

Optimasi Pengendalian Persediaan *Spare Part Fuel Filter* Pada Pembangkit Listrik Menggunakan Integrasi Metode *ABC* Dan *Economic Order Quantity* (Studi Kasus: PT. PLN Nusantara Power Up Tenayan)

Ghandy Muhammad Rafi¹, Dewi Diniaty^{2*}, Misra Hartati³, Nanda Putri Miefthawati⁴, Silvia⁵,
Sri Kaidah⁶, Ingot Dwi Praja⁷

^{1,2,3,5}Prodi Teknik Industri, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau

⁴Prodi Teknik Elektro, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau
Jl. HR. Soebrantas No. 155 Simpang Baru, Panam, Pekanbaru, 28293

Email: 12250211377@students.uin-suska.ac.id, dewidiniaty@uin-suska.ac.id*, misrahartati@uin-suska.ac.id
nandamiefthawati@uin-suska.ac.id, silvia@uin-suska.ac.id

⁶Prodi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana
Jl. Meruya Selatan, Kembangan, Jakarta Barat, DKI Jakarta, 11650

Email: sri.kaidah@mercubuana.ac.id

⁷ASA G.K.

4-1 Nittochi Building, Kasumigaseki 1-chome Chiyoda-ku, Tokyo, 100-0013 Japan

Email: isiagian@google.com

ABSTRAK

Ketersediaan suku cadang merupakan aspek penting dalam menjaga keandalan operasional pembangkit listrik. Berbagai penelitian sebelumnya telah menerapkan metode ABC untuk mengklasifikasi persediaan berdasarkan tingkat prioritas dan metode *Economic Order Quantity* (EOQ) untuk menentukan jumlah pemesanan yang ekonomis. Namun, penelitian yang mengintegrasikan kedua metode tersebut dengan analisis *safety stock* dan *reorder point* pada *spare part* kritis di industri pembangkit listrik masih terbatas. PT PLN Nusantara Power UP Tenayan sebagai perusahaan penyedia energi listrik menghadapi permasalahan dalam pengelolaan persediaan *spare part* filter bahan bakar yang beragam dari sisi nilai dan tingkat penggunaan. Pengelolaan persediaan yang belum optimal berpotensi menimbulkan kelebihan persediaan (*overstock*) maupun kekurangan persediaan (*stockout*) yang berdampak pada meningkatnya biaya persediaan serta terganggunya operasional pembangkit. Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan pengendalian persediaan fuel filter melalui integrasi metode ABC dan EOQ. Data yang digunakan merupakan data permintaan, harga, dan lead time periode tahun 2023–2024. Analisis dilakukan melalui klasifikasi ABC, perhitungan EOQ, *safety stock*, dan *reorder point*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode ABC mampu mengidentifikasi *spare part* berdasarkan tingkat prioritas dimana sebagian besar nilai investasi terkonsentrasi pada beberapa item utama yang termasuk kedalam kategori A, sebagai contoh item dengan kode 198321 (14,22%). Sedangkan nilai EOQ menghasilkan jumlah pesanan yang lebih ekonomis yaitu nilai EOQ yang diperoleh sebesar 6 unit, *Safety Stock* sebesar 20 unit dan ROP sebesar 24 unit. Penerapan kedua metode tersebut berkontribusi pada peningkatan efisiensi biaya persediaan, pengurangan resiko *stockout* dan *overstock*, serta mendukung keandalan operasional pembangkit listrik melalui ketersediaan *spare part* yang lebih terjamin.

Kata Kunci: Analisis ABC, Economic Order Quantity, Fuel Filter, Pengendalian Persediaan, Reorder Point.

ABSTRACT

The availability of spare parts is a critical factor in maintaining the reliability and continuity of power plant operations. Previous studies have widely applied the ABC method to classify inventory based on priority levels and the Economic Order Quantity (EOQ) method to determine the most economical order quantity. However, studies integrating these methods with safety stock and reorder point analyses for critical spare parts in the power generation industry remain limited. PT PLN Nusantara Power UP Tenayan, an electricity generation company, faces challenges in managing fuel filter spare parts inventories due to variations in item

value and usage rates. Ineffective inventory management may result in overstocking or stockouts, leading to increased inventory costs and disruptions to power plant operations. Therefore, this study aims to optimize fuel filter inventory control through the integration of the ABC and EOQ methods. The study utilizes demand, price, and lead time data from the 2023–2024 period. The analysis was conducted using ABC classification, EOQ calculation, safety stock determination, and reorder point analysis. The results indicate that the ABC method effectively identifies spare parts based on priority levels, with most inventory investment concentrated in a few key items categorized as Class A, such as item code 198321, which accounts for 14.22% of the total inventory value. Furthermore, the EOQ method produced a more economical ordering policy, with an optimal order quantity of 6 units, a safety stock level of 20 units, and a reorder point of 24 units. The implementation of these methods contributes to improved inventory cost efficiency, reduces the risks of stockout and overstocking, and supports the operational reliability of power plants through more assured spare parts availability.

Keywords: ABC Analysis, Economic Order Quantity, Fuel Filter, Inventory Control, Reorder Point.

Pendahuluan

Ketersediaan energi listrik yang andal merupakan faktor penting dalam mendukung aktivitas ekonomi dan sosial masyarakat. Sebagai perusahaan penyedia energi listrik nasional, PT PLN Nusantara Power memiliki peranan strategis dalam menjamin kontinuitas pasokan listrik, khususnya melalui unit pembangkitan seperti PLTU Tenayan. Tingkat keandalan operasional pembangkit sangat dipengaruhi oleh kesiapan sistem pemeliharaan, termasuk ketersediaan *spare part* yang digunakan secara rutin dalam kegiatan operasi dan pemeliharaan peralatan. Ketersediaan *spare part* yang tidak optimal dapat menyebabkan terganggunya proses pemeliharaan, yang pada akhirnya berpotensi menurunkan keandalan sistem dan bahkan menyebabkan gangguan operasional pada sistem pembangkit listrik [1], [2], [3], [4]. Salah satu komponen yang bersifat kritis adalah *fuel filter*, yang berfungsi menjaga kualitas bahan bakar agar kinerja mesin pembangkit tetap optimal. Ketidaktepatan pengelolaan persediaan *fuel filter* berpotensi menimbulkan kondisi *overstock* yang meningkatkan biaya penyimpanan maupun kekurangan persediaan (*stockout*) yang dapat mengganggu kelangsungan operasi pembangkit.

