

## **Analisis Rasio Kerusakan Armada Operator Swakelola Transjakarta**

### ***Damage Ratio Analysis of Fleet Units Managed by Transjakarta Self-Operated Pools***

Muhammad Farrel Apriliant Putra<sup>1\*</sup>, Frans Tohom<sup>2</sup>, Joko Siswanto<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Teknologi Rekayasa Otomotif, Politeknik Keselamatan Transportasi Jalan, Tegal, Indonesia

<sup>2,3</sup>Rekayasa Sistem Transportasi Jalan, Politeknik Keselamatan Transportasi Jalan, Tegal, Indonesia

<sup>1</sup>21021025@taruna.pktj.ac.id, <sup>2</sup>frans.tohom@pktj.ac.id, <sup>3</sup>siswanto@pktj.ac.id

#### **Abstrak**

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi rasio kerusakan armada bus listrik pada lima pool operator swakelola Transjakarta selama periode Agustus hingga Desember 2024. Latar belakang penelitian ini didasarkan pada pentingnya strategi pemeliharaan berbasis data dalam menunjang keandalan dan efisiensi operasional armada transportasi publik berbasis listrik. Metode yang digunakan melibatkan analisis deskriptif terhadap data kerusakan dan penggunaan uji statistik ANOVA untuk mengetahui signifikansi perbedaan tingkat kerusakan antar pool. Hasil analisis menunjukkan bahwa terdapat perbedaan signifikan ( $p < 0,05$ ) dalam rata-rata kerusakan unit antar pool, yang mengindikasikan adanya variasi efektivitas manajemen perawatan. Temuan ini memberikan kontribusi penting dalam pengembangan strategi pemeliharaan prediktif yang lebih adaptif, presisi, dan berbasis pada karakteristik operasional masing-masing pool. Namun, penelitian ini memiliki keterbatasan pada durasi pengamatan yang relatif singkat selama lima bulan, sehingga belum mampu menggambarkan variasi musiman atau tren jangka panjang secara menyeluruh. Disarankan agar penelitian selanjutnya dilakukan dengan periode pengamatan minimal 12 bulan serta mempertimbangkan faktor lingkungan dan perilaku pengemudi untuk mendapatkan hasil yang lebih komprehensif.

.Kata kunci: Bus Listrik; Perbandingan Kerusakan; Analisis Armada; Manajemen Pool

#### **Abstract**

*This study aims to evaluate the failure ratio of electric bus fleets across five self-managed Transjakarta depots during the period from August to December 2024. The research is grounded in the critical role of data-driven maintenance strategies in ensuring the reliability and operational efficiency of electric public transport fleets. The method used includes descriptive analysis of failure data and application of ANOVA statistical testing to assess the significance of differences in failure rates across depots. The results reveal a statistically significant difference ( $p < 0.05$ ) in the average number of failures between depots, indicating variability in maintenance management effectiveness. These findings contribute valuable insights for developing more adaptive, precise, and operationally tailored predictive maintenance strategies. However, this study is limited by its short observation period of only five months, which may not adequately capture seasonal variations or long-term trends. Future studies are recommended to extend the observation period to at least 12 months and include environmental and behavioral variables for a more comprehensive analysis..*

*Keywords: Electric Buses; Damage Comparison; Fleet Analysis; Pool Management*

#### **1. Pendahuluan**

Transportasi publik perkotaan memainkan peran penting dalam menciptakan mobilitas yang berkelanjutan. Salah satu pendekatan yang berkembang pesat adalah penggunaan bus listrik yang menekankan efisiensi energi dan pengurangan emisi [1], [2]. Untuk menunjang keberhasilan operasional armada ini, strategi pemeliharaan berbasis data menjadi sangat krusial. Ibrahim et al. [3] menemukan bahwa pemeliharaan prediktif secara signifikan mampu meningkatkan keandalan dan menurunkan waktu henti operasional. Konkimalla [4] juga menunjukkan efektivitas pendekatan kecerdasan buatan dalam mendeteksi dini kerusakan pada kendaraan listrik. Komponen pendukung seperti sistem pendingin udara dan telematika juga memerlukan perhatian khusus karena berkontribusi terhadap kenyamanan dan keamanan operasional [5], [6]. Perencanaan berbasis skenario penting dalam menjaga keandalan depot bus listrik [7]. Hal ini sejalan dengan penelitian yang menekankan pentingnya ketahanan infrastruktur pengisian daya dalam menunjang keberhasilan pengoperasian BEB (*Battery Electric Bus*) [7].

Selain itu, studi menunjukkan bahwa performa pemeliharaan armada sangat dipengaruhi oleh sistem manajemen depot dan data histori kerusakan [9] [10]. Dalam konteks ini, evaluasi komparatif antar pool operasional diperlukan untuk mengidentifikasi perbedaan pola kerusakan, beban kerja, serta efektivitas strategi pemeliharaan. Jenis kerusakan yang dominan dapat berbeda tergantung lingkungan operasi, usia armada, dan intensitas rute [12]. Dalam skala nasional, laporan dari *Foothill*

*Transit* [13] dan studi oleh *Nature Communications Engineering* [14] menunjukkan bahwa transisi menuju armada listrik membutuhkan integrasi strategi pemeliharaan prediktif dan peningkatan kualitas data operasional.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis rasio kerusakan armada pada lima pool operator swakelola Transjakarta selama periode Agustus hingga Desember 2024. Analisis ini mencakup klasifikasi kerusakan, frekuensi kejadian, serta perbandingan tingkat kerusakan antar pool dengan dukungan uji statistik untuk mengevaluasi signifikansi perbedaan. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi dasar pengembangan strategi pemeliharaan armada yang lebih adaptif dan presisi berbasis data empiris.

## 2. Metode

Penelitian dilakukan di Departemen Pengawasan Sarana Divisi Teknik Sarana PT Transportasi Jakarta selama periode Agustus hingga Desember 2024. data dikumpulkan harian selama lima bulan melalui observasi langsung dan laporan harian terkait data kerusakan armada bus di setiap pool. Objek penelitian terdiri dari lima pool operator swakelola, yaitu Pool Cawang, Pinang Ranti, Kampung Rambutan, Rawabuaya, dan Perintis. Kategori kerusakan dikelompokkan ke dalam lima jenis, yakni *Chasis & Engine*, Interior & Eksterior, Sistem AC, Electrical, dan Telematika. Data dikumpulkan melalui observasi langsung di lapangan, studi dokumentasi terhadap laporan kerusakan kendaraan, serta wawancara informal dengan teknisi pool untuk memastikan validitas data. Selain itu, digunakan pula instrumen berupa formulir inspeksi teknis, template klasifikasi kerusakan, dan rekap data sistem manajemen perawatan. Kategori kerusakan dikelompokkan berdasarkan checklist yang terdapat form pemeriksaan kehandalan armada.

