

Analisis Strategi Perawatan Perangkat *Wayside* Kereta Api Layang Menggunakan Metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM)

Jihad Akbar Hidayatullah

Teknik Industri, Universitas Widyatama, Jl Cikutra No. 204A, Sukapada, Kota Bandung
jihad.akbar@widyatama.ac.id

Keywords: *Reliability Centered Maintenance, Wayside equipment, Point Machine, signaling system, Axle Counter*

Abstract

Wayside equipment plays a crucial role in ensuring the safety and reliability of elevated railway operations. In Jakarta's elevated railway system, Wayside devices such as Point Machines, signals, and Axle Counters operate continuously under challenging environmental conditions, including high humidity, rainfall, and pollution. These conditions increase the risk of equipment degradation and operational disturbances. This study aims to analyze maintenance strategies for Wayside equipment using the Reliability Centered Maintenance (RCM) method. The research focuses on three critical Wayside components: Point Machines, signaling systems, and Axle Counters, based on maintenance and disturbance data from September to November 2025. The RCM approach is applied through functional analysis, identification of functional failures, and Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) to determine appropriate maintenance strategies. The results show that most disturbances are caused by minor mechanical issues, contamination, and electrical connection problems. The application of RCM helps classify maintenance actions into preventive, condition-based, and corrective maintenance, enabling more effective and structured maintenance planning.

Kata kunci: *Reliability Centered Maintenance, perangkat Wayside, mesin wesel, sistem sinyal, Axle Counter*

Abstrak

Perangkat *Wayside* memiliki peranan penting dalam menjamin keselamatan dan keandalan operasi kereta api layang. Pada sistem kereta api layang di Jakarta, perangkat *Wayside* seperti mesin wesel, sinyal, dan *Axle Counter* beroperasi secara terus-menerus dalam kondisi lingkungan yang menantang, seperti kelembapan tinggi, curah hujan, dan polusi. Kondisi tersebut meningkatkan risiko penurunan kinerja peralatan dan gangguan operasional. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis strategi perawatan perangkat *Wayside* menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM). Penelitian difokuskan pada tiga perangkat *Wayside* utama, yaitu mesin wesel, sinyal, dan *Axle Counter*, berdasarkan data gangguan dan perawatan pada periode September hingga November. Metode RCM diterapkan melalui analisis fungsi, identifikasi kegagalan fungsi, serta *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA) untuk menentukan strategi perawatan yang sesuai. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sebagian besar gangguan disebabkan oleh masalah mekanis ringan, kotoran lingkungan, dan gangguan sambungan listrik. Penerapan metode RCM membantu mengelompokkan tindakan perawatan ke dalam perawatan preventif, berbasis kondisi, dan korektif sehingga perencanaan perawatan menjadi lebih terstruktur dan efektif.

PENDAHULUAN

Perkembangan sistem transportasi kereta api di Jakarta, khususnya jaringan kereta api layang, menjadi kebutuhan penting dalam memenuhi mobilitas masyarakat urban yang tinggi (Tamin, 2000; Kementerian Perhubungan Republik Indonesia, 2020). Agar sistem kereta api layang beroperasi dengan aman, andal, dan tepat waktu, diperlukan pemeliharaan yang efektif terhadap komponen-komponen teknisnya, terutama perangkat *Wayside* yang berperan dalam pengaturan lalu lintas dan keselamatan sistem persinyalan. (Suhardjono, 2016)

Perangkat *Wayside* merupakan komponen yang berdiri di sisi rel dan memiliki fungsi yang krusial dalam sistem operasi kereta api. Salah satu perangkat yang termasuk dalam *Wayside* adalah sistem sinyal yang berfungsi untuk memberi informasi dan perintah kepada masinis terkait kondisi jalur dan izin perjalanan. Dalam konteks sinyal kereta api Indonesia, peralatan persinyalan memegang peran penting dalam menjaga keselamatan perjalanan dan mengatur hubungan blok lintasan untuk menghindari konflik antar kereta dalam satu jaringan rel. Keandalan sinyal menjadi aspek kunci bagi operasi jaringan kereta yang padat dan berkepadatan tinggi. (Hakim, 2022)