Pengendalian persediaan merupakan komponen penting dalam manajemen rantai pasok, terutama pada material MRO (*Maintenance, Repair, and Operations*) yang memiliki karakteristik nilai dan tingkat penggunaan yang beragam [5], [6], [7]. Dalam penerapannya, metode ABC digunakan untuk mengklasifikasikan persediaan berdasarkan tingkat prioritas, sedangkan metode EOQ digunakan untuk menentukan jumlah pemesanan yang optimal sehingga biaya persediaan dapat diminimalkan. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa metode ABC dan EOQ mampu meningkatkan efisiensi pengelolaan persediaan melalui klasifikasi item prioritas dan penentuan jumlah pemesanan yang ekonomis. Selain itu, integrasi metode tersebut dengan kebijakan persediaan lainnya terbukti dapat meningkatkan ketersediaan barang serta mengurangi risiko *overstock* dan *stockout* [8], [9], [10].

Penelitian Maharani dan Sari (2025), mengkaji tentang pengelolaan persediaan bahan baku menggunakan metode ABC, peramalan, dan Economic Order Quantity (EOQ) yang fokus pada klasifikasi persediaan *spare part* berdasarkan nilai dan penggunaan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa bahan baku kategori tertentu memerlukan perhatian yang lebih besar dalam pengelolaannya. Penerapan metode EOQ dan Analisis ABC terbukti mampu meningkatkan efisiensi pengendalian persediaan hingga 41%. Penelitian lain juga menunjukkan bahwa integrasi ABC dengan *safety stock* dapat meningkatkan ketersediaan barang dan mengurangi risiko *overstock* [12], [13], [14]. Sebagian besar penelitian terdahulu masih berfokus pada sektor manufaktur dan perdagangan serta lebih menekankan aspek efisiensi biaya. Penelitian yang mengintegrasikan metode ABC, EOQ, *safety stock*, dan *reorder point* pada pengelolaan *fuel filter* sebagai *critical spare part* di industri pembangkit listrik masih relatif terbatas [15]. Oleh karena itu, diperlukan penelitian yang mampu menghasilkan kebijakan persediaan yang tidak hanya efisien dari sisi biaya, tetapi juga mendukung keandalan operasional pembangkit listrik.

Berdasarkan permasalahan dan kesenjangan penelitian tersebut, tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengklasifikasikan persediaan *fuel filter* menggunakan metode ABC, menentukan jumlah pemesanan optimal dengan metode EOQ, serta menetapkan *safety stock* dan *reorder point* guna meminimalkan biaya persediaan dan meningkatkan keandalan operasional PT PLN Nusantara Power UP Tenayan [16]. Metode ABC dan EOQ membantu pengambilan keputusan persediaan [17], [18]. Selain itu, integrasi antara metode ABC dengan EOQ, *safety stock*, dan *reorder point* terbukti memberikan hasil pengendalian persediaan yang lebih optimal dibandingkan metode konvensional [19]. Kombinasi antara kedua metode tersebut dinilai mampu

meningkatkan efisiensi biaya dan efektivitas pengendalian persediaan secara sistematis dalam berbagai sektor industri [20].

Penelitian ini memberikan kontribusi dengan mengintegrasikan metode ABC Analysis, EOQ, *Safety Stock*, dan *Reorder Point* dalam satu kerangka pengendalian persediaan untuk pengelolaan fuel filter sebagai critical spare part di industri pembangkit listrik. Secara praktis, penelitian ini menyediakan dasar pengambilan keputusan yang lebih sistematis dalam menentukan prioritas persediaan, jumlah pemesanan optimal, serta kebijakan pengendalian stok guna meningkatkan efisiensi biaya dan keandalan operasional pembangkit.

Metode Penelitian

Desain Penelitian

Desain penelitian merupakan kerangka dasar dalam pelaksanaan penelitian, yang digunakan sebagai acuan dalam memperoleh informasi yang dibutuhkan untuk menyusun serta menyelesaikan permasalahan penelitian secara sistematis. Penelitian ini menerapkan pendekatan deskriptif kuantitatif yang bertujuan untuk mengidentifikasi dan menggambarkan kondisi aktual pengendalian persediaan *spare part fuel filter*, serta menganalisisnya secara kuantitatif metode ABC dan EOQ. Pendekatan deskriptif digunakan untuk mengidentifikasi permasalahan yang terjadi dalam sistem persediaan, seperti potensi overstock dan stockout, sedangkan pendekatan kuantitatif digunakan untuk mengolah data numerik guna memperoleh solusi pengendalian persediaan yang optimal [21]. Pendekatan ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa metode deskriptif kuantitatif efektif digunakan dalam analisis pengendalian persediaan dengan menggabungkan klasifikasi ABC dan perhitungan EOQ untuk meningkatkan efisiensi biaya dan pengambilan keputusan persediaan [22]. Desain penelitian yang digunakan adalah studi kasus, dengan objek penelitian pada PT PLN Nusantara Power UP Tenayan. Penelitian ini berfokus pada pengelolaan persediaan *spare part fuel filter* sebagai komponen kritis dalam operasional pembangkit listrik. Data yang digunakan dalam penelitian ini meliputi data permintaan (demand), harga satuan, biaya pemesanan, biaya penyimpanan, serta lead time selama periode tahun 2023 - 2024.