Tabel 1. Checklist Form Pemeriksaan Kehandalan Armada

No.	Kategori	Komponen/Sub Kategori
1	Chasis & Engine	Aki, Belt, Engine, Radiator, Sistem Kemudi, Sistem Rem, Sistem Roda, Suspensi, Transmisi & Kopling
2	Electrical	Lampu Interior dan Eksterior, Wiring
3	Interior & Eksterior	Kaca, Karoseri/Bodi, Pintu
4	Sistem AC	Ac Mati/Tidak Dingin, Kondensasi Bocor
5	Telematik	CCTV, LED Display, Voice Announcer

Analisis data dilakukan secara deskriptif dengan cara mengelompokkan jumlah kerusakan berdasarkan kategori dan lokasi pool. Selanjutnya dilakukan perhitungan rasio kerusakan menggunakan rumus berikut:

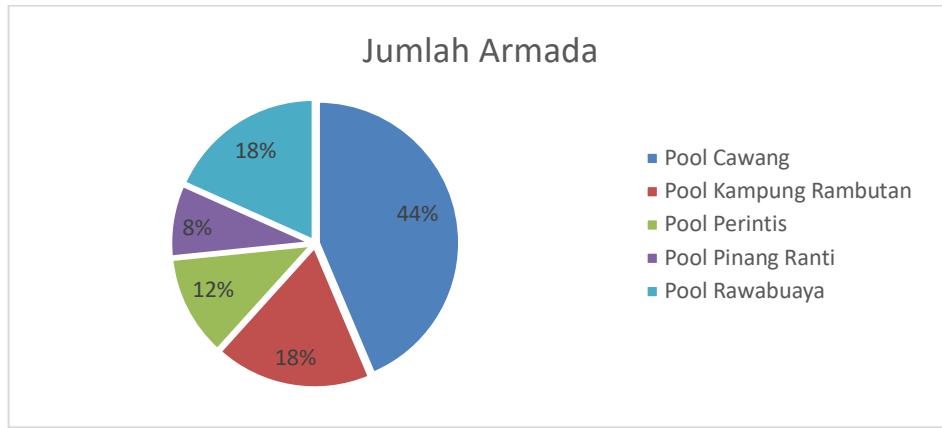
$$r = \frac{\text{Jumlah Kerusakan}}{\text{Jumlah Armada}} \quad (1)$$

Rumus tersebut digunakan untuk menghitung rasio kerusakan armada, yaitu perbandingan antara jumlah kejadian kerusakan dengan jumlah total armada yang dimiliki oleh setiap pool. Rasio ini menjadi indikator penting untuk menilai efektivitas pengelolaan dan strategi perawatan armada. Nilai rasio yang tinggi menunjukkan frekuensi kerusakan yang tinggi relatif terhadap jumlah kendaraan yang tersedia, yang dapat menandakan adanya kelemahan dalam sistem pemeliharaan atau tekanan operasional yang tinggi. Hasil perhitungan kemudian divisualisasikan dalam bentuk grafik dan tabel untuk dianalisis lebih lanjut. Penelitian ini juga menggunakan pendekatan grafik tren bulanan guna mengidentifikasi pola-pola kerusakan yang terjadi sepanjang periode pengamatan.

## 3. Hasil dan Pembahasan

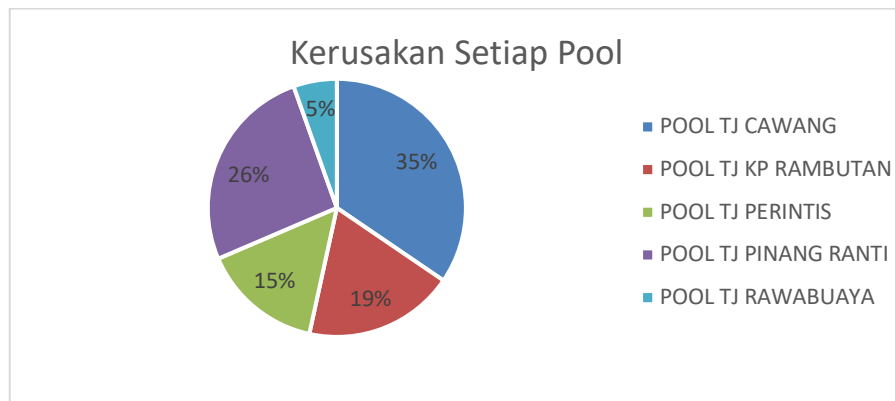
### 3.1 Gambaran Umum

Dalam rangka mengevaluasi efektivitas perawatan dan pengelolaan armada pada sistem Bus Rapid Transit (BRT) Transjakarta, dilakukan analisis terhadap data jumlah kerusakan kendaraan dari lima pool utama yang dikelola oleh operator swakelola. Pool-pool tersebut meliputi Pool Cawang, Pool Kampung Rambutan, Pool Perintis, Pool Pinang Ranti, dan Pool Rawabuaya. Berdasarkan hasil rekapitulasi data, dari sejumlah 770 armada yang dikelola oleh kelima pool tersebut, tercatat total 423 kejadian kerusakan armada di seluruh pool selama periode Agustus hingga Desember 2024.



