21.1%, while the door control unit has the highest at 37.7%. In terms of maintenance intervals, the electromagnetic lock requires the shortest interval of 788.8 hours or 32 days, while the door control unit has the longest interval of 3,908.5 hours or 162 days. These results demonstrate that the FMEA approach is effective in identifying critical components and determining proper maintenance priorities, thereby supporting the improvement of platform screen door reliability and ensuring the smooth operation of MRT Jakarta.

Keywords: *Mass Rapid Transit*, *platform screen door*, platform, railway track, *Failure Mode and Effect Analysis*, maintenance



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

© 2025 Author (s)

PENDAHULUAN

MRT (*Mass Rapid Transit*) hadir sebagai salah satu solusi modern untuk menekan tingkat kemacetan lalu lintas di Jakarta ([Handayani et al., 2021](#); [Mu'allimah & Mashpufah, 2021](#); [Hanafie et al., 2024](#); [Haryanti et al., 2024](#)). Sejak resmi beroperasi pada bulan Maret 2019 ([Pambudi & Hidayati, 2020](#); [Devi et al., 2021](#); [Yudha & Sari, 2023](#)), MRT Jakarta memberikan layanan transportasi berbasis kereta listrik dengan berbagai fasilitas yang

nyaman, aman, dan efisien (Rini et al., 2024; Nurokhman et al., 2025; Rahmawati et al., 2025). Di antara komponen penting dalam sistem ini terdapat *platform screen door* yang berfungsi sebagai pemisah antara peron dan jalur kereta sehingga dapat meningkatkan keselamatan penumpang sekaligus mendukung kelancaran operasional (Setia et al., 2019; Aprilia et al., 2024; Rampengan et al., 2025). Meskipun menggunakan teknologi canggih, *platform screen door* tetap berpotensi mengalami gangguan teknis yang dapat memengaruhi keandalan keseluruhan sistem.



Gambar 1. MRT Jakarta
(Sumber: MRT Jakarta, 2023)

Berdasarkan data PT Len Rekaprima Semesta, tercatat sebanyak 101 gangguan pada *platform screen door* di stasiun *elevated* MRT Jakarta sepanjang Januari 2022 hingga April 2023. Gangguan tersebut muncul pada berbagai komponen dengan jumlah tertinggi terjadi pada *automatic sliding door* dan sensor *infrared* yang masing-masing mengalami 19 kali gangguan. Selain itu, *sliding block* mengalami 18 gangguan, *electromagnetic lock* 12 gangguan, *limit switch* 12 gangguan, *door control unit* sebanyak 11 gangguan, dan *linear guide rail* sebanyak 10 gangguan. Frekuensi gangguan yang terjadi pada komponen ini berdampak langsung pada keterlambatan perjalanan kereta dan menghambat kelancaran operasional. Gangguan ini dapat diminimalisir dengan menerapkan pentingnya strategi pemeliharaan yang lebih optimal, baik dalam bentuk tindakan pencegahan maupun penanganan, untuk memastikan keandalan sistem *platform screen door* tetap terjaga serta meminimalkan risiko keterlambatan perjalanan.

Permasalahan dalam penelitian ini yaitu bagaimana mengidentifikasi komponen *platform screen door* yang memiliki tingkat risiko kegagalan tertinggi sekaligus merancang strategi perawatan yang tepat guna menjaga keandalan sistem. Untuk menjawab permasalahan tersebut, penelitian ini memanfaatkan metode *failure mode and effect analysis* yaitu suatu pendekatan yang mampu memetakan potensi kegagalan pada setiap komponen, menilai tingkat keparahan, menghitung tingkat kemungkinan terjadinya, dan mengukur kemampuan sistem dalam mendeteksi kerusakan. Dari proses ini diperoleh nilai *risk priority number* yang menjadi acuan dalam menentukan komponen mana yang perlu diprioritaskan dalam pemeliharaan. Dengan demikian, pendekatan *failure mode and effect analysis* memberikan gambaran yang lebih terstruktur mengenai titik-titik kerentanan pada sistem *platform screen door* sekaligus mendukung penyusunan strategi perawatan yang lebih terfokus, efektif, dan berbasis risiko.

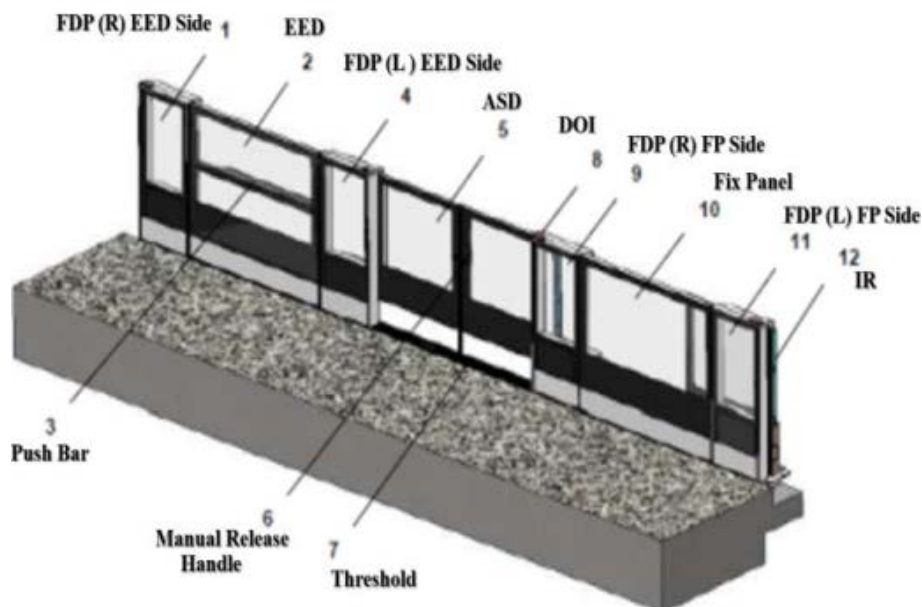
Kontribusi penelitian ini dapat dilihat dari dua sisi yaitu teoritis dan praktis. Dari sisi teoritis, penelitian ini menambah keilmuan mengenai penerapan konsep perawatan berbasis risiko dalam sistem transportasi modern, khususnya pada teknologi keselamatan di moda perkeretaapian perkotaan. Sementara itu, secara praktis hasil penelitian dapat dijadikan dasar pertimbangan bagi pengelola MRT Jakarta dalam menyusun kebijakan pemeliharaan yang lebih tepat sasaran, efisien, dan berkelanjutan. Dengan mengimplementasikan strategi perawatan yang didasarkan pada hasil analisis *failure mode and effect*, keandalan dan ketersediaan *failure mode and effect* diharapkan dapat terus ditingkatkan sehingga mendukung kelancaran operasional kereta serta menjamin aspek keselamatan dan kenyamanan bagi pengguna layanan transportasi.