Jenis dan Teknik Pengumpulan Data

Penelitian ini menggunakan dua jenis data, yaitu primer dan data sekunder. Data primer diperoleh dengan melakukan observasi lapangan (langsung) terhadap proses pengelolaan persediaan pada bagian *inventory control* dan gudang, serta wawancara dengan pihak *inventory control* serta diverifikasi menggunakan dokumen historis perusahaan guna memperoleh informasi mengenai kebijakan pemesanan, penyimpanan, dan pengendalian persediaan. Data sekunder diperoleh dari dokumen internal perusahaan yang mencakup data permintaan dan penggunaan *spare part*, harga satuan, *lead time*, biaya pemesanan, biaya penyimpanan, serta profil perusahaan. Data yang telah dikumpulkan selanjutnya dilakukan proses seleksi, verifikasi, dan penyesuaian agar sesuai dengan kebutuhan analisis penelitian, sehingga data yang digunakan benar-benar relevan, akurat, dan dapat mendukung proses pengolahan serta pengambilan kesimpulan. Proses triangulasi data dilakukan untuk memastikan konsistensi dan keakuratan informasi yang digunakan dalam analisis.

Teknik Analisis Data

Penelitian ini menggunakan metode analisis ABC dan EOQ sebagai teknik analisis data. Metode ABC dipilih karena mampu mengidentifikasi item persediaan yang memiliki kontribusi terbesar terhadap nilai investasi sehingga pengendalian dapat difokuskan pada item prioritas. Metode ini banyak digunakan pada pengelolaan material MRO yang memiliki karakteristik jumlah item besar dengan tingkat penggunaan yang beragam. Metode EOQ digunakan untuk menentukan jumlah pemesanan yang optimal dengan meminimalkan total biaya persediaan. Kombinasi metode ABC dan EOQ memungkinkan perusahaan memfokuskan pengendalian pada item prioritas sekaligus menentukan kebijakan pemesanan yang ekonomis. Selain itu, dalam penelitian ini juga menghitung *safety stock* dan *reorder point* (ROP) untuk mengantisipasi ketidakpastian permintaan dan lead time, sehingga risiko terjadinya stockout pada *spare part* kritis dapat diminimasi serta kontinuitas operasional pembangkit tetap terjaga.

Analisis data dalam penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan diantaranya:

1. Analisis ABC

Pada tahap ini, *spare part* diklasifikasikan berdasarkan nilai penggunaan tahunan yang diperoleh dari hasil perkalian antara jumlah permintaan dan harga satuan [23]. Selanjutnya dilakukan perhitungan nilai kumulatif untuk menentukan persentase kontribusi masing-masing item terhadap total nilai persediaan. Berdasarkan prinsip Pareto, *spare part* kemudian dikelompokkan ke dalam kategori A, B, dan C, di mana

kategori A merupakan item dengan nilai kontribusi terbesar, kategori B berada pada tingkat menengah, dan kategori C memiliki kontribusi relatif kecil.

$$\% \text{ Nilai Kumulatif} = \frac{\text{Jumlah Permintaan Produk} \times \text{Harga Per Unit}}{\text{Total Harga Barang}} \times 100 \%$$

2. Perhitungan *Economic Order Quantity* (EOQ)

Metode EOQ digunakan untuk menentukan jumlah pemesanan yang paling optimal dengan mempertimbangkan keseimbangan antara biaya pemesanan dan biaya penyimpanan. Perhitungan ini bertujuan untuk meminimalkan total biaya persediaan sehingga pengelolaan persediaan dapat dilakukan secara lebih efisien.

$$EOQ = \frac{\sqrt{2.D.S}}{H}$$

D: jumlah kebutuhan barang (unit/tahun); S: biaya pemesanan (rupiah/pesanan); H: biaya penyimpanan per-unit.

3. Perhitungan *Safety Stock dan Reorder Point* (ROP)

Safety stock dihitung untuk mengantisipasi ketidakpastian permintaan dan *lead time*. Selanjutnya, *reorder point* ditentukan sebagai dasar penetapan waktu pemesanan kembali agar tidak terjadi kekurangan atau kelebihan persediaan.

$$\text{Safety Stock} = (\text{pemakaian maks bulan} \times \text{lead time maks}) - (\text{pemakaian rata-rata} \times \text{lead time rata-rata}).$$

$$ROP = (D \times L) + SS$$

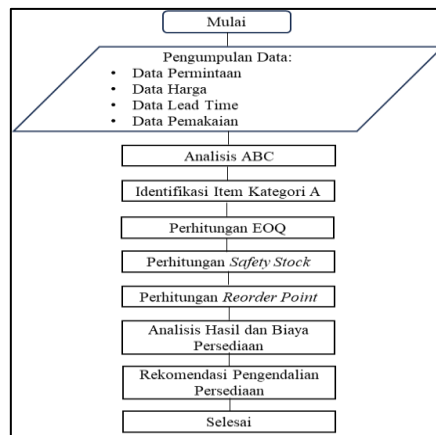
ROP: titik pemesanan kembali; D: pemakaian bahan baku rata-rata per hari; L: *lead time* atau waktu tunggu; SS : persediaan pengamanan

4. Analisis dan Evaluasi Biaya Persediaan
5. Penyusunan rekomendasi pengendalian persediaan

Untuk memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai prosedur penelitian, tahapan penelitian disajikan dalam bentuk diagram alur sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1.

Penerapan metode EOQ dalam penelitian ini menggunakan beberapa asumsi dasar diantaranya:

- a. Permintaan *spare part* selama periode penelitian dianggap relatif stabil dan dapat diperkirakan berdasarkan data historis.
- b. *Lead time* pemesanan dianggap konstan selama periode pengamatan.
- c. Tidak terjadi kekurangan persediaan (*shortage*) selama proses pengendalian persediaan.
- d. Biaya pemesanan dan biaya penyimpanan diasumsikan tetap selama periode penelitian.
- e. Barang yang dipesan diterima secara penuh dalam satu kali pengiriman.



