

EVALUASI PERSEDIAAN SPARE PART DEPO LOKOMOTIF MENGGUNAKAN METODE FSN DAN TURN OVER RATIO (TOR) DI PT KAI (PERSERO) DAOP 5 PURWOKERTO

EVALUATION OF LOCOMOTIVE DEPOT SPARE PART INVENTORY USING THE FSN METHOD AND TURN OVER RATIO (TOR) AT PT KAI (PERSERO) DAOP 5 PURWOKERTO

Ketut Ayu Ari Kumala Putri Susila¹, Bryan Estavan Imanuel Sitanggang², I Gusti Agung Kade Suriadi³

^{1,2,3} Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

¹susila.2305571055@student.unud.ac.id, ²bryansitanggang94@gmail.com, ³gungsuriadi@yahoo.com

INFO ARTIKEL

Kata Kunci:

FSN; Pengendalian Stok;
Persediaan; Spare Part Lokomotif;
Turn Over Ratio

ABSTRAK

Penelitian ini mengevaluasi persediaan spare part di gudang Depo Lokomotif PT KAI (Persero) Daop 5 Purwokerto menggunakan metode Fast, Slow, Non Moving (FSN) dan Turn Over Ratio (TOR) sebagai dasar pengendalian stok. Perbedaan tingkat pemakaian antar item spare part menimbulkan kondisi persediaan yang tidak merata, sehingga diperlukan pengelompokan berdasarkan tingkat pergerakan barang. Data yang digunakan merupakan data sekunder catatan persediaan gudang periode Januari–Desember 2025, dengan 452 item spare part yang memenuhi kriteria data lengkap dari total 1.429 item yang tercatat. Nilai TOR setiap item dihitung dari persediaan rata-rata dan jumlah pemakaian, kemudian dikelompokkan ke dalam kategori Fast Moving (TOR > 3), Slow Moving (TOR 1–3), dan Non Moving (TOR < 1), serta kategori Non Stock untuk item yang tidak disimpan sebagai stok tetap. Hasil klasifikasi menunjukkan kategori Slow Moving merupakan kelompok terbesar dengan 152 item (33,63%), diikuti Non Stock 135 item (29,87%), Non Moving 84 item (18,58%), dan Fast Moving 81 item (17,92%). Temuan ini mengindikasikan adanya ketidakseimbangan antara tingkat pergerakan barang dan kebijakan penyimpanan persediaan, sehingga pengelolaan stok perlu disesuaikan dengan tingkat pemakaian aktual guna mendukung kelancaran kegiatan perawatan dan perbaikan lokomotif.

ABSTRACT

This study evaluates spare part inventory at the Locomotive Depot warehouse of PT KAI (Persero) Daop 5 Purwokerto using the Fast, Slow, Non Moving (FSN) method and Turn Over Ratio (TOR) as a basis for stock control. Differences in usage rates among spare part items create uneven inventory conditions, requiring classification based on item movement levels. Secondary data from warehouse inventory records for the period January–December 2025 were used, comprising 452 spare part items that met the complete-data criteria out of 1,429 recorded items. The TOR value of each item was calculated from the average inventory and usage quantity, then classified into Fast Moving (TOR > 3), Slow Moving (TOR 1–3), and Non Moving (TOR < 1) categories, as well as a Non Stock category for items not kept as permanent stock. The classification results show that Slow Moving is the largest group with 152 items (33.63%), followed by Non Stock with 135 items (29.87%), Non Moving with 84 items (18.58%), and Fast Moving with 81 items (17.92%). These findings indicate an imbalance between item movement levels and storage policy, so that inventory management needs to be adjusted to actual usage rates to support the smooth operation of locomotive maintenance and repair activities.