METODE PENELITIAN

2.1 Platform Screen Door

Platform screen door adalah sistem otomatis yang dipasang di stasiun kereta api MRT untuk membatasi area peron dengan jalur kereta dengan tujuan utama meningkatkan aspek keselamatan dan keamanan penumpang (Rampengan et al., 2025). Sebagai elemen vital dalam infrastruktur perkeretaapian, *platform screen door* berfungsi mencegah penumpang atau benda lain masuk ke jalur kereta yang dapat menimbulkan risiko kecelakaan. Selain itu, *platform screen door* otomatis ini menunjang kelancaran operasional karena mampu mengatur alur penumpang saat naik dan turun kereta secara lebih tertib (Sujatini et al., 2023). Penerapan *platform screen door* pada setiap peron stasiun menjadi langkah krusial untuk menjamin keselamatan, keamanan, kenyamanan pengguna transportasi publik, dan memperkuat penerapan standar keselamatan dalam sistem transportasi modern (Dwiatmoko et al., 2021).

Dalam operasionalnya, *platform screen door* dilengkapi dengan sensor *infrared* yang berfungsi mendeteksi keberadaan kereta serta terintegrasi dengan sistem *interlocking* sehingga dapat bekerja secara sinkron dengan pergerakan sarana. Sistem ini juga didukung oleh berbagai komponen penunjang yang memiliki data *lifetime* masing-masing untuk memastikan keandalan kinerjanya. Secara umum, *platform screen door* dikategorikan menjadi dua jenis yaitu *full-height* dan *half-height*.



Gambar 2. *Platform screen door half-height*

Sumber: (PT. Len Rekaprima Semesta, 2023)

2.2 Perawatan

Perawatan merupakan rangkaian kegiatan yang dilakukan untuk menjaga, memelihara, dan memperbaiki suatu fasilitas atau peralatan agar tetap berfungsi dengan baik dan mencapai umur pakai yang diharapkan (Islam et al., 2020). Tujuan utama dari perawatan adalah memastikan bahwa fasilitas berada dalam kondisi optimal sehingga dapat digunakan secara efisien. Pemeliharaan dapat dipahami sebagai upaya sistematis untuk menjaga suatu sistem maupun perangkat agar tetap beroperasi dengan baik, selalu siap digunakan ketika dibutuhkan, dan mampu memperpanjang umur pakai peralatan tersebut.

Perawatan pada *platform screen door* dilakukan secara berkala dengan jadwal harian, tiga bulanan, enam bulanan, hingga tahunan. Perawatan harian meliputi pemantauan kondisi *platform screen door* saat jam operasional untuk memastikan tidak ada gangguan serta pelaksanaan *tool box meeting* atau *safety talk*. Selain itu, dilakukan pembersihan *automatic sliding door* dan pengukuran *GAP rubber gasket* (setiap 3 bulan), pengecekan dan pengukuran *rubber belt tension* agar tetap normal, pemeriksaan komponen seperti *infrared*, *sliding block*, *stopper*, *M-lock*, kabel, dan baut, serta pengisian *greasing* pada *sliding block*. Pada perawatan enam bulanan, dilakukan pengukuran tegangan *power* dan *control terminal block*, serta pengujian *pushbar tension manual release* pada *emergency escape door pullbar* dan *driver swing doors pullbar/pushbar*. Sementara itu, perawatan tahunan mencakup pemeriksaan *limit switch* serta pengecekan dan pembersihan baterai di ruang STER.



Gambar 3. Platform screen door di Stasiun Lebak Bulus
Sumber: (Dokumentasi penulis, 2025)

2.3 Failure Mode and Effect Analysis

Failure mode and effect analysis merupakan salah satu metode analisis yang digunakan dalam manajemen risiko dan pemeliharaan untuk mengidentifikasi serta mengevaluasi potensi kegagalan, dampaknya, dan langkah pencegahannya (Ariyani & Sulistyarini, 2024; Sumantika et al., 2024; Ulum et al., 2024). Metode ini menggunakan pendekatan sistematis untuk menelaah kemungkinan kegagalan pada produk, proses, atau sistem. Tujuan utama *failure mode and effect analysis* adalah mencegah atau meminimalkan risiko kegagalan sehingga dapat meningkatkan keandalan, keselamatan, dan kualitas produk maupun proses yang dianalisis (Alijoyo et al., 2020; Nurjanah et al., 2024).

Pelaksanaan *failure mode and effect analysis* biasanya dilakukan oleh tim yang terdiri dari para ahli dan pemangku kepentingan terkait. Tim ini bekerja sama untuk mengidentifikasi berbagai kemungkinan mode kegagalan, menilai dampaknya terhadap kinerja sistem secara keseluruhan, serta menentukan tingkat keparahan, frekuensi, dan kemungkinan deteksi dari setiap mode kegagalan. Metode *failure mode and effect analysis* dilakukan melalui beberapa tahap yaitu menentukan produk atau proses yang dianalisis, mengidentifikasi potensi kegagalan beserta penyebab dan dampaknya, menilai tingkat keparahan (*severity*), peluang terjadinya (*occurrence*), serta kemampuan deteksi (*detection*). Selanjutnya, dihitung nilai *risk priority number* dari hasil perkalian ketiga parameter tersebut, kemudian disusun lembar kerja *failure mode and effect analysis* sebagai dokumentasi analisis.

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

dimana

RPN = risk priority number

S (severity) = besarnya dampak yang ditimbulkan oleh suatu kegagalan

O (occurrence) = tingkat frekuensi terjadinya penyebab kegagala

D (detection) = kemampuan sistem dalam mendeteksi penyebab kegagalan

Severity adalah aspek penting dalam analisis risiko yang berkaitan dengan tingkat keparahan dampak ketika sebuah komponen mengalami kegagalan. Penilaian ini tidak hanya menunjukkan potensi kerugian atau gangguan yang mungkin muncul, tetapi juga memberikan gambaran sejauh mana kegagalan tersebut dapat memengaruhi kinerja, keselamatan, dan keandalan sistem secara keseluruhan. Dalam penelitian ini, nilai *severity* diperoleh melalui kuesioner yang disebarkan kepada 20 responden yang memiliki pengalaman serta pemahaman mengenai operasional sistem sehingga hasil yang didapat mencerminkan kondisi nyata di lapangan. Setiap jenis kegagalan kemudian diberi bobot berdasarkan dampak yang ditimbulkan sehingga dapat diketahui komponen mana yang memiliki tingkat risiko tertinggi dan membutuhkan perhatian lebih dalam perawatan. Dengan adanya penilaian ini, strategi pemeliharaan dapat disusun secara lebih tepat sasaran, terarah, dan efektif.