Selain sinyal, *Point Machine* adalah perangkat *Wayside* yang berfungsi untuk memindahkan arah rel atau *Switch* sehingga kereta dapat berpindah dari satu lintasan ke lintasan lainnya. Wesel merupakan bagian integral dari *Layout* jalur yang memberikan fleksibilitas jalur dan pengaturan rute, sehingga pergerakan kereta tetap dapat terkoordinasi secara aman dan benar ketika menghadapi persimpangan atau penataan ulang lintasan. Gangguan pada wesel dapat menimbulkan penundaan atau bahkan pembatalan perjalanan, sehingga kebutuhan akan perawatan yang sistematis sangat penting dalam sistem persinyalan modern.

Perangkat *Wayside* lainnya adalah *Axle Counter*, yaitu sistem pendeteksi yang digunakan untuk mengetahui apakah segmen tertentu dari jalur rel sedang ditempati oleh kereta atau tidak. *Axle Counter* bekerja dengan menghitung jumlah gandar roda yang melewati suatu titik tertentu di jalur, sehingga dapat menentukan status “kosong” atau “terisi” suatu blok rel. Penggunaan *Axle Counter* dalam sistem pengaturan lalu lintas kereta api dianggap efektif dalam meningkatkan keamanan dan efisiensi operasi, karena sistem ini dapat memberikan informasi posisi kereta secara *real-time* kepada sistem persinyalan dan operator. Berdasarkan penelitian akademik yang dilakukan pada penggunaan *Axle Counter* dalam manajemen lalu lintas kereta api di Indonesia, perangkat ini terbukti menjadi alat utama dalam deteksi kereta serta mendukung *interlocking* dan hubungan blok sinyal secara efektif. (Rosyidi & Santoso, 2023)

Meskipun ketiga perangkat *Wayside* tersebut memiliki peran yang sangat penting dalam keseluruhan sistem perkeretaapian, studi akademik yang menggabungkan tinjauan terhadap strategi pemeliharaan mereka, khususnya dalam konteks sistem kereta api layang di Jakarta, masih relatif terbatas. Penelitian terdahulu banyak berfokus pada masalah teknis peralatan atau isu

individual seperti gangguan *Axle Counter*, namun strategi pemeliharaan berbasis keandalan seperti *Reliability Centered Maintenance* (RCM) yang mengintegrasikan analisis risiko kegagalan (Arfiansyah, 2017) untuk penjadwalan perawatan belum banyak dikaji secara menyeluruh di lingkungan penelitian Indonesia.

Kesenjangan penelitian ini menunjukkan kebutuhan akan penelitian yang lebih komprehensif tentang perawatan *Wayside* yang mempertimbangkan karakteristik kegagalan perangkat dan dampaknya terhadap operasi kereta api layang di Jakarta. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis strategi perawatan perangkat *Wayside* kereta api layang di Jakarta dengan menggunakan metode RCM, sehingga temuan penelitian diharapkan dapat memberikan kontribusi ilmiah terhadap pengembangan praktik pemeliharaan yang lebih efektif dan relevan secara lokal.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif deskriptif dengan mengadopsi kerangka *Reliability Centered Maintenance* (RCM) sebagai metodologi utama untuk menganalisis strategi perawatan perangkat *Wayside* pada sistem kereta api layang di Jakarta. Metode RCM dipilih karena merupakan pendekatan berbasis risiko yang memadukan fungsi operasional, konsekuensi kegagalan, dan prioritas perawatan dalam suatu kerangka terpadu (Moubray, 1997) sehingga memungkinkan perawatan yang lebih efektif dan efisien pada sistem yang kompleks seperti infrastruktur perkeretaapian. RCM telah digunakan dalam studi perawatan sistem persinyalan berbasis teknologi modern untuk mengetahui tingkat keparahan kegagalan dan kebutuhan perawatan komponen sistem kereta api.