Gambar 1. Diagram alur penelitian

Gambar 1 menjelaskan proses penelitian mulai dari pengumpulan data permintaan, harga, dan lead time, dilanjutkan dengan klasifikasi spare part menggunakan metode ABC, perhitungan EOQ, safety stock, dan reorder point, hingga tahap evaluasi hasil dan penyusunan rekomendasi pengendalian persediaan pada PT PLN Nusantara Power UP Tenayan.

Hasil dan Pembahasan

Pengumpulan Data

Pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan untuk memperoleh informasi yang relevan sebagai dasar analisis. Data yang dikumpulkan meliputi data permintaan, harga, *lead time filter* serta tingkat pemakaian filter alat berat selama periode 2023-2024 yang digunakan dalam proses pengolahan data.

Data Permintaan Harga dan Lead Time Fuel Filter Tahun 2023- 2024

Tabel 1. Data permintaan harga dan lead time fuel filter tahun 2023 -2024

No	No kode	Item	Permintaan	Rata - rata per bulan	Harga per unit	Total harga item	Lead time	Biaya pesan	Biaya simpan
1	198321	FILTER; PRIMARY; VOE-11110683; REF: VOLVO	37	1,54	1.209.900	44.766.300	3	10,000	20,560
...
16	197455	FILTER; AIR; ID: 201 MM; OD: 279 MM; HIGH: 519; REF: AF25708M; FOR EDG;	4	0,17	1.887.000	7.548.000	3	10,000	20,560
...
22	209729	FILTER; ELEMENT FUEL; UPPER; 23414-LAA10; FOR DUMP TRUCK; REF: HINO 23414-LAA10	15	0,63	122.016	1.830.240	3	10,000	20,560
Jumlah			263			314.835.349			2,200,000

Total permintaan fuel filter selama periode 2023-2024 mencapai 263 unit dengan total nilai investasi persediaan sebesar Rp 314.835.349 (Tabel 1). Hal ini menunjukkan bahwa komponen fuel filter merupakan bagian penting dalam operasional alat berat dengan kontribusi biaya yang cukup signifikan. Dari sisi distribusi permintaan, terlihat adanya variasi antar item. Beberapa filter memiliki tingkat permintaan dan pemakaian tinggi seperti kode 198321 (37 unit) dengan rata-rata penggunaan 1,54 unit per bulan. Tingginya tingkat konsumsi ini mengindikasikan bahwa filter tersebut merupakan komponen kritis yang memiliki frekuensi penggantian paling tinggi, sehingga perlu mendapatkan prioritas utama dalam pengendalian persediaan. Sementara sebagian lainnya memiliki tingkat permintaan relatif rendah seperti 197455 (4 unit) dengan rata-rata penggunaan 0,17 unit per bulan. Filter dengan tingkat pemakaian rendah menunjukkan bahwa filter tersebut memiliki perputaran yang lambat (*slow moving*), sehingga pengadaan dalam jumlah besar berpotensi meningkatkan biaya penyimpanan. Perbedaan tingkat konsumsi ini menjadi dasar penting dalam penerapan metode ABC Analysis, di mana item dengan tingkat pemakaian dan nilai yang tinggi akan dikategorikan sebagai kelompok A dan menjadi prioritas utama dalam pengendalian persediaan. Sedangkan, item dengan tingkat penggunaan rendah akan masuk dalam kategori B atau C dengan kebijakan pengendalian yang lebih fleksibel. Harga per unit juga menunjukkan variasi yang cukup besar, mulai dari Rp122.016 hingga Rp3.330.000, yang mengindikasikan adanya perbedaan spesifikasi dan fungsi dari masing-masing filter. Kondisi ini berimplikasi pada besarnya nilai investasi yang harus dikelola dalam sistem persediaan. Dari sisi operasional, seluruh item memiliki *lead time* yang relatif sama, yaitu 3 hari, sehingga variabilitas dalam sistem persediaan lebih banyak dipengaruhi oleh fluktuasi permintaan dibandingkan ketidakpastian waktu pengadaan. Dengan demikian, fokus pengendalian persediaan lebih diarahkan pada pengelolaan jumlah pemesanan dan tingkat stok pengaman.

Pengolahan Data

a. Perhitungan data menggunakan metode ABC analysis

FILTER; PRIMARY; VOE-11110683; REF: VOLVO (198321)

$$\begin{aligned} \% \text{ Nilai Kumulatif} &= \frac{\text{Jumlah Permintaan Produk} \times \text{Harga Per Unit}}{\text{Total Harga Barang}} \times 100 \% \\ &= \frac{37 \times 1.209.900}{314.835.349} \times 100\% = 14,22\% \end{aligned}$$

Tabel 2. Rekapitulasi klasifikasi fuel filter menggunakan metode ABC Analysis

No	No kode	Item	Permintaan (unit)	Harga per unit (Rp)	Total harga item (Rp)	Persentase total harga item (%)	Kumulatif total harga barang S (%)	Kategori
1	198321	FILTER; PRIMARY; VOE-11110683; REF: VOLVO	37	1.209.900	44.766.300	14,22%	14,22%	A
...
16	197455	FILTER; AIR; ID: 201 MM; OD: 279 MM; HIGH: 519; REF: AF25708M; FOR EDG;	4	1.887.000	7.548.000	2,40%	92,94%	B
...
22	209729	FILTER; ELEMENT FUEL; UPPER; 23414-LAA10; FOR DUMP TRUCK; REF: HINO 23414-LAA10	15	122.016	1.830.240	0,58%	100,00%	C