Keywords:

FSN; Inventory; Locomotive Spare Parts; Stock Control; Turn Over Ratio

*Corresponding author: susila.2305571055@student.unud.ac.id

I. PENDAHULUAN

Lokomotif merupakan sumber penggerak utama rangkaian kereta api yang keandalannya sangat bergantung pada kegiatan perawatan dan perbaikan secara berkala. Kelancaran kegiatan tersebut ditentukan oleh ketersediaan spare part di gudang depo, karena keterbatasan komponen dapat menunda proses perbaikan dan menurunkan kesiapan operasional lokomotif. Depo Lokomotif PT Kereta Api Indonesia (Persero) Daop 5 Purwokerto menyimpan berbagai jenis spare part dengan karakteristik pemakaian yang berbeda-beda, mulai dari komponen mesin, kelistrikan, sistem pengereman, bogie, hingga perlengkapan pendukung lainnya.

Berdasarkan data persediaan satu periode tahun, tercatat 452 jenis barang yang memiliki perputaran dengan pola pemakaian yang tidak seragam. Sebagian item memiliki

tingkat penggunaan tinggi karena berkaitan dengan perawatan berkala, sementara sebagian lainnya hanya digunakan pada kondisi kerusakan tertentu. Kondisi ini menimbulkan ketidakmerataan persediaan: terdapat item dengan stok besar namun tidak bergerak dalam periode tertentu, dan terdapat pula item yang stoknya cepat berkurang karena sering digunakan. Apabila pengelolaan persediaan masih memperlakukan seluruh item dalam satu kelompok yang sama, keputusan pengadaan berpotensi tidak sesuai dengan kebutuhan aktual di lapangan, sehingga diperlukan evaluasi yang mampu mengelompokkan item berdasarkan tingkat pergerakannya sekaligus mengukur perputaran stok dalam periode tertentu.

Berdasarkan uraian tersebut, permasalahan yang dikaji dalam penelitian ini meliputi: (1) bagaimana klasifikasi persediaan spare part berdasarkan metode Fast, Slow,

Evaluasi Persediaan Spare Part Depo Lokomotif Menggunakan Metode FSN dan Turn Over Ratio (TOR) di PT KAI (Persero) Daop 5 Purwokerto

Non Moving (FSN) menurut tingkat pergerakan barang; (2) bagaimana nilai perputaran persediaan berdasarkan perhitungan Turn Over Ratio (TOR) dalam satu periode tahun; dan (3) bagaimana kondisi pengendalian stok apabila dilihat dari hasil pengelompokan FSN dan nilai TOR tersebut. Sejalan dengan permasalahan itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui klasifikasi persediaan spare part menggunakan metode FSN, mengetahui nilai perputaran persediaan berdasarkan TOR, serta mengevaluasi kondisi pengendalian stok sebagai dasar pengelolaan persediaan spare part di Depo Lokomotif PT KAI (Persero) Daop 5 Purwokerto.

II. TINJAUAN LITERATUR

Kajian mengenai pengelolaan persediaan spare part telah berkembang pesat seiring meningkatnya kebutuhan industri padat perawatan untuk menekan biaya penyimpanan tanpa mengorbankan ketersediaan komponen. Tinjauan literatur oleh Zhang dkk. terhadap 148 publikasi menunjukkan bahwa topik klasifikasi persediaan dan pemodelan permintaan spare part terus menjadi fokus penelitian karena karakteristik permintaannya yang tidak menentu dan berbeda dari persediaan barang jadi [1]; temuan serupa disampaikan Hu dkk. yang mengulas berbagai pendekatan riset operasi dalam manajemen spare part, termasuk klasifikasi, peramalan permintaan, dan optimasi persediaan [2].