RCM berangkat dari prinsip bahwa perawatan harus mempertahankan fungsi penting dari suatu aset dalam konteks operasionalnya, bukan sekadar mengikuti jadwal rutin tanpa mempertimbangkan urgensi atau risiko kegagalan. Metode ini juga melibatkan analisis statistik deterministik seperti *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA) untuk mengevaluasi risiko dari setiap kegagalan fungsi secara sistematis. (Hakim, 2022) Periode pengambilan data selama tiga bulan dipilih dengan pertimbangan metodologis bahwa rentang waktu tersebut merepresentasikan kondisi operasi normal sistem kereta api layang tanpa adanya gangguan luar biasa seperti *force majeure*, perubahan pola operasi signifikan, atau pekerjaan besar pada infrastruktur. Dengan demikian, data gangguan yang dianalisis mencerminkan pola gangguan operasional harian yang umum terjadi dan relevan untuk analisis strategi perawatan berbasis *Reliability Centered Maintenance* (RCM).

1. Variabel Penelitian

Variabel utama dalam penelitian ini adalah perangkat *Wayside*, yang meliputi mesin wesel, sistem sinyal, dan *Axle Counter*. Ketiga perangkat tersebut dipilih karena memiliki fungsi langsung dalam pengaturan rute, pengendalian perjalanan, dan deteksi keberadaan kereta.

Variabel pendukung terdiri atas:

- a. Jenis gangguan, yaitu bentuk kegagalan yang terjadi pada perangkat;
- b. Frekuensi gangguan, yaitu jumlah kejadian gangguan selama periode penelitian;
- c. Tingkat dampak gangguan, yaitu pengaruh gangguan terhadap keselamatan dan operasi kereta;
- d. Tingkat pendeteksian gangguan, yaitu kemudahan gangguan diketahui sebelum berdampak pada operasi.

Variabel-variabel tersebut digunakan sebagai dasar penilaian risiko kegagalan dalam analisis FMEA.

2. Objek dan Subjek Penelitian

Objek penelitian adalah perangkat *Wayside* yang terpasang pada jalur kereta api layang di Jakarta dan beroperasi secara aktif dalam sistem persinyalan. Subjek penelitian berupa data gangguan dan aktivitas perawatan perangkat mesin wesel, sistem sinyal, dan *Axle Counter* yang tercatat selama periode September hingga November. Pengambilan data selama tiga bulan dipilih dengan pertimbangan metodologis bahwa rentang waktu tersebut merepresentasikan kondisi operasi normal sistem kereta api layang tanpa adanya gangguan luar biasa seperti *force majeure*, perubahan pola operasi signifikan, atau pekerjaan besar pada infrastruktur. Dengan demikian, data gangguan yang dianalisis mencerminkan pola gangguan operasional harian yang umum terjadi dan relevan untuk analisis strategi perawatan berbasis *Reliability Centered Maintenance* (RCM).

3. Instrumen Penelitian

Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini disusun untuk mendukung pengumpulan dan analisis data secara sistematis, meliputi:

- a. Lembar rekap gangguan perangkat *Wayside*, untuk mencatat waktu kejadian, jenis gangguan, dan perangkat yang terdampak;
- b. Hasil *Checklist* inspeksi perangkat, untuk menilai kondisi fisik dan fungsi dasar perangkat saat pemeriksaan lapangan;
- c. Formulir analisis FMEA, untuk mengidentifikasi mode kegagalan, penyebab, dan dampaknya;
- d. Dokumentasi perawatan, berupa catatan perawatan rutin dan korektif.

Instrumen tersebut digunakan untuk memastikan bahwa data yang dianalisis berasal dari kondisi aktual dan dapat ditelusuri kembali.

4. Prosedur Penelitian

Tahapan Penelitian dilaksanakan melalui beberapa tahapan yang dilakukan secara berurutan. Tahap pertama adalah pengumpulan data gangguan perangkat *Wayside* selama periode September hingga November. Data gangguan kemudian dikelompokkan berdasarkan jenis perangkat, yaitu mesin wesel, sistem sinyal, dan *Axle Counter*.