Tabel 1. Nilai parameter *severity*

No	Kriteria	Rating
1	<i>Negligible severity</i> : tidak berdampak pada operasional <i>platform screen door</i> , aman bagi tim pemeriksa, dan tidak menimbulkan gangguan pada perjalanan ratangga.	1
2	<i>Mild severity</i> : memberi pengaruh ringan dengan menurunkan kinerja <i>platform screen door</i> , namun tidak menimbulkan risiko kecelakaan maupun hambatan perjalanan ratangga.	2
3	<i>Moderate severity</i> : mengakibatkan gangguan sedang pada sistem <i>platform screen door</i> , sedikit menyulitkan pekerjaan tim pemeriksa, tetapi tidak berpengaruh pada operasional ratangga, dan perbaikannya bisa dilakukan relatif cepat.	3
4	<i>High severity</i> : berisiko pada keselamatan tim pemeriksa, dapat merusak komponen <i>platform screen door</i> , berpotensi mengganggu perjalanan ratangga, dan perbaikan biasanya memakan waktu beberapa jam.	4
5	<i>Potential severity</i> : sangat berisiko, mengancam keselamatan tim pemeriksa dan perjalanan ratangga, dan proses perbaikan yang membutuhkan waktu hingga berhari-hari.	5

Occurrence adalah salah satu indikator dalam analisis risiko yang menilai seberapa sering kemungkinan suatu penyebab kegagalan muncul pada sebuah komponen sistem. Penilaian ini biasanya dilakukan dengan menggunakan skala 1 sampai 5 di mana semakin sering penyebab kegagalan terjadi, maka semakin tinggi pula nilai yang diberikan. Skala tersebut berfungsi untuk memperkirakan peluang kerusakan berdasarkan data pengalaman maupun catatan historis yang ada. Dengan memahami tingkat *occurrence*, komponen yang rawan mengalami gangguan dapat dikenali lebih awal sehingga langkah pemeliharaan dapat difokuskan pada tindakan pencegahan. Selain itu, penilaian ini juga berperan penting dalam menetapkan prioritas perawatan karena frekuensi terjadinya kegagalan akan memengaruhi keandalan sistem secara keseluruhan.

Tabel 2. Nilai parameter *occurrence*

No	Degree	Berdasarkan Frekuensi Terjadinya	Rating
1	<i>Very low</i>	Terjadi sekali dalam satu tahun	1
2	<i>Low</i>	Terjadi setiap 4 hingga 6 bulan	2
3	<i>Moderate</i>	Terjadi setiap 2 hingga 3 bulan	3
4	<i>High</i>	Terjadi setiap bulan	4
5	<i>Very high</i>	Terjadi hampir setiap saat	5

Detection dalam analisis risiko memiliki peran penting karena berhubungan dengan tingkat kesulitan dalam menemukan penyebab terjadinya kegagalan pada suatu komponen sistem. Proses penilaiannya menggunakan skala 1 sampai 5 di mana semakin sulit penyebab kegagalan dikenali, semakin tinggi pula nilai rating yang diberikan. Skala ini berfungsi untuk menggambarkan kemampuan sistem atau mekanisme dalam mengidentifikasi potensi kerusakan sebelum benar-benar menimbulkan kegagalan. Jika suatu kerusakan sulit terdeteksi sejak awal, maka konsekuensi yang ditimbulkan bisa lebih besar seperti terganggunya operasional hingga munculnya risiko keselamatan.

Tabel 3. Nilai parameter *detection*

No	Kriteria	Rating
1	Sangat mudah untuk dideteksi	1
2	Mudah dideteksi dengan peluang keberhasilan yang tinggi	2
3	Cukup mudah dideteksi dengan peluang keberhasilan sedang	3
4	Sulit dideteksi dengan peluang keberhasilan rendah	4
5	Tidak dapat dideteksi sama sekali	5

2.4 Mean Time To Failure (MTTF) dan Mean Time To Repair (MTTR)

Mean Time to Failure (MTTF) adalah ukuran statistik yang digunakan untuk memperkirakan rata-rata waktu antara dua kegagalan berurutan pada suatu sistem, alat, atau komponen (Krisnadi et al., 2014; Taufik & Septyani, 2015; Rachman et al., 2022). Indikator ini menunjukkan berapa lama suatu sistem dapat beroperasi sebelum terjadi kegagalan pertama kali. Kegagalan dalam konteks ini didefinisikan sebagai kondisi ketika sistem atau komponen tidak lagi berfungsi sesuai spesifikasi atau kriteria yang telah ditentukan. MTTF dapat menjadi acuan penting dalam menilai ketahanan dan keandalan suatu sistem

Sementara itu, *Mean Time to Repair* (MTTR) menggambarkan rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk memperbaiki atau mengembalikan sistem ke kondisi normal setelah mengalami kegagalan (Taufik & Septyani, 2015; Rachman et al., 2022). Perhitungan MTTR mencakup seluruh rangkaian proses perbaikan, mulai dari deteksi kegagalan, proses pelaporan, perjalanan teknisi ke lokasi, kegiatan perbaikan, hingga tahap pengujian atau verifikasi hasil perbaikan. MTTR tidak hanya mengukur kecepatan perbaikan tetapi juga efisiensi sistem pemeliharaan secara keseluruhan. Nilai ini sangat berpengaruh terhadap keandalan layanan dan keberlangsungan operasi suatu sistem.

Kedua konsep ini, MTTF dan MTTR, memiliki keterkaitan erat dalam manajemen keandalan dan pemeliharaan. MTTF lebih menekankan pada daya tahan atau keandalan sistem. Sedangkan MTTR menyoroti seberapa cepat sistem dapat dipulihkan setelah kegagalan. Keduanya digunakan sebagai dasar perencanaan pemeliharaan preventif, penyusunan jadwal kerja, hingga evaluasi performa sistem secara menyeluruh. Nilai MTTF dan MTTR biasanya diperoleh dari pengolahan data waktu antar kerusakan menggunakan *software* seperti *minitab* (Haq & Riandadari, 2019; Muhazir et al., 2024). Adapun proses perhitungan MTTF dan MTTR pada tiap distribusi adalah sebagai berikut (Astuti et al., 2016):

- distribusi *weibull*

$$MTTF = \theta \cdot \Gamma \left(1 + \frac{1}{\beta} \right) \quad (2)$$

$$MTTR = \theta \cdot \Gamma \left(1 + \frac{1}{\beta} \right) \quad (3)$$

dimana

$MTTF$ = waktu rata-rata kegagalan (hari)

$MTTR$ = waktu rata-rata perbaikan (jam)

θ = parameter skala

β = parameter bentuk

- distribusi *exponential*

$$MTTF = \frac{1}{\lambda} \quad (4)$$

$$MTTR = \frac{1}{\lambda} \quad (5)$$

dimana

λ = rata-rata kerusakan yang terjadi

- distribusi normal

$$MTTF = \mu \quad (6)$$

$$MTTR = t_{med} e^{\left(\frac{s^2}{2}\right)} \quad (7)$$

dimana

μ = nilai tengah

t_{med} = nilai tengah waktu perbaikan

s = parameter bentuk

- distribusi *lognormal*

$$MTTF = t_{med} e^{\left(\frac{s^2}{2}\right)} \quad (8)$$

$$MTTR = t_{med} e^{\left(\frac{s^2}{2}\right)} \quad (9)$$

dimana

t_{med} = nilai tengah waktu perbaikan

s = parameter bentuk

2.5 Interval Perawatan

Penentuan interval perawatan pada setiap komponen dilakukan dengan menghitung rata-rata jam kerja bulanan sebagai dasar acuan. Perhitungan ini berguna untuk memperkirakan seberapa lama suatu komponen dapat beroperasi dengan baik sebelum mengalami kerusakan sehingga jadwal pemeliharaan dapat disusun secara lebih akurat dan efisien. Melalui analisis terhadap rata-rata jam kerja tersebut, tingkat keausan komponen maupun potensi gangguan dapat diprediksi lebih dini. Hasil dari analisis ini selanjutnya digunakan sebagai pedoman dalam merancang interval perawatan yang tidak hanya mengurangi risiko kerusakan tiba-tiba, tetapi juga membantu menekan biaya pemeliharaan serta meminimalkan waktu berhentinya operasi.