Metode FSN Analysis banyak digunakan untuk mengelompokkan barang berdasarkan frekuensi pergerakannya. Mitra dkk. menerapkan FSN pada industri manufaktur dan menunjukkan metode ini efektif menekan biaya persediaan dengan memisahkan penanganan barang fast, slow, dan non moving [3]. Hudori dan Tarigan menggabungkan FSN dengan TOR pada gudang perkebunan kelapa sawit dan menyimpulkan bahwa ketiga kelompok hasil klasifikasi memerlukan kebijakan pengendalian yang berbeda, mulai dari penerapan safety stock dan reorder point untuk kelompok fast moving hingga pembelian sesuai kebutuhan untuk kelompok non moving [4]. Pendekatan yang sama pada objek spare part diterapkan Fadilah dkk. di Departemen RR PT XYZ, yang menemukan 212 item kategori fast moving dan 297 item non moving tanpa item slow moving sebagai dasar penetapan prioritas ketersediaan barang [5]; Basri dkk. pada dua gudang PT XYZ menemukan proporsi kategori tidak bergerak dan tidak terpakai yang sangat besar, masing-masing 40% dan 30%, yang mengindikasikan ketidakefisienan pengelolaan persediaan dan pemanfaatan ruang gudang [6]; serta Al Ghazi pada gudang lembaga sosial di Sidoarjo, yang menemukan 85,65% barang tergolong non-moving sehingga membantu manajemen mengevaluasi strategi pengadaan dan redistribusi barang [7].

Selain FSN, sejumlah penelitian menggabungkan klasifikasi ABC dengan metode lain untuk meningkatkan ketepatan prioritas pengendalian. Mor dkk. mengintegrasikan ABC, XYZ, dan FSN pada gudang spare part otomotif untuk mengidentifikasi barang usang (dead stock) secara lebih tepat sasaran [8], sementara

Jindal dan Sangwan menunjukkan bahwa integrasi ABC dan XYZ memberikan gambaran prioritas yang lebih komprehensif dibandingkan penggunaan salah satu metode saja [9]. Emar dkk. menggabungkan ABC dan Economic Order Quantity untuk mengendalikan spare part yang bergerak lambat [10], dan Ortega dkk. mengintegrasikan Analytic Hierarchy Process dengan klasifikasi ABC multikriteria untuk kebutuhan spare part perawatan pada industri plastik [11].

Pada konteks perkeretaapian, beberapa penelitian secara khusus mengkaji pengendalian persediaan komponen kereta. Afriansyah menerapkan klasifikasi ABC-FSN Analysis pada komponen dan suku cadang perawatan kereta [12], sedangkan Anggraini dkk. mengevaluasi efisiensi biaya persediaan bahan baku produksi kereta di PT INKA (Persero) Madiun menggunakan metode lot for lot [13]. Pada skala kereta cepat, Gao dkk. mengembangkan strategi manajemen spare part berbasis prediksi performa komponen untuk menentukan jumlah dan waktu pengadaan yang optimal [14], sementara Lin dkk. mengoptimalkan kebijakan persediaan dan moda transportasi spare part perawatan kereta cepat melalui model pemrograman biner [15]. Molokoane dkk. mengembangkan sistem pengelolaan persediaan berkelanjutan pada industri perawatan sarana perkeretaapian dan menemukan bahwa sebagian besar kelebihan stok berasal dari perubahan spesifikasi, pembelian dalam jumlah besar tanpa kepastian permintaan, serta komponen yang tidak dapat dilacak penggunaannya [16].

Secara keseluruhan, penelitian-penelitian tersebut menunjukkan bahwa kombinasi metode klasifikasi persediaan dengan indikator perputaran seperti TOR efektif untuk mengidentifikasi ketidakefisienan persediaan, seperti penumpukan barang non moving, risiko dead stock, dan ketidaktepatan prioritas penyimpanan. Namun demikian, penelitian yang secara khusus menggabungkan FSN dan TOR pada persediaan spare part depo lokomotif—yang memiliki karakteristik pemakaian rutin, bersifat critical part, dan berisiko tinggi terhadap kelancaran operasional apabila terjadi stockout—masih terbatas. Kesenjangan inilah yang menjadi dasar penelitian ini, yaitu mengevaluasi persediaan spare part depo lokomotif menggunakan metode FSN dan TOR sebagai dasar pengendalian stok.