Tahap berikutnya adalah identifikasi fungsi utama masing-masing perangkat, yang dilanjutkan dengan identifikasi kegagalan fungsi berdasarkan data gangguan dan hasil inspeksi. Dari kegagalan fungsi tersebut disusun mode kegagalan yang paling sering terjadi. Mode kegagalan ini kemudian dianalisis menggunakan metode *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA).

Dalam analisis FMEA, setiap mode kegagalan diberi nilai *Severity* (S), *Occurrence* (O), dan *Detection* (D) (Hakim, 2022). Nilai-nilai tersebut digunakan untuk menghitung *Risk Priority Number* (RPN) sebagai indikator tingkat risiko kegagalan. Berdasarkan nilai RPN, ditentukan prioritas dan jenis strategi perawatan yang paling sesuai untuk masing-masing perangkat *Wayside*.

5. Data Gangguan Perangkat *Wayside*

Berdasarkan hasil wawancara, didapatkan data gangguan selama bulan September hingga November untuk perangkat *Wayside*.

Tabel 1. Data Gangguan Perangkat *Wayside* (September-November)

Perangkat	September	Oktober	November	Total
<i>Point Machine</i>	2	4	3	9
Sistem Sinyal	3	1	1	5
<i>Axle Counter</i>	0	0	4	4

6. Analisis Risiko FMEA

Analisis risiko kegagalan perangkat *Wayside* dalam penelitian ini dilakukan menggunakan metode *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA) sebagai bagian dari kerangka *Reliability Centered Maintenance* (RCM). FMEA digunakan untuk mengidentifikasi mode kegagalan yang berpotensi terjadi pada perangkat mesin wesel, sistem sinyal, dan *Axle Counter*, serta untuk menilai tingkat risiko dari masing-masing kegagalan tersebut secara sistematis. Penelitian ini memfokuskan analisis FMEA pada mode kegagalan dominan dengan nilai *Risk Priority Number* (RPN) tertinggi pada setiap perangkat *wayside*. Pendekatan ini dipilih karena mode kegagalan dominan tersebut memberikan kontribusi risiko terbesar terhadap gangguan operasi dan keselamatan perjalanan kereta. Dengan memusatkan analisis pada mode kegagalan yang paling kritis, penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan rekomendasi strategi perawatan yang lebih terarah, efektif, dan relevan secara operasional.

Penilaian risiko dalam FMEA didasarkan pada tiga parameter utama, yaitu *Severity* (S), *Occurrence* (O), dan *Detection* (D). Ketiga parameter tersebut ditentukan berdasarkan data

gangguan selama periode September hingga November, hasil inspeksi lapangan, serta dampak gangguan terhadap operasi kereta api layang.

a. Skala Penilaian *Severity* (S)

Severity menunjukkan tingkat keparahan dampak kegagalan terhadap keselamatan dan kelancaran operasi kereta api.

Tabel 2 Skala Penilaian *Severity* (S)

Skor	Kriteria Dampak	Deskripsi
1–2	Sangat kecil	Tidak memengaruhi operasi kereta
3–4	Kecil	Gangguan ringan tanpa keterlambatan
5–6	Sedang	Gangguan operasional dengan keterlambatan kecil
7–8	Besar	Keterlambatan signifikan atau pembatasan operasi
9–10	Kritis	Potensi berhenti operasi atau risiko keselamatan

b. Skala Penilaian *Occurrence* (O)

Occurrence menunjukkan seberapa sering suatu mode kegagalan terjadi berdasarkan jumlah kejadian gangguan selama periode penelitian.

Tabel 3 Skala Penilaian *Occurrence* (O)

Skor	Frekuensi Kejadian (3 Bulan)	Keterangan
1–2	1–2 kali	Sangat jarang terjadi
3–4	3–5 kali	Jarang terjadi
5–6	6–8 kali	Cukup sering
7–8	9–12 kali	Sering terjadi
9–10	>12 kali	Sangat sering terjadi

c. Skala Penilaian *Detection* (D)

Detection menunjukkan tingkat kemudahan suatu kegagalan dapat terdeteksi sebelum berdampak pada operasi kereta.