- waktu rata-rata perbaikan

$$\frac{1}{\mu} = \frac{MTTR}{\text{rata-rata jam kerja per bulan}} \quad (10)$$

- waktu rata-rata pemeriksaan

$$\frac{1}{i} = \frac{\text{rata-rata 1 kali pemeriksaan}}{\text{rata-rata jam kerja per bulan}} \quad (11)$$

- rata-rata kerusakan

$$k = \frac{\text{jumlah kerusakan per } x \text{ bulan}}{x \text{ bulan}} \quad (12)$$

- frekuensi pemeriksaan optimal

$$n = \sqrt{\frac{k \times i}{\mu}} \quad (13)$$

- interval waktu pemeriksaan

$$t_i = \frac{\text{rata-rata jam kerja per bulan}}{n} \quad (14)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Sistem Platform Screen Door

Platform screen door merupakan perangkat penting yang berfungsi menjaga keselamatan penumpang agar tidak terjatuh ke jalur kereta serta meminimalkan potensi kecelakaan. Sistem ini tersusun atas dua bagian utama yaitu bagian listrik dan bagian mekanis. Pada bagian listrik, terdapat sistem tenaga dan sistem kendali yang bekerja saling mendukung. Sistem tenaga menggunakan catu daya UPS yang terdiri dari daya *drive*, daya kendali, dan baterai untuk menjamin suplai listrik tetap berjalan meskipun sumber utama terganggu. Sedangkan pada sistem kendali, terdapat berbagai perangkat seperti MCP (*Monitoring & Control Panel*), CIP (PEDC & MMS/*Main Monitoring System*), LCPD (*Local Control Panel Door*), LCPS (*Local Control Panel Staff*), DCU (*Door Control Unit*), serta ILCP (*Individual Local Control Panel*). Semua perangkat tersebut terhubung melalui antarmuka dan sistem komunikasi yang berfungsi sebagai pusat pengawasan dan pengendalian kinerja pintu secara langsung.

Pada bagian mekanis, *platform screen door* tersusun atas struktur pintu dan mesin penggerak pintu. Struktur pintu meliputi komponen seperti bantalan beban, ambang, *header unit*, FDP (*Front Door Panel*), ASD (*Automatic Sliding Doors*), EED (*Emergency Escape Doors*), FP, hingga DSD. Untuk tipe *full-height PSD*, struktur pintu dilengkapi dengan *header unit*, ASD, EED, FP, dan DSD. Sementara *half-height platform screen door* menggunakan FDP sebagai pengganti beberapa komponen. Selain itu, mesin penggerak pintu mencakup perakitan motor, sabuk karet, kunci elektromagnetik, dan DOI (*Door Open Indicator*) yang berperan dalam memastikan pintu dapat beroperasi dengan lancar dan aman. Keseluruhan kombinasi bagian listrik dan mekanis ini membuat *platform screen door* berfungsi secara efektif sebagai sistem pendukung keamanan di stasiun baik pada jalur bawah tanah maupun layang.

Penelitian ini menitikberatkan pada peralatan *platform screen door* yang dipasang di stasiun MRT Jakarta yang berperan penting sebagai sistem keselamatan untuk menjaga kelancaran dan keamanan operasional transportasi. Data gangguan yang dicatat sejak Januari 2022 hingga April 2023 dijadikan acuan utama dalam menganalisis dan menentukan interval perawatan yang sesuai. Informasi yang dikumpulkan meliputi jarak waktu antar kerusakan, yang menunjukkan berapa lama komponen dapat berfungsi sebelum terjadi kegagalan, dan durasi perbaikan yang diperlukan agar komponen kembali beroperasi normal. Data terkait gangguan dan perbaikan tersebut disajikan secara rinci pada tabel 4, khususnya untuk komponen yang berada di stasiun *elevated*. Dari analisis ini, penelitian diharapkan mampu memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai pola kerusakan sekaligus kebutuhan pemeliharaan sehingga strategi perawatan baik preventif maupun korektif dapat dirancang dengan lebih terarah dan efisien.

Tabel 4. Data gangguan stasiun *elevated*

No	Komponen	Penyebab Gangguan	Jumlah Gangguan
1	<i>Automatic sliding door</i>	a. <i>Automatic sliding door</i> tidak dapat terbuka atau tertutup secara baik dan normal b. <i>Automatic sliding door</i> tidak dapat menutup pada <i>normally close</i> c. <i>Automatic sliding door</i> gagal menutup	19
2	<i>Sensor infrared</i>	a. <i>Infrared</i> terhalang oleh <i>police line</i> b. <i>Infrared</i> tertampias hujan c. <i>Infrared</i> terhalang oleh serangga	19
3	<i>Sliding block</i>	a. <i>Sliding block</i> pada <i>automatic sliding door</i> rusak	18
4	<i>Electromagnetic lock</i>	a. <i>M-lock automatic sliding door abnormal</i> b. <i>M-lock automatic sliding door</i> tidak dapat menarik pada saat <i>normally open</i>	12
5	<i>Limit switch</i>	a. <i>Limit switch abnormal</i>	12
6	<i>Door control unit</i>	a. <i>Door control unit automatic sliding door abnormal</i> b. <i>Door control unit</i> tidak menyala	11
7	<i>Linear guide rail</i>	a. <i>Linear guide</i> dalam keadaan rusak	10

3.2 Risk Priority Number (RPN)

Perhitungan *Risk Priority Number* (RPN) digunakan untuk menentukan prioritas dari setiap kemungkinan kegagalan yang muncul pada perangkat, mode kesalahan, serta dampaknya terhadap sistem maupun mesin yang terlibat. Analisis ini menilai potensi masalah berdasarkan tiga aspek utama yaitu tingkat keparahan, frekuensi terjadinya kegagalan, dan tingkat kesulitan dalam mendeteksi penyebabnya. Nilai RPN kemudian menjadi acuan utama untuk mengidentifikasi komponen yang memiliki risiko tertinggi dan membutuhkan perhatian khusus dalam pemeliharaan. Proses ini dilakukan melalui metode *failure mode and effect analysis* yang bertujuan meningkatkan kinerja sistem secara menyeluruh. Potensi kegagalan yang telah dikenali sejak awal memungkinkan strategi pencegahan disusun lebih tepat sehingga kerusakan bisa diminimalkan, sistem tetap andal, dan waktu henti operasional dapat ditekan.