Berdasarkan hasil klasifikasi menggunakan metode ABC yang disajikan pada Tabel 2 menunjukkan bahwa sebagian besar nilai investasi terkonsentrasi pada beberapa item utama yang termasuk kedalam kategori A. Item dalam kategori ini memiliki kontribusi nilai kumulatif terbesar terhadap total investasi persediaan. Sebagai contoh item 198321 memiliki kontribusi nilai persediaan tertinggi yaitu sebesar 14,22% sehingga masuk kategori A. Kondisi ini menunjukkan bahwa item tersebut merupakan komponen yang menyerap sebagian besar investasi persediaan perusahaan. Oleh karena itu, pengendalian yang lebih ketat perlu diterapkan termasuk dalam penentuan jumlah pemesanan, frekuensi pembelian, serta tingkat persediaan pengaman karena kesalahan pengelolaan pada item ini akan memberikan dampak finansial yang lebih besar dibandingkan item kategori B dan C. Dari perspektif MRO Inventory, item kategori A memerlukan pengawasan yang lebih intensif untuk menjamin ketersediaannya dalam mendukung kegiatan operasi dan pemeliharaan pembangkit. Secara kumulatif, beberapa item teratas telah mencakup lebih dari 60% total nilai persediaan, yang menunjukkan adanya prinsip Pareto (80/20) dalam distribusi nilai inventori [24].

b. Perhitungan Data menggunakan Metode *Economic Order Quantity* (EOQ)

FILTER; PRIMARY; VOE-11110683; REF: VOLVO (198321)

$$EOQ = \sqrt{("2 \times D \times S") / "H"} = \sqrt{("2 \times 37 \times 10000") / "20560"} = 5,99 = 6$$

$$TIC = \sqrt{2 \times D \times S \times H} = \sqrt{2 \times 37 \times 10000 \times 20560} = 123.346$$

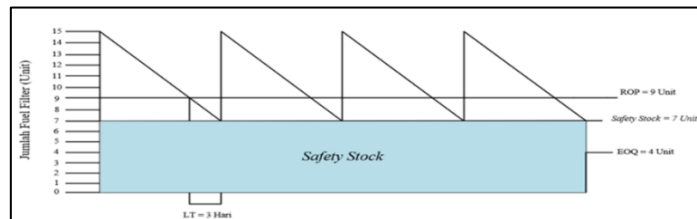
Tabel 3. Rekapitulasi perhitungan menggunakan metode EOQ

No.	Stockcode	Item	Unit	Biaya pemesanan	Biaya penyimpanan	EOQ	TIC
1	198321	FILTER; PRIMARY; VOE-11110683; REF: VOLVO	37	10.000	20.560	6	123347
...
19	197544	FILTER; ELEMENT AIR CLEANER INN; H: 420 MM; ID: 81/0 MM; OD: 110/105 MM; FOR DUMP TRUCK; REF: 17801-3391L / 17801-JAA20A;	15	10.000	20.560	4	40556
...
22	209729	FILTER; ELEMENT FUEL; UPPER; 23414-LAA10; FOR	15	10.000	20.560	4	78537

DUMP TRUCK; REF: HINO
23414-LAA10

Berdasarkan hasil perhitungan EOQ yang disajikan pada Tabel 3 diperoleh jumlah pemesanan optimal untuk masing-masing jenis fuel filter yang bertujuan untuk meminimalkan total persediaan, yang terdiri dari biaya pemesanan dan biaya penyimpanan. Untuk filter dengan kode 198321, diperoleh nilai EOQ sebesar 6 unit, yang berarti jumlah pemesanan paling ekonomis adalah sebanyak 6 unit setiap kali pemesanan. Nilai ini diperoleh dengan mempertimbangkan tingkat permintaan, biaya pemesanan, serta biaya penyimpanan. Nilai EOQ yang relatif kecil mengindikasikan bahwa kebutuhan fuel filter cenderung stabil dan tidak memerlukan penyimpanan dalam jumlah besar. Kondisi ini menunjukkan bahwa perusahaan dapat menerapkan frekuensi pemesanan yang lebih sering dengan jumlah yang lebih sedikit untuk mencapai keseimbangan antara biaya pemesanan dan biaya penyimpanan. Melalui kebijakan tersebut, risiko terjadinya kelebihan persediaan (*overstock*) dapat diminimalkan sehingga biaya penyimpanan dapat ditekan. Selain itu, ketersediaan fuel filter tetap dapat terjaga untuk mendukung kegiatan operasi dan pemeliharaan pembangkit. Hasil ini sejalan dengan konsep EOQ yang bertujuan menentukan jumlah pemesanan optimal melalui keseimbangan antara biaya pemesanan dan biaya penyimpanan guna memperoleh total biaya persediaan yang minimum. Selain itu, nilai *Total Inventory Cost* (TIC) juga dihitung untuk mengetahui besarnya total biaya persediaan pada kondisi optimal. Item dengan nilai TIC yang lebih rendah menunjukkan efisiensi biaya yang lebih baik dalam sistem pengendalian persediaan dan penerapan EOQ mampu menekan biaya persediaan secara signifikan dibandingkan sistem pemesanan konvensional. Secara umum, hasil perhitungan EOQ menunjukkan bahwa sebagian besar item memiliki jumlah pemesanan optimal dalam skala kecil (2–6 unit), yang mencerminkan karakteristik permintaan yang relatif rendah dan stabil serta biaya penyimpanan yang cukup signifikan.

Hasil perhitungan *Economic Order Quantity* (EOQ) pada Tabel 3 menunjukkan bahwa fuel filter dengan kode 197544 memiliki nilai *Total Inventory Cost* (TIC) terendah dibandingkan dengan item lainnya. Item tersebut memiliki tingkat efisiensi biaya persediaan yang paling optimal. Oleh karena itu, dilakukan analisis lebih lanjut melalui kurva EOQ (Gambar 2) untuk mengkaji pola pengendalian persediaan pada fuel filter tersebut.