Tabel 4 Skala Penilaian *Detection* (D)

Skor	Tingkat Deteksi	Deskripsi
1–2	Sangat mudah	Selalu terdeteksi saat inspeksi rutin
3–4	Mudah	Umumnya terdeteksi sebelum gangguan
5–6	Sedang	Terdeteksi setelah pengujian fungsi
7–8	Sulit	Baru terdeteksi setelah gangguan
9–10	Sangat sulit	Tidak terdeteksi sebelum kegagalan

d. Perhitungan *Risk Priority Number* (RPN)

Nilai *Risk Priority Number* (RPN) dihitung untuk setiap mode kegagalan dengan mengalikan nilai *Severity*, *Occurrence*, dan *Detection* menggunakan persamaan:

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

Nilai RPN digunakan untuk menentukan tingkat risiko kegagalan dan prioritas perawatan perangkat *Wayside*.

Tabel 5 Kriteria Tingkat Risiko Berdasarkan Nilai RPN

Nilai RPN	Tingkat Risiko	Implikasi Perawatan
< 50	Rendah	<i>Corrective maintenance</i>
50 – 100	Sedang	<i>Preventive</i> atau <i>condition-based maintenance</i>
> 100	Tinggi	<i>Preventive</i> intensif dan prioritas utama

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menghasilkan data gangguan perangkat *Wayside* pada sistem kereta api layang di Jakarta selama periode September hingga November. Data gangguan diperoleh dari catatan operasional dan telah diolah untuk mengetahui frekuensi gangguan pada masing-masing perangkat *Wayside*, yaitu *Point Machine*, sistem sinyal, dan *Axle Counter*.

Tabel 6 Rekapitulasi Gangguan Perangkat *Wayside* (September–November)

Perangkat	September	Oktober	November	Total
<i>Point Machine</i>	2	4	3	9
Sistem Sinyal	3	1	1	5
<i>Axle Counter</i>	0	0	4	4

Berdasarkan Tabel 6, perangkat *Point Machine* memiliki jumlah gangguan tertinggi dengan total 9 kejadian, diikuti oleh sistem sinyal sebanyak 5 kejadian, dan *Axle Counter* sebanyak 4 kejadian. Pola ini menunjukkan bahwa gangguan tidak tersebar merata antar perangkat *Wayside* dan cenderung terkonsentrasi pada perangkat yang memiliki komponen mekanik bergerak.

Data gangguan tersebut kemudian dianalisis menggunakan metode *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA) untuk menentukan tingkat risiko kegagalan berdasarkan parameter *Severity* (S), *Occurrence* (O), dan *Detection* (D). Nilai *Occurrence* (O) ditentukan berdasarkan total kejadian gangguan selama tiga bulan pengamatan.

Tabel 7 Perhitungan RPN

Perangkat	Mode Kegagalan Dominan	S	O	D	RPN
<i>Point Machine</i>	Perpindahan lambat/seret	7	7	4	196
Sistem Sinyal	Koneksi terminal longgar	8	4	4	128
<i>Axle Counter</i>	Salah deteksi akibat sensor kotor	8	4	3	96

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa *Point Machine* memiliki nilai RPN tertinggi, yang mengindikasikan tingkat risiko kegagalan paling besar dibandingkan perangkat *Wayside* lainnya. Sistem sinyal berada pada tingkat risiko menengah–tinggi, sedangkan *Axle Counter* berada pada tingkat risiko menengah.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa *Point Machine* merupakan perangkat *Wayside* dengan tingkat risiko kegagalan tertinggi, yang tercermin dari nilai RPN sebesar 196. Tingginya nilai ini dipengaruhi oleh frekuensi gangguan yang relatif sering terjadi selama periode pengamatan, serta karakteristik mekanik *Point Machine* yang memiliki banyak komponen bergerak dan rentan terhadap pengaruh lingkungan seperti debu dan kelembapan. Dalam kerangka *Reliability Centered Maintenance* (RCM), perangkat dengan nilai RPN tinggi dikategorikan sebagai komponen kritis yang memerlukan prioritas perawatan preventif dan berbasis kondisi.