Tabel 5. Penentuan nilai RPN

No	Equipment (Peralatan)	Potential Failure Mode (Efek Kegagalan)	S	Penyebab Terjadinya Gangguan	O	Proses Kontrol	D	RPN
1	Automatic sliding door	Automatic sliding door tidak dapat terbuka atau tertutup secara baik dan normal	3	Terindikasi open failure pada CIP karena terdapat penumpang yang sedang bersandar di daun pintu automatic sliding door menyebabkan pintu gagal terbuka atau tertutup	3	Melakukan perawatan dan pengecekan rutin pada saat window time serta melakukan perbaikan dan penggantian apabila ada kerusakan	4	36
2	Automatic sliding door	Automatic sliding door tidak dapat menutup pada <i>normally close</i>	4	Automatic sliding door gangguan dikarenakan oleh kerusakan pada sliding block automatic sliding door dan linear guide rail sehingga menyebabkan terjadinya hambatan pada sliding door pada saat automatic sliding door <i>normally close</i>	4	Melakukan perawatan dan pengecekan rutin pada saat window time serta melakukan perbaikan dan penggantian apabila ada kerusakan	3	48
3	Automatic sliding door	Automatic sliding door gagal menutup	3	Automatic sliding door terindikasi obstal pada logger CIP	3	Melakukan perawatan dan pengecekan rutin pada saat window time serta melakukan perbaikan dan penggantian apabila ada kerusakan	3	27
4	Sensor infrared	Infrared terhalang oleh <i>police line</i>	3	Automatic sliding door terindikasi infrared obstacle detected pada logger CIP, aktual di lapangan diakibatkan	3	Melakukan perawatan dan pengecekan rutin pada saat window time serta melakukan	3	27

No	Equipment (Peralatan)	Potential Failure Mode (Efek Kegagalan)	S	Penyebab Terjadinya Gangguan	O	Proses Kontrol	D	RPN
5	Sensor infrared	Infrared tertampias hujan	4	oleh police line yang terlepas dan berterbangan dan menghalangi sensor infrared Terindikasi infrared failure pada looger CIP, aktual di lapangan kondisi infrared tertampias air hujan deras disertai angin kencang	4	perbaikan dan penggantian apabila ada kerusakan Melakukan perawatan dan pengecekan rutin pada saat window time serta melakukan perbaikan dan penggantian apabila ada kerusakan	4	64
6	Sensor infrared	Infrared terhalang oleh serangga	4	Terindikasi infrared failure, aktual di lapangan kondisi infrared terhalang oleh serangga	3	Melakukan perawatan dan pengecekan rutin pada saat window time serta melakukan perbaikan dan penggantian apabila ada kerusakan	4	48
7	Sliding block	Sliding block pada automatic sliding door rusak	3	Terindikasi obstal pada logger CIP, aktual di lapangan diakibatkan oleh steel ball tidak lengkap pada sliding block automatic sliding door	4	Melakukan perawatan dan pengecekan rutin pada saat window time serta melakukan perbaikan dan penggantian apabila ada kerusakan	3	36
8	Electromagnetic lock	M-lock automatic sliding door abnormal	3	Terindikasi obstal dan lock failure pada logger CIP, aktual di lapangan ditemukan m-lock automatic sliding door abnormal	4	Melakukan perawatan dan pengecekan rutin pada saat window time serta melakukan perbaikan dan penggantian apabila ada kerusakan	3	36
9	Electromagnetic lock	M-lock automatic sliding door tidak dapat menarik pada saat normally open	4	Terindikasi open failure pada CIP, aktual di lapangan di sebabkan oleh kabel biru pin ke 3 di dalam socket m-lock terlepas soldernya sehingga menyebabkan m-lock tidak dapat menarik pada saat normally open	3	Melakukan perawatan dan pengecekan rutin pada saat window time serta melakukan perbaikan dan penggantian apabila ada kerusakan	4	48
10	Limit switch	Limit switch abnormal	3	Aktual di lapangan ditemukan terdapat banyak semut	4	Melakukan perawatan dan pengecekan rutin pada saat window time serta melakukan perbaikan dan penggantian apabila ada kerusakan	4	48
11	Door control unit	Door control unit automatic sliding door abnormal	4	Terindikasi door control unit bus failure pada CIP, aktual di lapangan diakibatkan oleh door control unit automatic sliding door abnormal	4	Melakukan perawatan dan pengecekan rutin pada saat window time serta melakukan perbaikan dan penggantian apabila ada kerusakan	4	64
12	Door control unit	Door control unit tidak menyala	3	Aktual di lapangan ditemukan indikator penguncian R-automatic sliding door-locked pada door control unit tidak menyala pada saat automatic sliding door tertutup	4	Melakukan perawatan dan pengecekan rutin pada saat window time serta melakukan perbaikan dan penggantian apabila ada kerusakan	3	36
13	Linear guide rail	Linear guide dalam keadaan rusak	3	Terindikasi obstal pada logger CIP, aktual di lapangan di akibatkan oleh linear guide track dalam keadaan rusak	4	Melakukan perawatan dan pengecekan rutin pada saat window time serta melakukan perbaikan dan penggantian apabila ada kerusakan	3	36

3.3 Failure Mode and Effect Analysis

Pada penelitian ini, *failure mode and effect analysis* diterapkan khusus pada komponen *platform screen door* yang berperan penting dalam menjaga keselamatan serta kelancaran operasional MRT Jakarta. Proses analisis difokuskan pada peninjauan fungsi tiap komponen, identifikasi potensi kegagalan yang mungkin terjadi, dan penilaian dampaknya terhadap kinerja sistem secara keseluruhan. Hasil analisis tersebut digunakan sebagai acuan untuk merumuskan strategi mitigasi maupun langkah perbaikan yang lebih terarah sehingga aspek keandalan, keamanan, dan kelancaran pelayanan transportasi dapat terus dipertahankan.

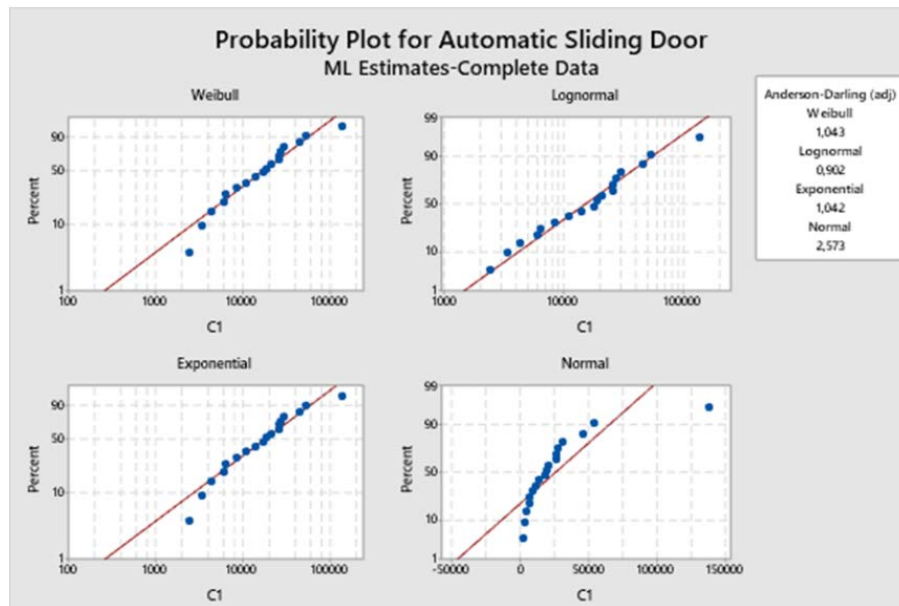
Tabel 6. *Failure mode and effect analysis*