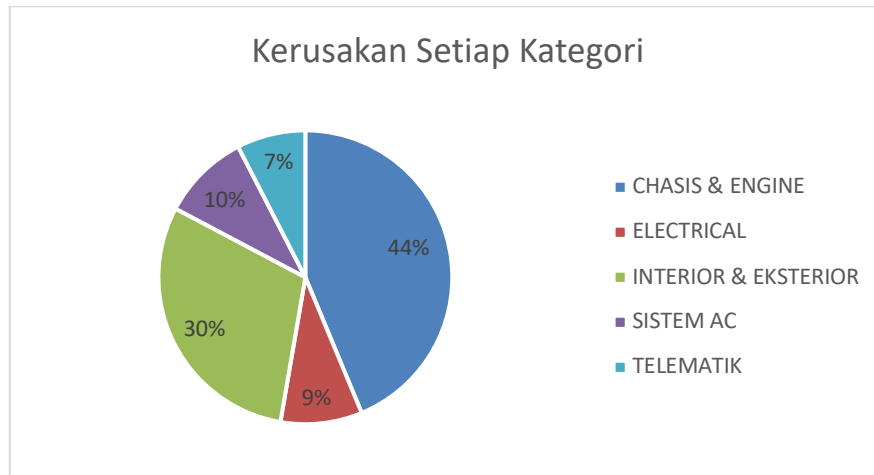
Gambar 1. Persentasi Jumlah Armada

Gambar 1 menunjukkan distribusi persentase jumlah armada dari lima pool operator swakelola Transjakarta. Pool Cawang memiliki proporsi armada terbesar, yaitu sebesar 44%, yang mencerminkan peran strategisnya sebagai pusat operasional utama. Disusul oleh Pool Kampung Rambutan dan Pool Rawabuaya masing-masing dengan kontribusi 18%. Pool Perintis memiliki 12% dari total armada, sementara Pool Pinang Ranti mencatat jumlah armada paling sedikit yaitu 8%. Perbedaan distribusi ini mencerminkan variasi skala operasional, cakupan layanan, dan kapasitas masing-masing pool dalam mendukung aktivitas layanan BRT Transjakarta. Gambar 1 menunjukkan bahwa dari total 423 kejadian kerusakan, Pool Cawang menyumbang persentase tertinggi sebesar 35%, menjadikannya sebagai pool dengan frekuensi kerusakan tertinggi. Hal ini menunjukkan potensi beban operasional yang lebih tinggi atau tantangan dalam manajemen perawatan di pool tersebut. Selanjutnya, Pool Pinang Ranti berada di posisi kedua dengan 26%, diikuti oleh Pool Kampung Rambutan dengan 19%, dan Pool Perintis sebesar 15%. Sementara itu, Pool Rawabuaya tercatat memiliki persentase kerusakan paling rendah, yaitu hanya 5% dari total keseluruhan.



Gambar 2. Persentase Kerusakan Setiap Pool

Gambar 2 menunjukkan bahwa dari total 423 kejadian kerusakan, Pool Cawang menyumbang persentase tertinggi sebesar 35%, menjadikannya sebagai pool dengan frekuensi kerusakan tertinggi. Hal ini menunjukkan potensi beban operasional yang lebih tinggi atau tantangan dalam manajemen perawatan di pool tersebut. Selanjutnya, Pool Pinang Ranti berada di posisi kedua dengan 26%, diikuti oleh Pool Kampung Rambutan dengan 19%, dan Pool Perintis sebesar 15%. Sementara itu, Pool Rawabuaya tercatat memiliki persentase kerusakan paling rendah, yaitu hanya 5% dari total keseluruhan.

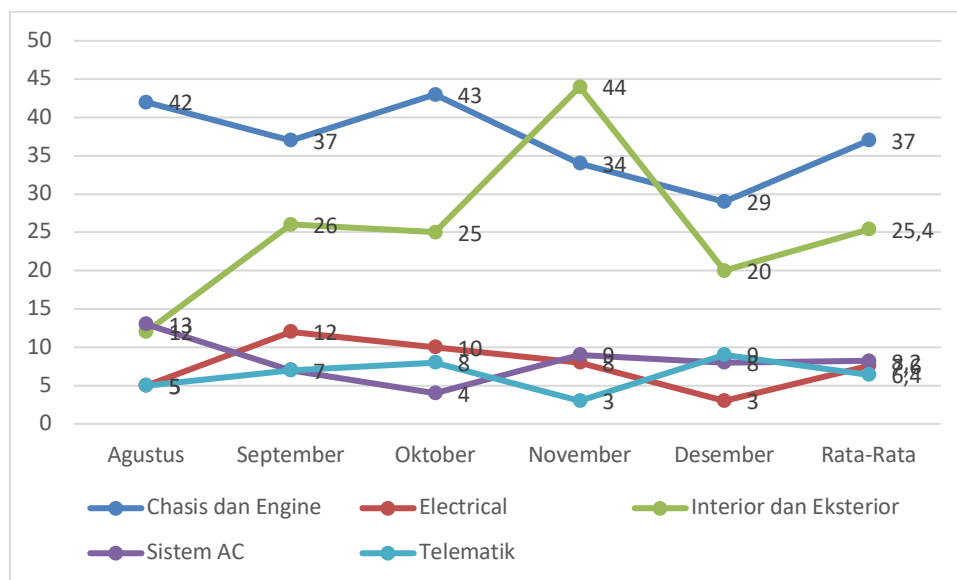


Gambar 3. Persentase Kerusakan Setiap Kategori

Gambar 3 menunjukkan bahwa kategori kerusakan yang paling dominan adalah pada kategori chasis dan engine, yang mencapai 44% dari total kerusakan. Persentase ini menunjukkan bahwa hampir separuh dari seluruh kerusakan yang terjadi berasal dari komponen utama penggerak kendaraan, yang berpotensi berdampak langsung terhadap ketersediaan dan keandalan armada dalam operasional harian. Jenis kerusakan kedua terbanyak terjadi pada bagian interior dan eksterior, yaitu sebesar 30%, yang mencakup kondisi fisik kendaraan yang memengaruhi kenyamanan dan keamanan penumpang. Selanjutnya, sistem AC menyumbang 10%, disusul oleh komponen electrical sebesar 9%, dan yang paling sedikit adalah sistem telematik, yaitu sebesar 7%.

### 3.2 Distribusi Kerusakan Setiap Kategori

Untuk mengetahui pola dan fluktuasi kerusakan armada secara lebih mendalam, dilakukan analisis terhadap tren bulanan kerusakan berdasarkan lima kategori komponen utama, yaitu Chasis dan Engine, Interior dan Eksterior, Sistem AC, Electrical, dan Telematik. Grafik berikut menyajikan perkembangan jumlah kerusakan dari bulan Agustus hingga Desember 2024, serta menampilkan nilai rata-rata kerusakan dari masing-masing kategori selama periode tersebut.