Gambar 2. Kurva EOQ fuel filter (197544)

Berdasarkan Gambar 2, kurva EOQ menunjukkan pola persediaan berbentuk *saw-tooth pattern* yang menggambarkan siklus pemesanan dan pemakaian fuel filter secara berulang. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa jumlah pemesanan ekonomis (EOQ) untuk fuel filter kode 197544 adalah sebesar 4 unit per pemesanan. Nilai EOQ yang relatif kecil mengindikasikan bahwa kebutuhan fuel filter cenderung dapat dipenuhi melalui pemesanan dalam jumlah terbatas tetapi dilakukan secara lebih teratur. Kondisi ini memungkinkan perusahaan mengurangi biaya penyimpanan tanpa mengurangi tingkat ketersediaan persediaan yang dibutuhkan dalam kegiatan operasi dan pemeliharaan. Titik pemesanan kembali (*Reorder Point*/ROP) diperoleh sebesar 9 unit, yang menunjukkan bahwa pemesanan harus dilakukan sebelum persediaan mencapai batas minimum agar kebutuhan selama lead time tetap terpenuhi. Nilai ROP yang lebih tinggi dibandingkan EOQ menunjukkan pentingnya menjaga kontinuitas ketersediaan fuel filter sebagai spare part kritis pada sistem pembangkit. Selain itu, *safety stock* sebesar 7 unit menunjukkan adanya kebutuhan persediaan pengaman yang cukup besar untuk mengantisipasi ketidakpastian permintaan dan lead time. Besarnya *safety stock* mengindikasikan bahwa risiko terjadinya *stockout* perlu diminimalkan mengingat ketidaktersediaan fuel filter dapat menghambat kegiatan pemeliharaan dan berpotensi memengaruhi keandalan operasional pembangkit. Fuel filter termasuk kategori *spare part* kritis yang harus selalu tersedia karena berperan dalam menjaga kualitas bahan bakar dan kinerja mesin pembangkit. Oleh karena itu, kebijakan *safety stock* dan *reorder point* menjadi instrumen penting untuk mengurangi risiko *downtime* akibat keterlambatan pengadaan *spare part*. Secara keseluruhan, penerapan metode EOQ, *safety stock*, dan *reorder point* menghasilkan kebijakan pengendalian persediaan yang lebih terstruktur dan efisien. Selain mampu menyeimbangkan biaya pemesanan dan biaya penyimpanan, pendekatan ini juga meningkatkan keandalan operasional melalui pengurangan risiko *stockout* dan terjaminnya ketersediaan fuel filter dalam mendukung kegiatan operasi dan pemeliharaan di PT PLN Nusantara Power UP Tenayan.

c. Perhitungan Safety Stock (SS) dan Reorder Point (ROP)

FILTER; PRIMARY; VOE-11110683; REF: VOLVO (198321)

$$SS = (\text{pemakaian maksimal bulan} \times \text{lead time maksimum}) - (\text{pemakaian rata-rata} \times \text{lead time rata-rata})$$

$$= (8 \times 3) - (1,54 \times 3) = 19,38 = 20$$

$$ROP = (D \times L) + SS = (1,54 \times 3) + 19,38 = 24$$

Tabel 4. Rekapitulasi jumlah safety stock dan ROP

No.	Stockcode	Item	Permintaan	Jumlah pemakaian bulan	Lead time	Lead time rata-rata	Pemakaian rata-rata	Safety stock	ROP
1	198321	FILTER; PRIMARY; VOE-11110683; REF: VOLVO	37	8	3	3	1,54	19,38	24
...
19	197544	FILTER; ELEMENT AIR CLEANER INN; H: 420 MM; ID: 81/0 MM; OD: 110/105 MM; FOR DUMP TRUCK; REF: 17801 - 3391L / 17801-JAA20A;	15	3	3	3	0,63	7,13	9
...
22	209729	FILTER; ELEMENT FUEL; UPPER; 23414-LAA10; FOR DUMP TRUCK; REF: HINO 23414-LAA10	15	3	3	3	0,63	7,13	9

Perhitungan *Safety Stock* dan ROP dilakukan untuk mengantisipasi ketidakpastian permintaan selama periode *lead time* serta mencegah terjadinya kekurangan stok (Tabel 4). *Safety Stock* berfungsi sebagai buffer terhadap variabilitas permintaan, sedangkan ROP menentukan titik pemesanan ulang agar tidak terjadi kekurangan stok [25], [26]. Berdasarkan hasil perhitungan, fuel filter dengan kode 198321 memiliki nilai *safety stock* sebesar 20 unit dan *reorder point* sebesar 24 unit. Nilai *safety stock* yang relatif tinggi menunjukkan adanya variasi permintaan yang cukup besar selama periode pengamatan. Kondisi ini mengindikasikan bahwa perusahaan perlu menyediakan persediaan cadangan dalam jumlah yang memadai untuk mengantisipasi ketidakpastian kebutuhan selama lead time. Apabila persediaan pengaman tidak tersedia, maka risiko terjadinya *stockout* akan meningkat dan berpotensi mengganggu kegiatan operasi maupun pemeliharaan pembangkit. Nilai *reorder point* sebesar 24 unit menunjukkan bahwa pemesanan kembali harus dilakukan ketika tingkat persediaan mencapai batas tersebut. Kebijakan ini memungkinkan perusahaan tetap memiliki stok yang cukup untuk memenuhi kebutuhan selama lead time berlangsung. Dengan *lead time* yang relatif konstan selama tiga hari, besarnya nilai ROP lebih dipengaruhi oleh tingkat konsumsi dan fluktuasi permintaan fuel filter. Tingginya nilai ROP pada item ini menunjukkan bahwa fuel filter kode 198321 merupakan *spare part* dengan tingkat penggunaan yang tinggi sehingga memerlukan pengawasan persediaan yang lebih ketat dibandingkan item lainnya. Penerapan *safety stock* dan *reorder point* tidak hanya berfungsi untuk mengendalikan persediaan, tetapi juga sebagai strategi mitigasi risiko operasional guna menjamin kontinuitas kegiatan *maintenance* dan mengurangi potensi *downtime* akibat ketidaktersediaan *spare part*.