III. METODE PENELITIAN

A. Objek dan Sumber Data

Penelitian dilakukan pada gudang Depo Lokomotif PT KAI (Persero) Daop 5 Purwokerto, unit yang berfungsi sebagai pusat pemeriksaan, pemeliharaan, perbaikan, dan pengendalian kesiapan lokomotif. Data yang digunakan merupakan data sekunder berupa catatan administrasi gudang periode Januari–Desember 2025 yang dikelola oleh Divisi Administrasi, Perencanaan, dan Pengadaan Sarana, meliputi persediaan awal, jumlah barang masuk, jumlah pemakaian, dan persediaan akhir setiap item. Dari 1.429 jenis barang yang tercatat pada sistem gudang, terdapat 452 item yang memiliki data lengkap sepanjang periode penelitian dan memenuhi kriteria untuk dianalisis; item dengan data kosong pada salah satu

komponen persediaan dikeluarkan dari analisis karena tidak dapat dihitung nilai perputarannya.

B. Tahapan Analisis

Konsep dasar persediaan mengacu pada Herjanto, yaitu barang yang disimpan untuk digunakan dalam proses produksi, perakitan, dijual kembali, atau sebagai suku cadang peralatan [17]. Pengendalian persediaan bertujuan menciptakan keseimbangan antara ketersediaan barang dan biaya penyimpanan maupun pemesanan agar kegiatan operasional berjalan stabil tanpa risiko kekurangan atau penumpukan stok [18]. Pada konteks perawatan lokomotif, kegiatan tersebut mencakup perawatan preventif yang terjadwal dan perawatan korektif yang dilakukan setelah terjadi kerusakan, sehingga sangat bergantung pada ketersediaan spare part [19].

Analisis FSN digunakan untuk mengelompokkan persediaan berdasarkan tingkat pergerakan barang ke dalam tiga kategori utama, yaitu fast moving, slow moving, dan non moving [20]. Penentuan kategori didasarkan pada nilai Turn Over Ratio (TOR) setiap item, yang dihitung melalui tahapan berikut. Pertama, persediaan akhir dihitung dari persediaan awal ditambah barang masuk dikurangi jumlah pemakaian:

$$Pak = Paw + Pms - Ppk$$

Kedua, persediaan rata-rata dihitung dari rata-rata persediaan awal dan persediaan akhir:

$$Prt = (Paw + Pak) / 2$$

Ketiga, nilai TOR dihitung dari jumlah barang yang dipakai dibagi persediaan rata-rata:

$$TOR = Ppk / Prt$$

dengan Paw adalah persediaan awal, Pms adalah jumlah barang masuk, Ppk adalah jumlah barang yang dipakai, Pak adalah persediaan akhir, dan Prt adalah persediaan rata-rata. Berdasarkan nilai TOR, setiap item diklasifikasikan menjadi Fast Moving apabila $TOR > 3$, Slow Moving apabila TOR berkisar 1–3, dan Non Moving apabila $TOR < 1$. Item yang tidak memiliki persediaan rata-rata (tidak disimpan sebagai stok tetap dan hanya diadakan saat dibutuhkan) dikelompokkan tersendiri sebagai kategori Non Stock. Seluruh perhitungan persediaan rata-rata, TOR, dan klasifikasi FSN untuk 452 item dilakukan menggunakan Microsoft Excel.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengolahan Data Persediaan

Perhitungan persediaan rata-rata dan TOR dilakukan terhadap 452 item spare part yang telah lolos seleksi kelengkapan data. Sebagai ilustrasi, item Gasket Dia 3/4In memiliki persediaan awal 2 unit dan persediaan akhir 0 unit, sehingga persediaan rata-rata (Prt) sebesar $(2+0)/2 = 1$ unit. Dengan jumlah pemakaian sebesar 2 unit pada periode yang sama, nilai TOR item tersebut adalah $2/1 = 2$, yang menunjukkan barang tersebut berputar dua kali dalam satu tahun. Pada sisi lain, item dengan persediaan awal dan akhir bernilai nol—misalnya Carbon Brush Ecc; 998X90, yang seluruh barang

masuknya langsung habis terpakai pada periode yang sama—memiliki persediaan rata-rata nol sehingga nilai TOR-nya tidak dapat dihitung secara matematis; item semacam ini termasuk dalam kelompok Non Stock. Contoh ringkas hasil pengolahan data ditunjukkan pada Tabel 1.