No	Equipment (Peralatan)	Function (Fungsi)	Function Failure (Fungsi Kegagalan)		Failure Mode (Mode Kegagalan)	Failure Effect (Efek Kegagalan)
1	<i>Automatic sliding door</i>	Sebagai sistem keamanan pintu stasiun dan pembatas antar penumpang dengan peron dengan jalur rel	1A	<i>Automatic sliding door</i> tidak dapat menutup pada <i>normally close</i>	1A1 <i>Automatic sliding door</i> gangguan dikarenakan oleh kerusakan pada <i>sliding block automatic sliding door</i> dan <i>linear guide rail</i> sehingga menyebabkan terjadinya hambatan pada <i>sliding door</i> pada saat <i>automatic sliding door normally close</i>	Pintu gagal terbuka sehingga menyebabkan keterlambatan pemberangkatan maupun pemberhentian ratangga
2	<i>Sensor infrared</i>	Untuk mendeteksi keberadaan objek atau orang di dekat pintu <i>platform screen door</i>	3C	<i>Infrared</i> terhalang oleh serangga	3C1 Terindikasi <i>infrared failure</i> , aktual di lapangan kondisi <i>infrared</i> terhalang oleh serangga	Pintu tidak dapat terbuka atau tertutup dikarenakan sensor <i>infrared</i> tertampias air hujan deras disertai angin kencang yang kemungkinan besar menyebabkan <i>automatic sliding door failure</i>
3	<i>Sliding block</i>	Berfungsi sebagai mekanisme penggerak yang memungkinkan pintu pada <i>platform screen door</i> bergerak meluncur di sepanjang rel atau jalurnya	2B	<i>Sliding block</i> pada <i>automatic sliding door</i> rusak	2B1 Terindikasi <i>obstal</i> pada <i>logger CIP</i> , aktual di lapangan diakibatkan oleh <i>steel ball</i> tidak lengkap pada <i>sliding block automatic sliding door</i>	<i>Steel ball</i> tidak lengkap pada <i>sliding block automatic sliding door</i> bagian depan dan belakang sehingga menyebabkan <i>sliding door</i> tidak dapat bergerak secara normal
4	<i>Electromagnetic lock</i>	Untuk menjaga pintu <i>platform screen door</i> tetap terkunci secara otomatis saat dalam keadaan tertutup	5E	<i>M-lock automatic sliding door abnormal</i>	5E1 Terindikasi <i>obstal</i> dan <i>lock failure</i> pada <i>logger CIP</i> , aktual di lapangan ditemukan <i>m-lock automatic sliding door abnormal</i>	Penguncian <i>m-lock</i> tidak terindikasi oleh <i>door control unit</i> sehingga menyebabkan pintu tidak dapat beroperasi secara normal
5	<i>Limit switch</i>	Memberikan sinyal kontrol atau peringatan ketika suatu objek atau bagian mekanis mencapai posisi yang telah ditentukan	7G	<i>Limit switch abnormal</i>	7G1 Aktual di lapangan ditemukan terdapat banyak semut	Pintu tidak dapat beroperasi secara normal dikarenakan <i>limit switch</i> mengalami kerusakan
6	<i>Door control unit</i>	Mengontrol sistem pintu <i>platform</i> pada stasiun kereta bawah tanah dan sistem transportasi lainnya	6F	<i>Door control unit automatic sliding door abnormal</i>	6F1 Terindikasi <i>door control unit bus failure</i> pada CIP, aktual di lapangan diakibatkan oleh <i>door control unit automatic sliding door abnormal</i>	Indikator <i>door control unit failure</i> pada pintu sehingga pintu tidak beroperasi secara normal
7	<i>Linear guide rail</i>	Untuk memberikan jalur yang tepat dan stabil bagi <i>platform screen door</i>	4D	<i>Linear guide</i> dalam keadaan rusak	4D1 Terindikasi <i>obstal</i> pada <i>logger CIP</i> , aktual di lapangan di akibatkan oleh <i>linear guide track</i> dalam keadaan rusak	<i>Linear guide rail</i> mengalami kerusakan sehingga menyebabkan <i>sliding door</i> tidak dapat bergerak secara normal

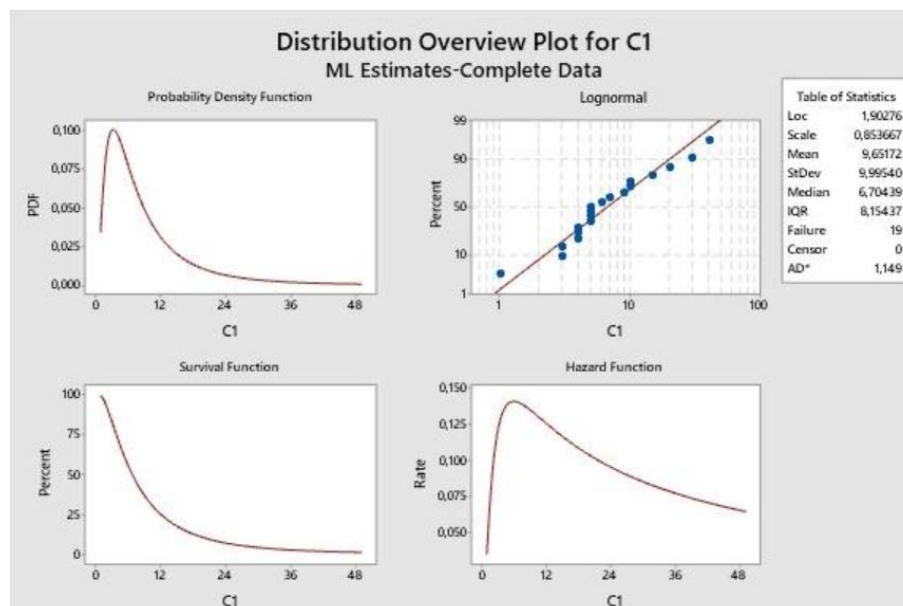
3.4 Perhitungan MTTF dan Reliabilty Komponen Automatic Sliding Door

Data TTF yang telah diperoleh kemudian dianalisis melalui uji kesesuaian distribusi untuk menentukan model distribusi yang paling tepat dalam menggambarkan pola kegagalan komponen. Analisis ini dilakukan menggunakan *software* Minitab 19 dengan nilai Anderson-Darling sebagai indikator utama untuk menilai tingkat

kecocokan. Hasil analisis ini menjadi acuan penting dalam menghitung nilai *reliability* atau keandalan komponen yang menggambarkan peluang suatu komponen tetap berfungsi tanpa kegagalan dalam jangka waktu tertentu. Tahapan ini memberikan pemahaman yang lebih mendalam mengenai karakteristik dan daya tahan komponen sehingga dapat dijadikan dasar dalam penyusunan strategi pemeliharaan serta perencanaan operasional yang lebih terarah dan efisien.



Gambar 4. Hasil pengujian model distribusi data
Sumber: (Dokumentasi penulis, 2023)



Gambar 5. Distribusi *lognormal* MTTF *automatic sliding door*
Sumber: (Dokumentasi penulis, 2023)

Tabel 7. Nilai parameter MTTF *automatic sliding door*

Parameter	Estimate	Standar Error	95,0% Normal CI	
			Lower	Upper
Location	9,63862	0,239574	9,16906	10,1082
Scale	1,01643	0,169404	0,733178	1,40910

Berdasarkan hasil uji kesesuaian distribusi menggunakan metode Anderson-Darling, diketahui bahwa komponen *automatic sliding door* paling sesuai dimodelkan dengan distribusi *lognormal* yang memiliki nilai Anderson-Darling terendah sebesar 0,902. Nilai tersebut menunjukkan bahwa distribusi *lognormal* memberikan kecocokan terbaik dibandingkan dengan jenis distribusi lainnya sehingga layak dijadikan acuan dalam analisis keandalan komponen. Setelah distribusi yang sesuai diperoleh, langkah berikutnya adalah menghitung MTTF

dan *reliability* komponen dengan menggunakan parameter-parameter dari distribusi *lognormal*. Perhitungan ini dilakukan untuk mengestimasi waktu rata-rata sebelum terjadinya kegagalan serta menentukan peluang bahwa komponen masih berfungsi dengan baik dalam jangka waktu tertentu. Melalui hasil analisis tersebut, dapat diperoleh pemahaman yang lebih mendalam mengenai tingkat keandalan dan ketahanan komponen *automatic sliding door* sebagai bagian penting dari sistem *platform screen door*.