Implikasi Operasional dan Keterkaitannya dengan MRO Inventory

Dalam konsep MRO (*Maintenance, Repair, and Operations*) *Inventory*, ketersediaan *spare part* tidak hanya bertujuan untuk memenuhi kebutuhan persediaan, tetapi juga untuk menjamin keberlangsungan kegiatan operasi dan pemeliharaan peralatan. Fuel filter termasuk kategori *critical spare part* karena memiliki peran penting dalam menjaga kualitas bahan bakar dan kinerja mesin pembangkit. Oleh karena itu, ketidaktersediaan fuel filter dapat menyebabkan tertundanya kegiatan *maintenance* serta meningkatkan risiko gangguan operasional. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan metode ABC Analysis, EOQ, *safety stock*, dan *reorder point* mampu meningkatkan efektivitas pengendalian persediaan fuel filter. Klasifikasi ABC memungkinkan perusahaan memfokuskan pengendalian pada item yang memiliki nilai investasi dan tingkat kritikalitas yang tinggi, sedangkan EOQ, *safety stock*, dan *reorder point* membantu memastikan ketersediaan *spare part* secara berkelanjutan. Dengan demikian, sistem persediaan yang dihasilkan tidak hanya mendukung

efisiensi biaya, tetapi juga meningkatkan *reliability* pembangkit dan mengurangi potensi *downtime* akibat keterlambatan pengadaan *spare part*.

Analisis Trade-Off Inventory

Pengendalian persediaan pada dasarnya melibatkan trade-off antara biaya penyimpanan dan biaya pemesanan. Pemesanan dalam jumlah besar dapat mengurangi frekuensi pemesanan, namun berpotensi meningkatkan biaya penyimpanan dan risiko overstock. Sebaliknya, pemesanan dalam jumlah kecil dapat menekan biaya penyimpanan, tetapi meningkatkan frekuensi pemesanan dan biaya administrasi pengadaan. Hasil perhitungan EOQ menunjukkan bahwa jumlah pemesanan yang optimal diperoleh melalui keseimbangan antara kedua komponen biaya tersebut. Selain itu, penetapan safety stock memberikan perlindungan terhadap ketidakpastian permintaan dan lead time, meskipun menyebabkan peningkatan jumlah persediaan yang harus disimpan. Oleh karena itu, kebijakan persediaan yang dihasilkan merupakan bentuk kompromi antara efisiensi biaya dan kebutuhan menjaga keandalan operasional pembangkit. Dalam konteks industri pembangkit listrik, risiko stockout memiliki konsekuensi yang lebih besar dibandingkan biaya penyimpanan tambahan, sehingga keberadaan safety stock menjadi sangat penting.

Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian [27], [28] yang menunjukkan bahwa integrasi metode ABC dan EOQ mampu meningkatkan efisiensi pengendalian persediaan melalui penentuan prioritas item dan jumlah pemesanan yang ekonomis. Temuan penelitian ini juga mendukung hasil penelitian [29] yang menyatakan bahwa metode EOQ efektif dalam menurunkan biaya persediaan serta meningkatkan efisiensi pengelolaan *spare part*. Selain itu, penelitian ini memiliki kesamaan dengan penelitian [30] yang menekankan pentingnya *safety stock* dalam menjaga ketersediaan persediaan dan mengurangi risiko *stockout*. Namun demikian, penelitian ini memiliki kontribusi yang berbeda karena mengintegrasikan metode ABC Analysis, EOQ, *safety stock*, dan *reorder point* pada pengelolaan fuel filter sebagai *critical spare part* di industri pembangkit listrik. Integrasi tersebut memungkinkan pengambilan keputusan yang tidak hanya berorientasi pada efisiensi biaya persediaan, tetapi juga pada peningkatan keandalan operasional pembangkit melalui pengurangan risiko downtime dan gangguan kegiatan maintenance.

Simpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa integrasi metode ABC dan EOQ mampu menghasilkan kebijakan pengendalian persediaan yang lebih efektif pada spare part fuel filter di PT PLN Nusantara Power UP Tenayan. Metode ABC berhasil mengidentifikasi item prioritas berdasarkan kontribusi nilai persediaan sehingga pengendalian dapat difokuskan pada spare part yang memiliki tingkat kritikalitas dan nilai investasi tertinggi. Sementara itu, penerapan metode EOQ yang dilengkapi dengan perhitungan safety stock dan reorder point mampu menentukan jumlah pemesanan yang optimal serta menjaga ketersediaan persediaan selama periode lead time. Secara manajerial, hasil penelitian ini memberikan kontribusi dalam meningkatkan efisiensi biaya persediaan melalui pengendalian jumlah pemesanan dan penyimpanan yang lebih optimal. Selain itu, penerapan *safety stock* dan *reorder point* berperan sebagai mekanisme mitigasi risiko untuk mengurangi kemungkinan terjadinya *stockout* maupun *overstock*, sehingga kontinuitas kegiatan operasi dan pemeliharaan pembangkit dapat terjaga. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya berkontribusi pada aspek efisiensi biaya persediaan, tetapi juga mendukung peningkatan keandalan operasional pembangkit melalui pengelolaan *spare part* yang lebih sistematis. Namun, penelitian ini masih memiliki beberapa keterbatasan; Pertama, penelitian hanya dilakukan pada satu unit pembangkit sehingga hasil yang diperoleh belum dapat digeneralisasikan untuk seluruh unit pembangkit listrik. Kedua, data yang digunakan terbatas pada periode 2023–2024 sehingga belum sepenuhnya merepresentasikan perubahan pola permintaan jangka panjang. Ketiga, penerapan metode EOQ dalam penelitian ini menggunakan asumsi permintaan dan lead time yang relatif stabil, sehingga belum mempertimbangkan kondisi operasional yang bersifat dinamis. Penelitian selanjutnya perlu mempertimbangkan pendekatan yang lebih adaptif dan mengembangkan model pengendalian persediaan dengan mengintegrasikan metode probabilistic EOQ, peramalan permintaan (*forecasting*), *machine learning inventory prediction*, serta analisis *dynamic lead time* guna meningkatkan akurasi pengambilan keputusan persediaan pada lingkungan operasional yang lebih dinamis.