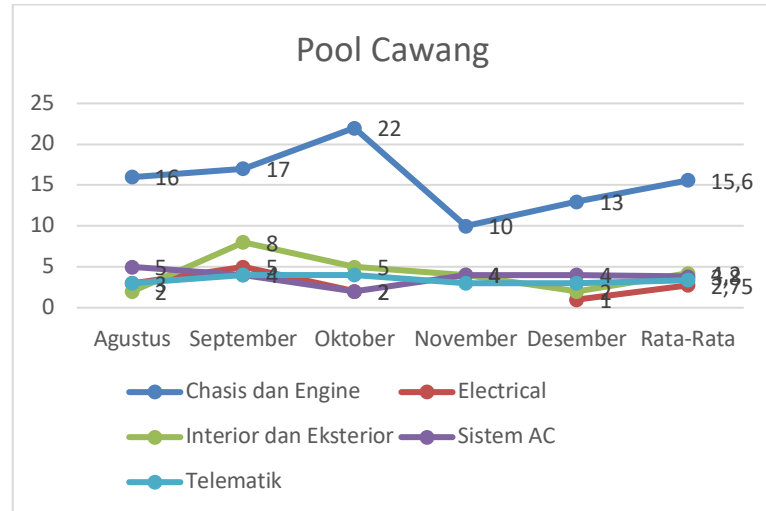


Gambar 4. Distribusi Kerusakan Setiap Kategori

Gambar 4 menunjukkan bahwa kategori Chasis dan Engine secara konsisten menjadi komponen dengan jumlah kerusakan tertinggi pada hampir semua bulan, dengan puncaknya terjadi pada bulan Oktober (43 kejadian) dan rata-rata bulanan sebesar 37 kejadian. Tren ini menunjukkan bahwa bagian penggerak utama kendaraan merupakan titik lemah yang paling sering mengalami gangguan, sehingga perlu mendapat perhatian khusus dalam perawatan teknis. Sementara itu, Interior dan Eksterior mengalami lonjakan signifikan pada bulan November (44 kejadian), menjadi satu-satunya bulan di mana kategori ini melampaui jumlah kerusakan pada Chasis dan Engine. Fluktuasi tajam ini berkontribusi pada rata-rata bulanan sebesar 25,4 kejadian, menjadikannya kategori kerusakan tertinggi kedua secara keseluruhan. Kategori Electrical, Sistem AC, dan Telematik menunjukkan pola yang lebih stabil, meskipun tetap mengalami variasi kecil tiap bulannya. Electrical dan Sistem AC memiliki rata-rata bulanan sekitar 7 kejadian, sedangkan Telematik sedikit lebih rendah yaitu 6,4 kejadian.

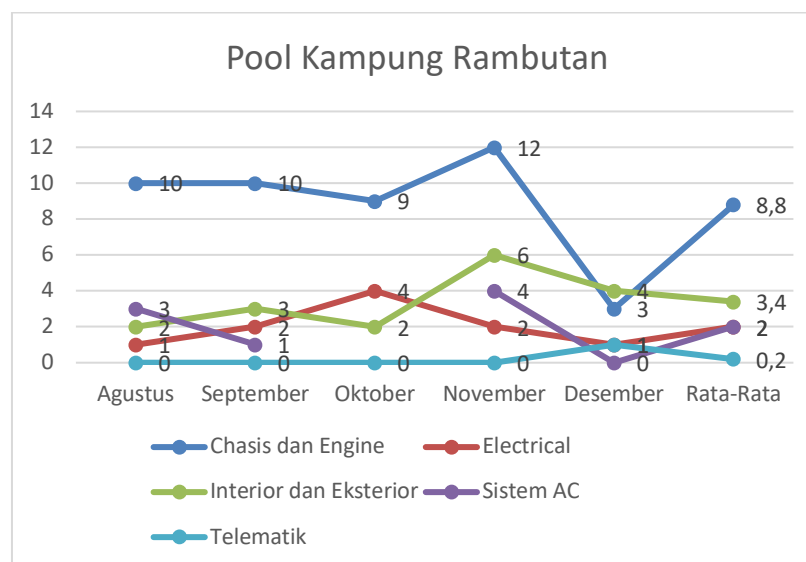
### 3.3 Distribusi Kategori Kerusakan Setiap Pool

Setiap pool memiliki karakteristik operasional yang berbeda, baik dari sisi jumlah armada, intensitas layanan, maupun kondisi lingkungan operasional. Oleh karena itu, penting untuk melihat bagaimana kerusakan tersebar di tiap pool guna mengidentifikasi pola spesifik serta perbedaan kebutuhan perawatan antar lokasi. Terdapat lima pool yang menjadi objek penelitian, yaitu Pool Cawang, Pool Kampung Rambutan, Pool Perintis, Pool Pinang Ranti, dan Pool Rawabuaya. Analisis distribusi ini tidak hanya menggambarkan jumlah total kerusakan, tetapi juga mencerminkan proporsi dan jenis kerusakan dominan di masing-masing pool. Hasil ini diharapkan dapat menjadi dasar untuk menyusun strategi pemeliharaan yang lebih efektif dan spesifik sesuai dengan kondisi masing-masing pool.



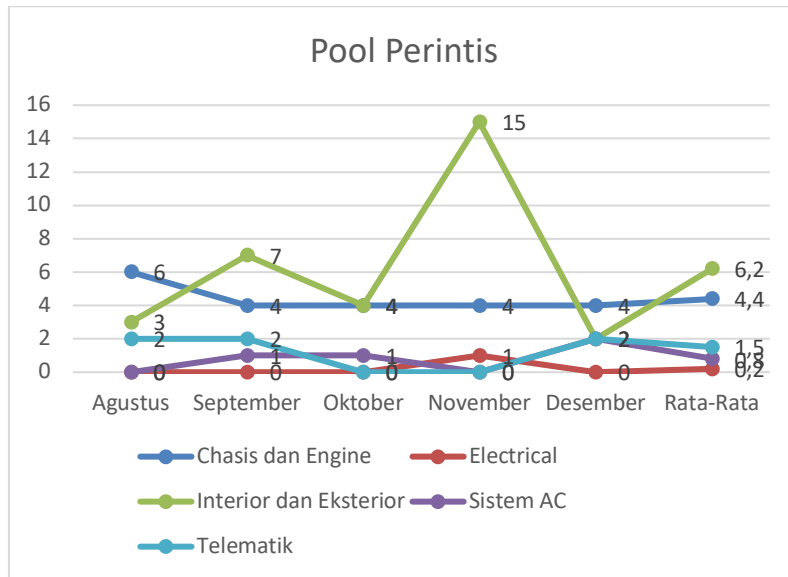
Gambar 5. Distribusi Kategori Kerusakan Pool Cawang

Gambar 5 menunjukkan bahwa kerusakan pada kategori Chasis dan Engine mendominasi selama lima bulan pengamatan, dengan rata-rata 15,6 kejadian per bulan. Angka ini secara signifikan lebih tinggi dibandingkan kategori lainnya, dan mencapai puncaknya pada bulan Oktober dengan 22 kejadian. Hal ini menunjukkan bahwa komponen utama penggerak kendaraan merupakan aspek yang paling rentan di Pool Cawang, dan membutuhkan perhatian khusus dalam strategi pemeliharaan. Kategori kerusakan berikutnya adalah Interior dan Eksterior dengan rata-rata 4,2 kejadian per bulan, dan Sistem AC sebanyak 3,8 kejadian. Kedua kategori ini mengalami fluktuasi, tetapi cenderung lebih stabil dari bulan ke bulan. Sementara itu, Electrical dan Telematik mencatat frekuensi kerusakan yang relatif rendah, masing-masing rata-rata 2,75 dan 3,4 kejadian per bulan.