Temuan ini sejalan dengan prinsip RCM yang menekankan bahwa komponen dengan konsekuensi kegagalan besar dan frekuensi gangguan tinggi harus menjadi fokus utama dalam perencanaan perawatan. Gangguan pada *Point Machine*, meskipun tidak selalu bersifat kegagalan total, dapat berdampak langsung pada keterlambatan perjalanan dan pembatasan operasi karena berpengaruh terhadap pengaturan rute kereta.

Pada perangkat sistem sinyal, nilai RPN sebesar 128 menunjukkan bahwa risiko kegagalan berada pada tingkat menengah hingga tinggi. Mode kegagalan dominan berupa koneksi terminal yang longgar menyebabkan gangguan bersifat intermiten, yang relatif sulit diprediksi apabila tidak dilakukan inspeksi berkala. Dalam konteks teori FMEA, kegagalan dengan karakteristik seperti ini memiliki nilai *Detection* yang sedang, sehingga tetap memerlukan perhatian dalam bentuk perawatan preventif terjadwal dan pengujian fungsi rutin.

Sementara itu, *Axle Counter* memiliki nilai RPN paling rendah di antara ketiga perangkat *Wayside* yang dianalisis, yaitu sebesar 96. Meskipun dampak kegagalan *Axle Counter* tergolong signifikan karena dapat menyebabkan kondisi blok tidak *clear*, frekuensi gangguan yang lebih rendah dan kemudahan deteksi melalui inspeksi kebersihan sensor menyebabkan tingkat risikonya berada pada kategori menengah. Temuan ini menunjukkan bahwa strategi perawatan berbasis kondisi dengan fokus pada kebersihan sensor dan verifikasi fungsi sudah cukup efektif untuk mengendalikan risiko kegagalan *Axle Counter*.

Tabel 8 Rekomendasi berdasarkan RCM

Perangkat	Mode Kegagalan Dominan	RPN	Strategi RCM	Tindakan Teknis Operasional
<i>Point Machine</i>	Perpindahan seret/lambat	196	<i>Condition-Based Maintenance (CBM)</i>	Inspeksi kondisi mekanik secara mingguan, pembersihan area wesel, pelumasan rel geser dan komponen penggerak, serta pengujian waktu perpindahan wesel
Sistem Sinyal	Koneksi terminal longgar	128	<i>Preventive Maintenance</i>	Pemeriksaan dan pengencangan terminal kabel secara berkala, pengecekan kondisi relay/kontaktor, serta pengujian fungsi aspek sinyal
<i>Axle Counter</i>	Salah deteksi akibat sensor kotor	96	<i>Condition-Based Maintenance (CBM)</i>	Pembersihan sensor axle counter, pengecekan posisi sensor dan dudukan, serta verifikasi hasil deteksi melalui pengujian fungsi

Penyusunan strategi perawatan dilakukan dengan mengaitkan nilai *Risk Priority Number (RPN)* dengan pendekatan *Reliability Centered Maintenance (RCM)*. Mode kegagalan dengan nilai RPN tinggi diarahkan pada strategi perawatan berbasis kondisi (*condition-based maintenance*) atau preventif intensif, sedangkan mode kegagalan dengan nilai RPN menengah ditangani melalui perawatan preventif atau berbasis kondisi yang disesuaikan dengan karakteristik kegagalan. Dengan pendekatan ini, hasil analisis tidak hanya berhenti pada identifikasi risiko, tetapi diterjemahkan ke dalam tindakan teknis yang dapat langsung diterapkan di lapangan.

Dibandingkan dengan studi-studi sebelumnya yang menerapkan RCM pada sistem perkeretaapian, hasil penelitian ini memperkuat temuan bahwa komponen mekanik cenderung memiliki risiko kegagalan lebih tinggi dibandingkan komponen elektronik, terutama pada lingkungan operasi terbuka seperti kereta api layang. Kontribusi praktis dari penelitian ini adalah tersedianya pemetaan prioritas perawatan perangkat *Wayside* yang dapat langsung diterapkan oleh unit pemeliharaan, khususnya dalam mengalokasikan sumber daya perawatan secara lebih efektif. Hasil penelitian ini sejalan dengan temuan Prabowo dan Ihsan (2023) yang menunjukkan bahwa penerapan RCM tidak hanya berfungsi sebagai alat analisis risiko, tetapi juga sebagai dasar penyusunan strategi perawatan dan tindakan teknis yang aplikatif di lapangan.