TABEL 1. HASIL PENGOLAHAN PERSEDIAAN RATA-RATA DAN TOR

Material	Paw	Pms	Ppk	Pak	Prt	TOR	Kategori
Carbon Brush Ecc; 998X90	0	8	8	0	0	–	Non Stock
Gasket Dia 3/4In	2	0	2	0	1	2	Slow
Tee, Cable 150Mm	260	500	760	0	130	5,85	Fast
Diloka 448X	3.244	137.758	134.905	6.097	4.670,5	28,89	Fast
Turalik 52	1.172	2.717	2.949	940	1.056	2,79	Slow
O-Ring; 115X2744	26	0	0	26	26	0	Non

Interpretasi hasil TOR menunjukkan variasi yang cukup besar antar item. Sebagian item memiliki nilai TOR sangat rendah, mendekati nol, yang menunjukkan barang jarang bergerak dan tersimpan relatif lama di gudang. Sebagian lain memiliki nilai TOR pada kisaran satu hingga tiga yang menunjukkan perputaran berkala, sementara beberapa item memiliki nilai TOR sangat tinggi yang mencerminkan tingkat pemakaian yang intensif. Variasi ini menggambarkan perbedaan tingkat kebutuhan dan frekuensi penggunaan antar item dalam kegiatan perawatan dan perbaikan lokomotif, sehingga menjadi dasar yang relevan untuk klasifikasi FSN pada tahap berikutnya.

B. Klasifikasi Persediaan Metode FSN

Klasifikasi FSN diterapkan pada 452 item berdasarkan nilai TOR yang telah dihitung, dengan kriteria Fast Moving ($TOR > 3$), Slow Moving (TOR 1–3), Non Moving ($TOR < 1$), dan Non Stock untuk item yang tidak disimpan sebagai stok tetap. Hasil rekapitulasi klasifikasi disajikan pada Tabel 2.

TABEL 2. REKAPITULASI HASIL KLASIFIKASI FSN

Kategori	Jumlah Item	Persentase
Fast	81	17,92%
Slow	152	33,63%
Non	84	18,58%
Non Stock	135	29,87%
Total	452	100,00%

Kategori Slow Moving merupakan kelompok terbesar dengan 152 item (33,63%), diikuti Non Stock 135 item (29,87%), Non Moving 84 item (18,58%), dan Fast Moving 81 item (17,92%). Komposisi ini menunjukkan bahwa sebagian besar item berada pada tingkat pergerakan sedang atau hanya tersedia melalui pengadaan saat dibutuhkan, sedangkan item dengan perputaran sangat tinggi tidak mendominasi keseluruhan persediaan.

C. Analisis dan Evaluasi Pengendalian Stok

Besarnya proporsi kategori Slow Moving mengindikasikan bahwa sebagian besar spare part masih digunakan dalam kegiatan perawatan dan perbaikan,

Evaluasi Persediaan Spare Part Depo Lokomotif Menggunakan Metode FSN dan Turn Over Ratio (TOR) di PT KAI (Persero) Daop 5 Purwokerto

namun frekuensi pemakaiannya tidak rutin, sehingga jumlah stok pada kelompok ini perlu disesuaikan agar tidak menimbulkan penumpukan barang di gudang. Kategori Non Stock yang mencapai hampir sepertiga item menunjukkan bahwa status penyimpanan suatu barang tidak selalu mencerminkan tingkat kepentingannya: sebagian item pada kategori ini memang jarang digunakan sehingga wajar tidak disimpan sebagai stok reguler, tetapi terdapat pula beberapa item dengan pemakaian cukup tinggi yang seharusnya mendapat perhatian dalam kebijakan penyimpanan.