1. Menghitung nilai MTTF

$$MTTF = \exp\left(\mu + \frac{1}{2}\sigma^2\right)$$

$$MTTF = \exp\left(9,63862 + \frac{1}{2}1,01643^2\right)$$

$$MTTF = \exp(9,63862 + 0,51656497)$$

$$MTTF = \exp(10,155185)$$

$$MTTF = 25724,13667 \text{ menit atau } 17 \text{ hari}$$

2. *Reliability* komponen

$$R(t) = 1 - \Phi\left(\frac{\ln t - \mu}{\sigma}\right)$$

$$R(t) = 1 - \Phi\left(\frac{10,155185 - 9,63862}{1,01643}\right)$$

$$R(t) = 1 - \Phi\left(\frac{0,516565}{1,01643}\right)$$

$$R(t) = 1 - \Phi(0,508215027)$$

$$R(t) = 0,305651$$

$$R(t) = 30,5\%$$

Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan parameter distribusi *lognormal* yang telah ditetapkan sebelumnya, diperoleh nilai *reliability* untuk komponen *automatic sliding door* sebesar 30,5%. Nilai ini menunjukkan bahwa peluang komponen tersebut untuk tetap beroperasi dengan baik tanpa mengalami kegagalan dalam periode waktu tertentu hanya sekitar sepertiga dari total probabilitas kerja ideal. Kondisi ini mengindikasikan perlunya evaluasi lebih lanjut terhadap jadwal perawatan, penggantian komponen yang mengalami penurunan performa serta peningkatan sistem monitoring untuk mencegah terjadinya kerusakan berulang.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, diperoleh hasil mengenai analisis risiko dan keandalan komponen *platform screen door* pada Stasiun MRT Jakarta *Elevated*. Melalui perhitungan *risk priority number* dengan metode *failure mode and effect analysis*, ditemukan dua komponen dengan tingkat risiko tertinggi yaitu *sensor infrared* yang mengalami gangguan akibat tampias air hujan dan *door control unit* pada kondisi *automatic sliding door abnormal*, masing-masing dengan nilai *risk priority number* sebesar 64. Dari hasil analisis *reliability*, diperoleh bahwa *linear guide rail* memiliki tingkat keandalan paling rendah sebesar 21,1%, sedangkan *door control unit* menunjukkan tingkat keandalan tertinggi dengan nilai 37,7%. Sementara itu, hasil perhitungan interval waktu perawatan menunjukkan bahwa *electromagnetic lock* memiliki interval perawatan tercepat yaitu sekitar 788,78 jam atau 32 hari, sedangkan *door control unit* memiliki interval perawatan terlama, mencapai 3908,5 jam atau sekitar 162 hari. Hasil ini menggambarkan adanya variasi tingkat risiko dan keandalan antar komponen, yang dapat dijadikan acuan dalam penentuan prioritas perawatan untuk menjaga kinerja dan keselamatan sistem *platform screen door* secara maksimal. Sistem perawatan pada peralatan *platform screen door* di Stasiun MRT Jakarta sebaiknya menerapkan metode *failure mode and effect analysis* untuk mengenali potensi kegagalan dan menentukan prioritas perbaikan secara tepat. Penerapan metode ini memudahkan penjadwalan perawatan sebelum kerusakan serius terjadi serta membantu menangani gangguan seperti kegagalan penguncian perangkat. Selain itu, perusahaan perlu melakukan monitoring dan pencatatan rutin terhadap seluruh kerusakan dan proses perbaikan agar pengelolaan keandalan, jadwal perawatan, dan manajemen komponen dapat berjalan lebih efektif dan sistematis.

DAFTAR PUSTAKA

- Alijoyo, A., Wijaya, B., & Jacob, I. (2020). *Failure Mode Effect Analysis - Analisis Modus Kegagalan dan Dampak*. Bandung: CRMS Indonesia.
- Aprilia, R. N., Puspitasari, M. D., & Darmawan, A. (2024). Maintenance Strategy For Jakarta LRT Platform Screen Door Components Based on Failure Risk Using FMEA Method. *Proceedings of the 2nd International Conference on Railway and Transportation 2023 (ICORT 2023)*, Madiun: 6 November 2023, 185-203. https://doi.org/10.2991/978-94-6463-384-9_17.
- Ariyani, O. & Sulistyarini, D. H. (2024). Evaluasi Perawatan Kursi Penumpang Kereta dengan Pendekatan RAMS. *Jurnal Rekayasa Sistem dan Manajemen Industri*, 1(11), 1263-1274. <https://jrsmi.ub.ac.id/index.php/jrsmi/article/view/131/>.
- Astuti, F. A. F., Sugiono, S., & Choiron, M. A. (2016). Analisis Interval Perawatan Komponen Kritis Unit Mesin Stitching Untuk Meminimumkan Biaya Perawatan Dan Meningkatkan Produktivitas. *INFO-TEKNIK*, 17(2), 253-262. <https://ppjp.ulm.ac.id/journal/index.php/infoteknik/article/view/2500>.
- Devi, M. K., Safitri, R., & Fanani, F. (2021). Peran Kebijakan dalam Peningkatan Performa Layanan BRT Transjakarta. *SPECTA Journal of Technology*, 5(3), 287-297. <https://doi.org/10.35718/specta.v5i3.373>.
- Dwiatmoko, H., Waluyo, S., Widodo, W., & Perangin-angin, H. S. (2021). *Pengujian Prasarana LRT Jabodebek*. Surabaya: Scopindo Media Pustaka.
- Hanafie, H., Suprpto, F. N., & Nugraha, A. (2024). Efektivitas Program Mass Rapid Transit (MRT) dalam Mengatasi Kemacetan Lalu Lintas di Kota Jakarta. *Transparansi : Jurnal Ilmiah Ilmu Administrasi*, 7(2), 191-197. <https://doi.org/10.31334/transparansi.v7i2.3906>.
- Handayani, S., Afrianti, D. A., & Suryandari, M. (2021). Implementasi Kebijakan Angkutan Umum di DKI Jakarta. *Jurnal Teknologi Transportasi Dan Logistik*, 2(1), 19-28. <https://jurnal.poltradabali.ac.id/jttl/article/view/30>.
- Haq, M. I. & Riandadari, D. (2019). Penentuan Penjadwalan Preventive Maintenance Pada Komponen Mesin Callender Di Pt. Karet Ngagel Surabaya Wira Jatim. *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin (JPTM)*, 9(1), 8-16. <https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/jurnal-pendidikan-teknik-mesin/article/view/29914>.
- Haryanti, T., Kurniawan, I. A., & Prasetyo, E. (2024). Peran Transportasi Berbasis MRT dalam Mendukung Mobilitas Cerdas Kota Jakarta. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 10(5), 888-898. <https://jurnal.peneliti.net/index.php/JIWP/article/view/6384>.
- Islam, S. S., Lestari, T., Fitriani, A., & Wardani, D. A. (2020). Analisis Preventive Maintenance Pada Mesin Produksi dengan Metode Fuzzy FMEA. *JTT (Jurnal Teknologi Terpadu)*, 8(1), 13-20. <https://doi.org/10.32487/jtt.v8i1.766>.
- Krisnadi, J. W., Soemadi, K., & Mustofa, F. H. (2014). Optimisasi Waktu Penggantian Komponen Pada Lokomotif De Cc 201 Seri 99 Menggunakan Metoda Age Replacement di Pt. Kereta Api Indonesia. *REKA INTEGRA JURNAL TEKNIK INDUSTRI*, 1(4), 24-34. <https://ejournal.itenas.ac.id/index.php/rekaintegra/article/view/255>.
- MRT Jakarta. (2023, 26 Januari). *MRT Jakarta Ditetapkan sebagai Objek Vital Transportasi Bidang Perkeretaapian*. Diakses pada 20 Agustus 2025, <https://jakartamrt.co.id/id/info-terkini/mrt-jakarta-ditetapkan-sebagai-objek-vital-transportasi-bidang-perkeretaapian>.
- Mu'allimah, M. & Mashpufah, R. N. (2021). Analisis Kebijakan Pemerintah Provinsi DKI Jakarta dalam Mengatasi Permasalahan Transportasi di Perkotaan. *Jurnal Manajemen Dan Ilmu Administrasi Publik (JMIAP)*, 3(4), 291-296. <https://doi.org/10.24036/jmiap.v3i4.334>.
- Muhazir, A., Sinaga, Z., & Setyadi, R. D. (2024). Perencanaan Perawatan Mesin Building Dengan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM). *Jurnal Optimalisasi*, 10(1), 120-131. <https://doi.org/10.35308/jopt.v10i01.9263>.
- Nurjanah, M. U., Astuti, S. W., & Nurhadi, M. (2024). Analisis Risiko Pekerjaan Erection Jembatan Kereta Api Menggunakan Metode Fuzzy FMEA. *Jurnal Komposit: Jurnal Ilmu-Ilmu Teknik Sipil*, 8(1), 163-170. <https://doi.org/10.32832/komposit.v8i1.15165>.