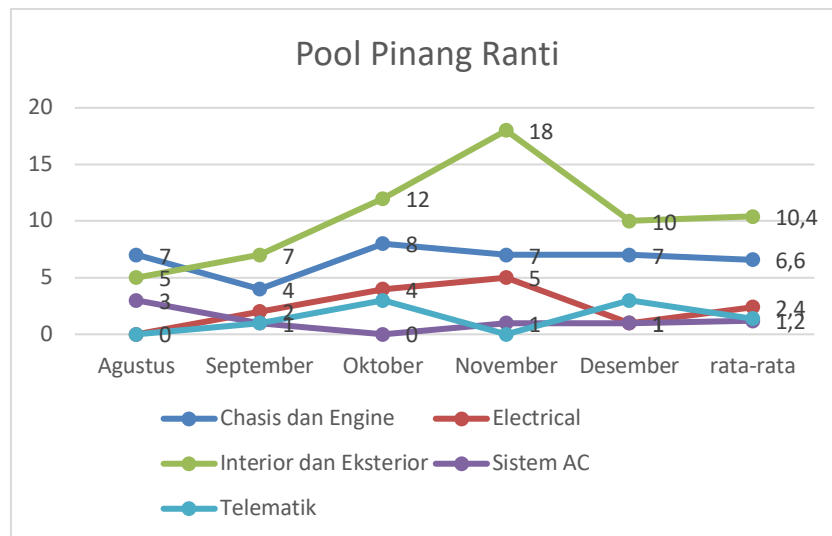
Gambar 6. Distribusi Kategori Kerusakan Pool Kampung Rambutan

Gambar 6 menunjukkan bahwa kerusakan tertinggi di Pool Kampung Rambutan terjadi pada kategori Chasis dan Engine, dengan rata-rata 8,8 kerusakan per bulan. Hal ini menunjukkan bahwa sistem penggerak dan struktur kendaraan tetap menjadi titik rawan utama, meskipun jumlah kerusakan lebih rendah dibandingkan Pool Cawang. Kategori Interior dan Eksterior menempati posisi kedua dengan rata-rata 3,4 kejadian per bulan, dan mengalami lonjakan pada bulan November (6 kejadian). Hal ini mengindikasikan perlunya peningkatan kontrol terhadap kenyamanan dan kelayakan fisik armada. Sementara itu, kategori Electrical dan Sistem AC mencatat rata-rata kerusakan yang sama, yaitu 2 kejadian per bulan, menunjukkan kerusakan sporadis namun tetap perlu penanganan berkala. Adapun kategori Telematik hanya mencatat satu kejadian selama lima bulan pengamatan, dengan rata-rata 0,2 kejadian per bulan, menunjukkan tingkat kerusakan yang sangat rendah.



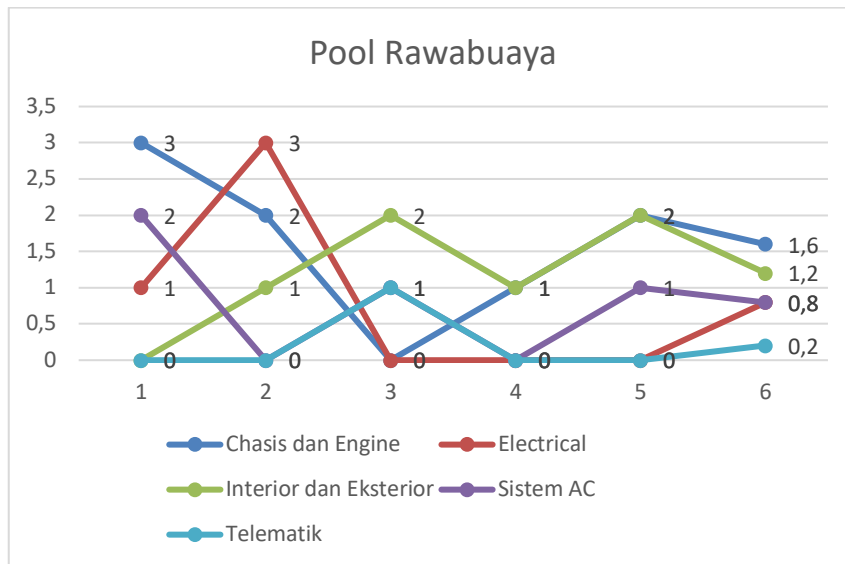
Gambar 7. Distribusi Kategori Kerusakan Pool Perintis

Gambar 7 menunjukkan bahwa kerusakan tertinggi di Pool Perintis terjadi pada kategori Interior & Eksterior, dengan total 31 kejadian selama lima bulan, atau rata-rata sekitar 6,2 kejadian per bulan. Puncak kerusakan terjadi pada bulan November dengan 15 kejadian, menunjukkan kemungkinan beban operasional tinggi atau penurunan kualitas pemeliharaan pada aspek interior dan eksterior. Kategori Chasis & Engine menyusul dengan total 22 kejadian atau rata-rata 4,4 per bulan. Meskipun lebih rendah dibandingkan interior dan eksterior, kerusakan pada bagian ini tetap penting karena menyangkut aspek keselamatan dan kelancaran operasional kendaraan. Kategori Telematik mengalami total 7 kejadian dengan rata-rata 1,5 per bulan, sementara Sistem AC hanya mencatat 4 kejadian (0,8 per bulan), dan Electrical menjadi yang paling minim dengan hanya 1 kejadian selama lima bulan (0,2 per bulan).



Gambar 8. Distribusi Kategori Kerusakan Pool Pinang Ranti

Gambar 8 menunjukkan bahwa kerusakan terbanyak di Pool Pinang Ranti terjadi pada kategori Interior dan Eksterior, dengan rata-rata 10,4 kejadian per bulan, menjadikannya komponen paling bermasalah. Lonjakan tertinggi tercatat pada bulan November sebanyak 18 kejadian, yang menunjukkan adanya masalah signifikan terkait dengan kondisi bagian dalam dan luar kendaraan selama periode tersebut. Kategori Chasis dan Engine berada di posisi kedua dengan rata-rata 6,6 kejadian per bulan, menunjukkan bahwa komponen mekanis utama juga cukup sering mengalami gangguan. Ini menunjukkan perlunya perhatian lebih terhadap sistem penggerak kendaraan. Sementara itu, Electrical mencatat rata-rata 2,4 kejadian per bulan, disusul Telematik dengan 1,4 kejadian, dan Sistem AC paling rendah yaitu hanya 1,2 kejadian per bulan. Meskipun relatif kecil, kerusakan pada kategori ini tetap harus dipantau karena dapat mempengaruhi kenyamanan dan keselamatan penumpang.