Dengan demikian, penerapan metode RCM yang dikombinasikan dengan FMEA dalam penelitian ini tidak hanya memberikan gambaran tingkat risiko kegagalan perangkat *Wayside*, tetapi juga

membantu dalam merumuskan strategi perawatan yang lebih terarah dan berbasis data aktual lapangan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) terbukti efektif digunakan sebagai kerangka untuk memetakan prioritas perawatan perangkat *wayside* pada sistem kereta api layang di Jakarta. Melalui pendekatan berbasis fungsi dan risiko kegagalan, RCM mampu mengidentifikasi perangkat yang memerlukan prioritas perawatan lebih tinggi serta mengarahkan penentuan strategi perawatan secara lebih sistematis dan objektif.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa *point machine* merupakan perangkat *wayside* dengan tingkat kritikalitas tertinggi dibandingkan sistem sinyal dan *axle counter*, sehingga dapat dikategorikan sebagai *critical asset* dalam sistem operasi kereta api layang. Tingginya tingkat risiko kegagalan pada *point machine* menegaskan bahwa perangkat ini memerlukan perhatian khusus melalui strategi perawatan yang lebih intensif dan berbasis kondisi. Temuan ini memperkuat peran RCM tidak hanya sebagai alat analisis, tetapi juga sebagai dasar pengambilan keputusan perawatan yang aplikatif dan relevan bagi pengelola perkeretaapian.

Secara teoritis, penelitian ini berkontribusi dalam memperkaya penerapan RCM pada konteks perawatan perangkat *wayside*, khususnya pada sistem kereta api layang. Secara praktis, hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai acuan dalam menyusun kebijakan perawatan yang lebih terarah, dengan fokus pada perangkat kritis dan pemanfaatan sumber daya perawatan secara lebih efisien. Penelitian serupa dapat dikembangkan pada masa yang akan datang dengan cakupan data yang lebih luas serta integrasi teknologi pemantauan kondisi untuk meningkatkan ketepatan pemetaan risiko dan efektivitas strategi perawatan.

REFERENSI

- Arfiansyah, O. (2017). Pengembangan Strategi Perawatan Lokomotif CC 203 Menggunakan Metode Risk-Based Reliability Centered Maintenance (RCM 3). Institut Teknologi Bandung.
- Hakim, S. A. L. (2022). Perancangan Reliability Centered Maintenance (RCM) untuk Meningkatkan Sistem Perawatan Sarana Kereta Rel Listrik. Universitas Mercu Buana.
- Kementerian Perhubungan Republik Indonesia. (2020). Rencana Induk Perkeretaapian Nasional. Kementerian Perhubungan RI.
- Moubray, J. (1997). Reliability-Centered Maintenance (2nd ed.). Industrial Press.
- Prabowo, M., & Ihsan, T. (2023). Penerapan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) untuk Mengoptimalkan Waktu C-Check CASA 212-400i. Jurnal Taguchi: Jurnal Ilmiah Teknik Dan Manajemen Industri, 3(2), 1639–1650. <https://doi.org/10.46306/tgc.v3i2.203>

- Rosyidi, M., & Santoso, D. B. (2023). Analisis Gangguan Sistem Axle Counter pada Jaringan Rel PT Kereta Api Indonesia (Persero). *Jurnal Teknologi Dan Manajemen Perkeretaapian*, 5(2), 45–54.
- Suhardjono. (2016). *Sistem Persinyalan Kereta Api*. Politeknik Perkeretaapian Indonesia.
- Tamin, O. Z. (2000). *Perencanaan dan Pemodelan Transportasi*. ITB Press.