Kategori Fast Moving, meskipun jumlahnya tidak sebesar Slow Moving, memiliki peran penting dalam mendukung kelancaran perawatan dan perbaikan lokomotif sehingga ketersediaannya perlu dijaga secara konsisten agar tidak terjadi kekosongan stok yang dapat mengganggu operasional. Sebaliknya, kategori Non Moving menunjukkan adanya ruang penyimpanan dan dana persediaan yang masih dialokasikan untuk komponen yang jarang bergerak, sehingga pengelolaannya perlu ditinjau kembali agar lebih selaras dengan tingkat pemakaian riil. Secara keseluruhan, hasil evaluasi menunjukkan adanya potensi ketidakseimbangan antara tingkat pergerakan barang dan kebijakan penyimpanan, sehingga pengelolaan persediaan perlu mempertimbangkan tingkat pergerakan barang secara lebih eksplisit agar penyediaan stok mendukung kebutuhan operasional secara efektif.

V. KESIMPULAN

Hasil klasifikasi persediaan spare part di gudang Depo Lokomotif PT KAI (Persero) Daop 5 Purwokerto menggunakan metode FSN menunjukkan variasi tingkat pergerakan barang yang cukup besar, dengan kategori Slow Moving sebagai kelompok terbesar (33,63%), diikuti Non Stock (29,87%), Non Moving (18,58%), dan Fast Moving (17,92%); temuan ini menunjukkan bahwa sebagian besar item persediaan berada pada tingkat pergerakan sedang hingga rendah. Perhitungan Turn Over Ratio memperlihatkan variasi nilai perputaran yang besar antar item, mulai dari item bernilai TOR rendah yang bergerak lambat dan tersimpan relatif lama, item dengan TOR tinggi yang sering digunakan dalam kegiatan operasional, hingga item kategori Non Stock yang tidak memiliki nilai TOR karena tidak disimpan sebagai stok tetap. Ditinjau dari kombinasi hasil klasifikasi FSN dan nilai TOR, kondisi pengendalian persediaan menunjukkan adanya perbedaan tingkat pergerakan yang perlu mendapat perhatian berbeda: item dengan tingkat penggunaan tinggi memerlukan peninjauan ketersediaan agar tidak mengalami kekosongan, sedangkan item dengan tingkat pergerakan rendah berpotensi menimbulkan penumpukan persediaan apabila tidak dievaluasi. Penelitian ini masih terbatas pada data satu periode tahun dan belum mengkaji aspek pengadaan maupun distribusi antar depo, sehingga penelitian selanjutnya dapat memperluas kajian pada aspek-aspek tersebut untuk memberikan gambaran pengelolaan persediaan yang lebih komprehensif.