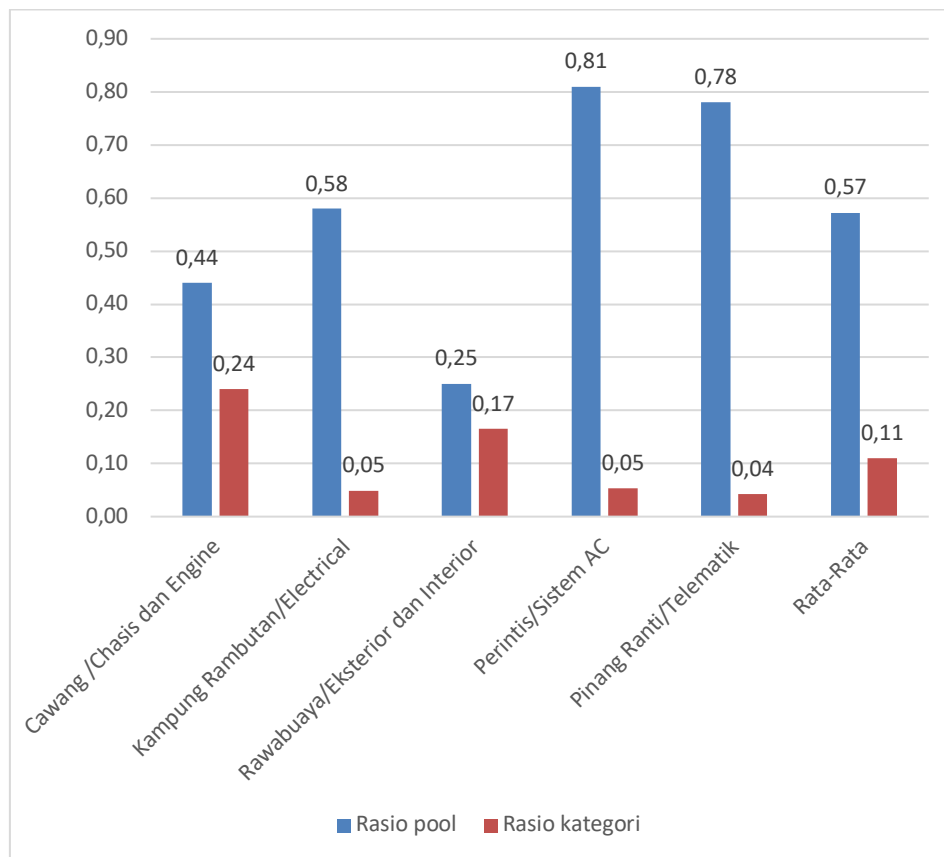


Gambar 9. Distribusi Kategori Kerusakan Pool Rawabuaya

Kategori Chasis dan Engine mencatat jumlah kerusakan tertinggi dengan total 8 kejadian, atau rata-rata 1,6 kejadian per bulan, menempatkannya sebagai komponen yang paling sering mengalami gangguan. Selanjutnya, Interior dan Eksterior mengalami total 6 kejadian (rata-rata 1,2 per bulan), yang disusul oleh Electrical dan Sistem AC, masing-masing dengan rata-rata 0,8 kejadian per bulan. Kategori Telematik memiliki tingkat kerusakan terendah, yaitu 0,2 kejadian per bulan, menunjukkan bahwa sistem tersebut jarang mengalami gangguan di pool ini.

### 3.4 Rasio Jumlah Armada dengan Jumlah Kerusakan

Rasio ini mencerminkan proporsi kendaraan yang mengalami kerusakan dibandingkan total armada yang dimiliki. Nilai rasio yang tinggi mengindikasikan tingginya frekuensi kerusakan relatif terhadap jumlah armada, yang dapat menjadi indikator lemahnya pengawasan teknis atau manajemen perawatan. Sebaliknya, rasio rendah menunjukkan performa pemeliharaan yang lebih baik. Rasio ini diperoleh dengan menggunakan rumus (1).

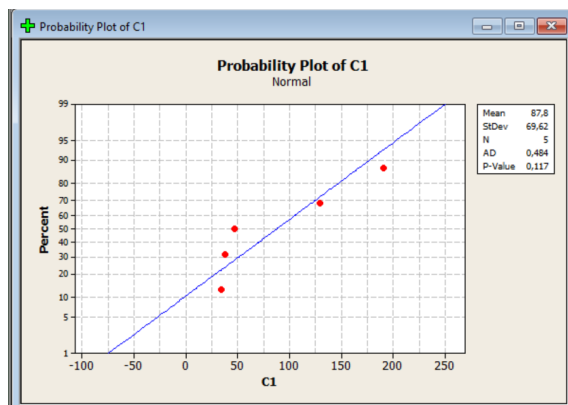


Gambar 10. Rasio Kerusakan

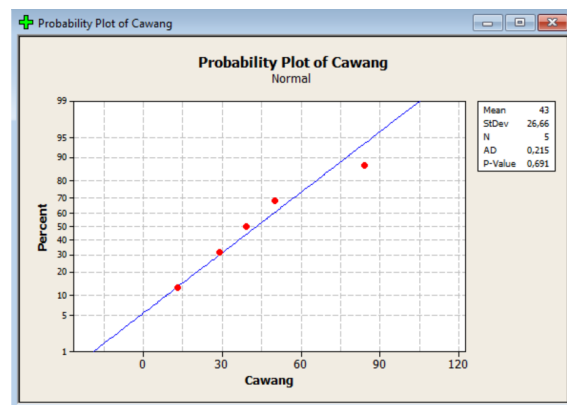
Gambar 10 menunjukkan bahwa Pool Perintis memiliki rasio kerusakan tertinggi, yaitu 0,81, diikuti oleh Pinang Ranti sebesar 0,78. Kedua pool ini secara konsisten menunjukkan tingkat kerusakan yang lebih tinggi dibandingkan rata-rata keseluruhan (0,572), yang mengindikasikan adanya intensitas penggunaan kendaraan yang tinggi atau potensi kelemahan dalam sistem perawatan berkala. Sebaliknya, Pool Rawabuaya menunjukkan rasio kerusakan paling rendah, yakni 0,25, jauh di bawah rata-rata. Hal ini dapat mengindikasikan bahwa kendaraan di pool ini mengalami beban kerja yang lebih ringan atau memiliki sistem pemeliharaan yang lebih efektif dan teratur. Pool Cawang dan Kampung Rambutan masing-masing memiliki rasio sebesar 0,44 dan 0,58, yang keduanya berada di bawah atau mendekati nilai rata-rata. Rasio Jumlah Kerusakan Tiap Kategori dengan Total Jumlah Armada. Komponen Chasis dan Engine memiliki tingkat kerusakan tertinggi, dengan rasio mencapai 0,24, lebih dari dua kali lipat rata-rata. Hal ini menunjukkan bahwa bagian tersebut merupakan sumber kerusakan paling dominan pada kendaraan operasional. Kategori Interior & Eksterior menyusul dengan rasio sebesar 0,165, yang juga berada di atas rata-rata. Hal ini dapat mengindikasikan adanya beban penggunaan yang tinggi pada komponen luar dan dalam kendaraan, atau kurang optimalnya perawatan harian dan kebersihan unit. Sementara itu, tiga kategori lainnya yaitu Sistem AC (0,053), Electrical (0,049), dan Telematik (0,042) menunjukkan rasio kerusakan yang relatif rendah dan berada jauh di bawah rata-rata.