- Nurokhman, N., Suryanto, S., Subagyo, S., & Madazzaman, W. Y. (2025). Dampak Transportasi Sistem Ligh Rail Transits Terhadap Kemacetan Lalu Lintas Dan Emisi Carbon Di Jakarta. *Civil Engineering and Technology Journal*, 7(1), 37-48. <https://doi.org/10.47200/civetech.v7i1.2767>.
- Pambudi, A. S. & Hidayati, S. (2020). Analisis Perilaku Sosial Pengguna Moda Transportasi Perkotaan: Studi Kasus Mass Rapid Transit (MRT) DKI Jakarta. *Bappenas Working Papers*, 3(2), 143-156. <https://doi.org/10.47266/bwp.v3i2.74>.
- Rachman, T., Watunglawar, D. N., Amperajaya, M. D., Adnan, S. R., & Sriwana, I. K. (2022). Penentuan Interval Waktu Penggantian dan Perbaikan Komponen Kritis Mesin Bubut Type SS-850 di PT. Hamdan Jaya Makmur Dengan Metode Age Replacement. *Jurnal Metris*, 23(1), 52-61. <https://doi.org/10.25170/metris.v23i01.3547>.
- Rahmawati, R., Rahman, Y. N., Hidayati, A., Khozinunniam, K., & Atmaja, I. (2025). Studi Komparatif Headway Dan Metode Pembayaran Pada Mrt Jakarta Dan Mrt Bangkok. *Construction and Material Journal*, 7(1), 1-12. <https://doi.org/10.32722/cmj.v7i1.7290>.
- Rampengan, O. E., Arifianto, T., & Fathurrozi Winjaya. (2025). Pemanfaatan Teknologi Virtual Reality Sebagai Sarana Pembelajaran Untuk Pengenalan Modul Platform Screen Door (PSD) Pada Stasiun Underground MRT Jakarta. *Sistem Dan Teknik Transportasi Indonesia*, 1(4). <https://doi.org/10.47134/stti.v1i4.3429>.
- Rini, A. P., Shafira, D. A., Fakhirah, L. A., Putri, E. T., & Sadiawati, D. (2024). Optimalisasi Upaya Penyediaan Public Transport dalam Pembangunan Infrastruktur Guna Tercapainya Perekonomian Berkelanjutan. *Proceedings Conference National Conference on Law Studies (NCOLS)*, Jakarta: 22 April 2024, 216-229. <https://conference.upnvj.ac.id/index.php/ncols/article/view/2966>.
- Setia, N. R., Nelwan, R. F., Marina, S., & Hidayat, M. (2019). SWOT Analysis in MRT Jakarta. *Advances in Transportation and Logistics Research*, Jakarta: 1-2 Agustus 2019, 504-515. <https://proceedings.itltrisakti.ac.id/index.php/ATLR/article/view/204>.
- Sujatini, S., Sari, S. L., & Dewi, E. P. (2023). Peningkatan Kualitas Kawasan Terminal Lebak Bulus Dengan Penerapan Konsep TOD Berdasarkan Aspek Komunikasi Arsitektur. *Jurnal IKRAITH-TEKNOLOGI*, 7(2), 50-57. <https://doi.org/10.37817/ikraith-teknologi.v7i2.2331>.
- Sumantika, A., Prasetyo, B. A., & Sirait, G. (2024). Mitigasi Risiko pada Proses Produksi Tahu Menggunakan Pendekatan Metode Failure Mode and Effect Analysis dan Risk Priority Number. *SURYA TEKNIKA*, 11(1), 40-45. <https://doi.org/10.37859/jst.v11i1.7084>.
- Taufik, T. & Septyani, S. (2015). Penentuan Interval Waktu Perawatan Komponen Kritis Pada Mesin Turbin Di Pt Pln (Persero) Sektor Pembangkit Ombilin. *Jurnal Optimasi Sistem Industri*, 14(2), 238-258. <https://doi.org/10.25077/josi.v14.n2.p238-258.2015>.
- Ulum, R. B., Widarman, A., Mayumi, A. N., & Iskandar, H. (2024). Analisis Implementasi Teknis Reliability, Availability, Maintainability and Safety (Rams) Pada Resor Jalan Rel Berdasarkan Sni Iec 62278-2002 Bidang Perkeretaapian Di Stasiun Purwakarta. *Journal of Management and Industrial Engineering (JMIE)*, 3(2), 46-55. <https://jurnal.sttnlampung.ac.id/index.php/jmie/article/view/140>.
- Yudha, M. R. Z. & Sari, V. P. (2023). Kerja Sama Japan International Cooperation Agency dan Indonesia Dalam Proyek Mass Rapid Transit Jakarta Fase II. *Padjadjaran Journal of International Relations*, 5(2), 178-197. <https://doi.org/10.24198/padjir.v5i2.41862>.