REFERENSI

- [1] S. Zhang, K. Huang, and Y. Yuan, "Spare parts inventory management: A literature review," *Sustainability*, vol. 13, no. 5, p. 2460, 2021.
- [2] Q. Hu, J. E. Boylan, H. Chen, and A. Labib, "OR in spare parts management: A review," *Eur. J. Oper. Res.*, vol. 266, no. 2, pp. 395–414, 2018.
- [3] S. Mitra, M. S. Reddy, and K. Prince, "Inventory control using FSN analysis – a case study on a manufacturing industry," *IJISSET – Int. J. Innov. Sci. Eng. Technol.*, vol. 2, no. 4, pp. 322–325, Apr. 2015.
- [4] M. Hudori and N. T. B. Tarigan, "Pengelompokan persediaan barang dengan metode FSN Analysis (Fast, Slow and Non-moving) berdasarkan Turn Over Ratio (TOR)," *J. Citra Widya Edukasi*, vol. 11, no. 2, pp. 205–215, 2019.
- [5] D. N. Fadilah, Wahyudin, and B. Nugraha, "Optimasi pengelompokan barang dengan metode FSN analysis berdasarkan turn over ratio (TOR) di Departemen RR pada PT XYZ," *Angkasa: J. Ilm. Bidang Teknol.*, vol. 15, no. 2, pp. 233–240, 2023.
- [6] A. F. Basri, L. Herlina, and R. Ekawati, "Analisis FSN suku cadang berdasarkan rasio perputaran di PT XYZ maintenance gudang," *J. Teknol. dan Manaj.*, 2025.
- [7] A. Al Ghazi, "Klasifikasi pergerakan stok menggunakan FSN analysis berdasarkan turn over ratio di gudang lembaga sosial Sidoarjo," *J. Logistik Bisnis*, vol. 15, no. 1, pp. 1–7, 2025.
- [8] R. S. Mor, A. Bhardwaj, V. Kharka, and M. Kharub, "Spare parts inventory management in the warehouse: a lean approach," *Int. J. Ind. Eng. Prod. Res.*, vol. 32, no. 2, pp. 179–189, 2021.
- [9] A. Jindal and K. S. Sangwan, "Integration of ABC and XYZ classification for effective inventory management: A case study," *Mater. Today: Proc.*, vol. 46, pp. 3763–3768, 2021.
- [10] W. Emar, Z. A. Al-Omari, and S. Alharbi, "Analysis of inventory management of slow-moving spare parts by using ABC techniques and EOQ model – a case study," *Indonesian J. Electr. Eng. Comput. Sci.*, vol. 23, no. 2, pp. 1159–1169, 2021.
- [11] J. C. L. Ortega, N. M. Escobar, and P. A. R. González, "Inventory management policies for maintenance spare parts: Integration of Analytic Hierarchy Process and multicriteria ABC classification in the plastics industry," *Int. J. Integr. Eng.*, vol. 17, no. 9, pp. 233–254, 2025.
- [12] A. R. Afriansyah, "Pengendalian Persediaan Komponen dan Suku Cadang Perawatan Kereta dengan Mempertimbangkan Klasifikasi ABC-FSN Analysis," *Skripsi Sarjana, Universitas Brawijaya, Malang*, 2018.
- [13] C. Anggraini, Isharijadi, and N. Amah, "Analisis efisiensi biaya dengan menggunakan metode lot for lot dalam pengendalian persediaan," *Assets: J. Akunt. dan Pendidikan*, vol. 6, no. 2, pp. 142–152, 2017.
- [14] Z. Gao, M. He, X. Zhang, M. Chen, and W. Wang, "Spare parts management strategy of high-speed railway running department based on performance prediction," *Electronics*, vol. 13, no. 21, p. 4239, 2024.
- [15] B. Lin, J. Wang, H. Wang, Z. Wang, J. Li, R. Lin, J. Xiao, and J. Wu, "Inventory-transportation integrated optimization for maintenance spare parts of high-speed trains," *PLOS ONE*, vol. 12, no. 5, e0176961, 2017.

- [16] M. R. Molokoane, O. Makinde, K. Ramdass, I. Daniyan, and H. S. Phuluwa, "Development of a sustainable inventory management system for maintenance industry," *S. Afr. J. Ind. Eng.*, vol. 36, no. 4, pp. 194–210, 2025.
- [17] E. Herjanto, *Manajemen Operasi*. Jakarta: Grasindo, 2018.
- [18] W. Asrida and N. Rahabeat, "Analisis pengendalian persediaan bahan baku kayu linggua pada home industri mebel di Desa Nania Kota Ambon," *J. Maneksi*, vol. 11, no. 2, 2022.
- [19] Afgredy Julianda, "Perawatan dan Perbaikan Lokomotif di PT Kereta Api Indonesia Dipo Lokomotif Medan," *Laporan Kerja Praktik*, Universitas Medan Area, Medan, 2018.
- [20] W. Amalia, A. Pangestu, and N. Oktavia, "Pengelompokan persediaan spare parts menggunakan analisis FSN di PT. XYZ," *J. Tek. Ind. Terintegrasi (JUTIN)*, vol. 6, no. 4, pp. 1195–1201, 2023.