### 3.5 Uji Statistik

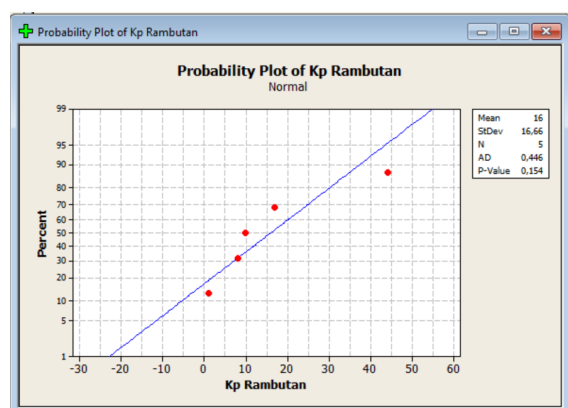
Untuk melengkapi analisis deskriptif yang telah disajikan sebelumnya, dilakukan uji statistik inferensial guna mengetahui apakah terdapat perbedaan yang signifikan dalam jumlah kerusakan antar pool operator swakelola Transjakarta. Dalam penelitian ini, digunakan metode One Way ANOVA (Analysis of Variance) karena data yang dianalisis melibatkan satu variabel bebas (lokasi pool) dengan lebih dari dua kelompok, serta satu variabel terikat (jumlah kerusakan armada). Uji ANOVA bertujuan untuk menguji hipotesis nol bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan dalam jumlah kerusakan antar lima pool (Cawang, Kampung Rambutan, Pinang Ranti, Rawabuaya, dan Perintis). Nilai signifikansi (p-value) yang diperoleh dari hasil uji ini akan menjadi dasar untuk menentukan apakah perbedaan rasio kerusakan antar pool terjadi secara acak atau mencerminkan perbedaan nyata dalam praktik pemeliharaan dan operasional. Syarat agar data dapat dilakukan uji ANOVA *one way* adalah data harus berdistribusi normal.



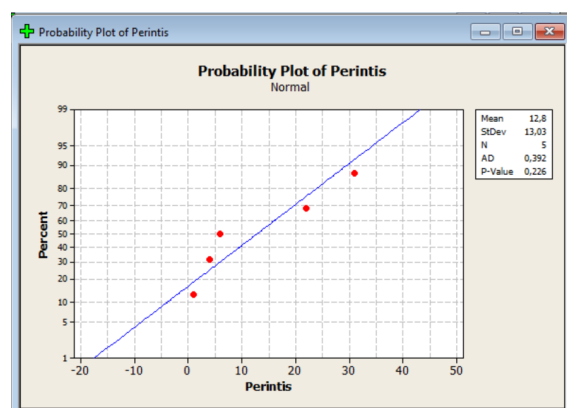
Gambar 11 Uji Normalitas Kategori Kerusakan



Gambar 12 Uji Normalitas Kerusakan Pool Cawang

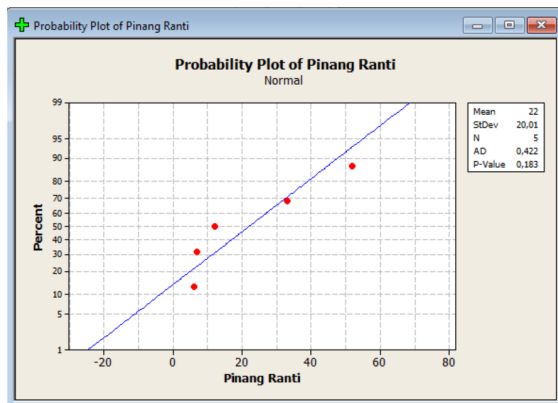


Gambar 13 Uji Normalitas Kerusakan Pool Kp Rambutan

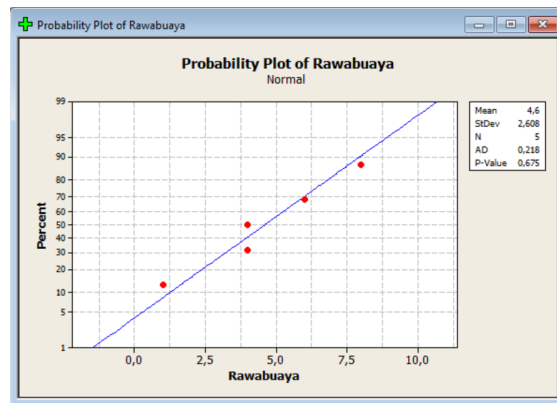


Gambar 14 Uji Normalitas Kerusakan Pool Perintis



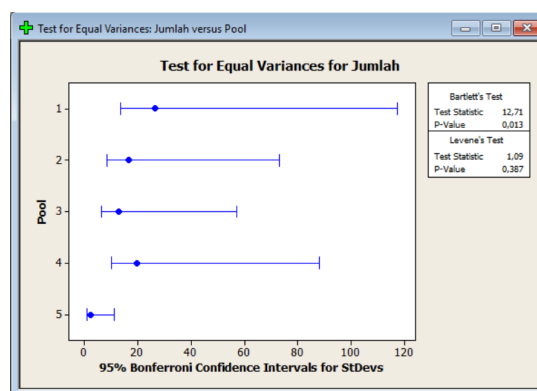


Gambar 15 Uji Normalitas Kerusakan Pool Pinang Ranti



Gambar 16 Uji Normalitas Kerusakan Pool Rawabuaya

Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh nilai signifikansi (p-value) pada distribusi kerusakan per kategori dan distribusi kerusakan masing-masing pool lebih besar dari 0,05, yang berarti data tidak menyimpang secara signifikan dari distribusi normal. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa data telah memenuhi asumsi normalitas, sehingga analisis dapat dilanjutkan ke tahap uji ANOVA.



Gambar 16 uji ANOVA Distribusi Kerusakan Antar Pool

Gambar 16 menunjukkan bahwa hasil uji ANOVA memiliki nilai signifikansi (p-value) yang diperoleh adalah lebih besar dari 0,05 ( $p > 0,05$ ) yaitu 0,013 yang mengindikasikan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan secara statistik dalam jumlah kerusakan antar pool. Dengan demikian, hipotesis nol ( $H_0$ ) yang menyatakan bahwa tidak ada perbedaan antar pool ditolak. Temuan ini memperkuat analisis deskriptif sebelumnya bahwa masing-masing pool memiliki karakteristik operasional dan tingkat kerusakan yang berbeda secara nyata, sehingga pendekatan manajemen perawatan perlu disesuaikan secara spesifik untuk setiap lokasi.

#### 4. Simpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa tingkat kerusakan armada Transjakarta yang dikelola oleh operator swakelola bervariasi antar pool dan kategori komponen kendaraan. Pool dengan jumlah kerusakan tertinggi adalah Pool Cawang dengan 146 kasus, disusul oleh Pool Pinang Ranti (110 kasus) dan Kampung Rambutan (80 kasus). Pool Rawabuaya mencatat jumlah kerusakan terendah (23 kasus), yang mengindikasikan efektivitas manajemen perawatan armada di lokasi tersebut. Dari sisi jenis kerusakan, kategori Chasis dan Engine mendominasi dengan total 185 kejadian (44% dari keseluruhan kerusakan), diikuti oleh Interior & Eksterior (127 kejadian atau 30%). Sementara itu, kategori Sistem AC, Electrical, dan Telematik mencatat jumlah kerusakan yang lebih rendah, masing-masing 41, 38, dan 32 kejadian. Analisis rasio kerusakan terhadap jumlah armada menunjukkan bahwa Pool Perintis (0,81) dan Pinang Ranti (0,78) memiliki rasio tertinggi, yang menandakan adanya tekanan operasional tinggi atau perlunya evaluasi sistem perawatan di kedua pool tersebut. Sebaliknya, Pool Rawabuaya memiliki rasio terendah (0,25), dan dapat dijadikan referensi praktik pemeliharaan yang baik. Secara statistik, hasil uji ANOVA *one way* menghasilkan nilai  $p < 0,05$ , yang berarti terdapat perbedaan signifikan dalam jumlah kerusakan antar pool. Temuan ini mendukung pentingnya strategi pemeliharaan yang disesuaikan secara spesifik dengan kondisi dan kebutuhan masing-masing pool. Disarankan agar manajemen PT Transportasi Jakarta menerapkan strategi pemeliharaan preventif dan inspeksi berkala yang difokuskan pada sistem chasis dan engine, terutama di Pool Perintis dan Pinang Ranti yang mencatat rasio kerusakan tertinggi. Penelitian ini memiliki keterbatasan durasi pengamatan selama lima bulan yang mungkin belum sepenuhnya mencerminkan pola kerusakan tahunan. Studi lanjutan disarankan untuk mencakup data minimal 12 bulan.

#### Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada PT Transportasi Jakarta, khususnya Departemen Pengawasan Sarana, serta dosen pembimbing atas dukungan dan bimbingannya.

## Kontribusi

Konseptor: Muhammad Farrel Apriliant Putra, Joko Siswanto; Kajian Pustaka:Frans Tohom; Metodologi:Joko Siswanto, Muhammad Farrel Apriliant Putra; Pengumpulan Data: Muhammad Farrel Apriliant Putra; Pengolahan dan Interpretasi Data:Joko Siswanto, Muhammad Farrel Apriliant Putra; Pelaporan:Frans Tohom, Joko Siswanto; Pembahasan dan Simpulan: Seluruh Author.

## Referensi

- [1] R. Anastasya and S. B. Putri, “SDGs 7: Efektivitas Program Penggunaan Bus Listrik Guna Mendorong Transportasi Publik Ramah Lingkungan”, *jees*, vol. 1, no. 3, p. 13, Jun. 2024.
- [2] S. M. Sinaga, M. Hamdi, S. Wasistiono, and S. Lukman, “Implementasi Kebijakan Angkutan Umum Massal Berbasis Bus Rapid Transit (Brt) Dalam Mewujudkan Sistem Transportasi Publik Perkotaan yang Berkeadilan dan Berkelanjutan di Provinsi DKI Jakarta”, *japp*, vol. 2, no. 3, pp. 203-220, Jan. 2020..
- [3] H. Ibrahim, A. M. Ali, and T. Attia, “Optimizing electric bus performance via predictive maintenance: a combined experimental and modeling approach,” *Front. Future Transp.*, vol. 4, p. 150686, 2024, doi:10.3389/ffutr.2024.150686.
- [4] S. Konkimalla, “AI-Based Predictive Maintenance for Electric Vehicles: Enhancing Reliability and Performance,” *Int. J. Eng. Comput. Sci.*, vol. 11, no. 12, pp. 25647–25661, 2022, doi:10.18535/ijecs/v11i12.4713.
- [5] B. Guo, F. Rasmussen, “Predictive maintenance for residential air conditioning systems with smart thermostat data using modified Mann-Kendall tests”, *Applied Thermal Engineering*, vol. 22, pp. 21–30, 2023.
- [6] M. G. Khairil, M. Irfan, M. Furqan, “Perancangan Sistem Kontrol Pendingin Udara Otomatis Berbasis Suhu Ruangan Menggunakan Arduino,” *JIRSI*, vol. 3, no. 1, pp. 61–71, 2024.
- [7] M. Eskander, M. Plenz, E. Avdevičius, and D. Schulz, “Reliability Analysis of Large-Scale Electric Bus Depots Based on Different Failure Scenarios,” in *IEEE EPEC*, 2023, pp. 41–50, doi:10.1109/EPEC48502.2020.9320035.
- [8] L. de Gendre et al., “Resilience Estimation for On-route and Depot Battery Electric Bus Charging Infrastructure,” in *EVS36*, 2023, pp. 51–60.
- [9] L. Zhang, H. Wang, and S. Liu, “Failure pattern analysis of electric buses in China: Implications for maintenance scheduling,” *J. Clean. Prod.*, vol. 363, p. 132445, 2022.
- [10] M. Santos and P. Rodriguez, “Comparative maintenance performance analysis of bus depots in Latin American BRT systems,” *Res. Transp. Econ.*, vol. 83, p. 100928, 2020.
- [11] X. Li, M. Chen, and Y. Wang, “Failure pattern analysis of electric buses in China: implications for maintenance scheduling,” *J. Clean. Prod.*, vol. 363, pp. 132446–132455, 2022.
- [12] Y. Xu et al., “Influence of operating environment on failure types in electric buses,” *Transp. Res. C*, vol. X, p. xx, 2023.
- [13] Foothill Transit, “Battery Electric Bus Evaluation: Final Report,” NREL/TP-5400-80022, 2021.
- [14] Nature Commun. Eng., “Evaluating costs and operations of public bus fleet electrification,” *Commun. Eng.*, vol. 2, p. 30, 2025.