Daftar Pustaka

- [1] W. Riskianto, I. Vanany, and N. I. Arvitrida, "Consumable material spare part management control in electricity transmission system," *IPTEK Journal of Proceedings Series*, no. 7, pp. 66–70, 2021.
- [2] H. Indrajaya, R. H. P. Utomo, T. Rachman, and A. K. Wardhani, "The Role of Spare Parts Availability and Maintenance Data for Sustainability Maintenance at PT. Djarum Kudus," *Research Horizon*, vol. 4, no. 4, pp. 121–130, 2024.
- [3] D. Putranugraha and I. Garniwa, "Optimization of Preventive Maintenance Planning for the Motor Cooling System at PLTGU Using Differential Evolution," *International Journal of Electrical, Computer, and Biomedical Engineering*, vol. 3, no. 3 SE-Electrical and Electronics Engineering, pp. 519–543, Sep. 2025, doi: 10.62146/ijecbe.v3i3.132.
- [4] S. Zhu, W. van Jaarsveld, and R. Dekker, "Critical project planning and spare parts inventory management in shutdown maintenance," *Reliability Engineering & System Safety*, vol. 219, p. 108197, 2022, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ress.2021.108197>.
- [5] E. D. Anggaraini, D. D. F., & Priyana, "Analisis Pengendalian Persediaan Material Maintenance, Repair, Operations (MRO) Dengan Metode Material Requirement Planning (MRP) dan Metode Min-Max Inventory Control," *Jurnal Teknologi dan Manajemen Industri Terapan*, vol. 4, no. 4 SE-Articles, pp. 1743–1753, 2025, doi: 10.55826/jtmit.v4i4.1313.
- [6] W. Lailiyah, F. Pulansari, and S. Dewi, "Analysis of Spare Parts Inventory Control Using the Min-Max Stock Method and Continuous Review," *Journal La Multiapp*, vol. 6, no. 3 SE-Articles, pp. 618–630, Jul. 2025, doi: 10.37899/journallamultiapp.v6i3.2011.
- [7] R. Nugroho and T. Imaroh, "Analysis Of Spare Parts Inventory Planning And Control To Improve Cost Efficiency At Pt Manunggal Jaya Makmur," *Journal of Social Science (JoSS)*, vol. 2, pp. 533–550, Aug. 2023, doi: 10.57185/joss.v2i6.110.
- [8] A. N. Adien and F. A. Nisah, "Optimizing Child Part Inventory Management Using ABC Analysis and Safety Stock Calculation at PT ZYX," *MOTIVECTON: Journal of Mechanical, Electrical and Industrial Engineering*, vol. 7, no. 1, pp. 37–46, 2025.
- [9] T. N. Wiyatno, E. Indriastiningsih, and B. Nugrahadi, "Pengelolaan Persediaan Bahan Baku Menggunakan Metode Economic Order Quantity (EOQ) Pada Industri Keramik," *Jurnal Teknologi dan Manajemen Industri Terapan*, vol. 5, no. 1, pp. 230–237, 2026.
- [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 Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, vol. 23, no. 2, pp. 1159–1169, 2021.
- [11] M. P. Maharani and T. Sari, "Pengendalian Persediaan Bahan Baku Menggunakan Metode Analisis ABC, Peramalan dan Economic Order Quantity (EOQ) pada PT. XYZ," *J@ti Undip: Jurnal Teknik Industri; Vol 20, No 2 (2025): Mei 2025DO - 10.14710/jati.20.2.95-103*, May 2025.
- [12] 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," *International Journal of Integrated Engineering*, vol. 17, no. 9, pp. 233–254, 2025.
- [13] N. Rahmatulloh, C. G. G. Putra, and J. Arifin, "Analisis penerapan metode klasifikasi ABC dan EOQ Pada persediaan bahan baku di UKM Semprong Amoundy," *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, vol. 8, no. 4, pp. 93–103, 2022.
- [14] tugiyanto dwi Nugroho, eerien lusvita Prihayani, I. Kurniawan, and andika putra pratama Djati, "Sistem Klasifikasi ABC Untuk Menentukan Persediaan Kritis Pada Perusahaan Otomotif Spare Part Sepeda Motor," *Industry Xplore*, vol. 10, no. 2 SE-Articles, 2025, doi: 10.36805/w08j5c79.
- [15] M. L. Damayanti and T. Sukmono, "Analysis of spare part inventory control using economic order quantity (EOQ) and continuous review methods," *Journal for Technology and Science*, vol. 1, no. 3, pp. 147–159, 2024.
- [16] F. Nurprihatin, Y. Prasetyo, R. Chandra, I. Widiwati, T. Lestari, and S. Susilawati Islam, *Strategic Inventory Control Using Economic Order Quantity and ABC Classification to Enhance Operational Excellence*. 2025. doi: 10.1109/ICCM5067468.2025.00020.
- [17] A. Kurniawan, "Analisis Pengendalian Persediaan Sparepart Bearing Menggunakan Metode Klasifikasi ABC dan Economic Order Quantity pada Bengkel Motor Listrik," *Integrasi: Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, vol. 10, no. 2, pp. 117–126, 2025.
- [18] M. F. K. Wardana, H. B. Putri, and F. H. Tambunan, "Implementation of Economic Order Quantity (Eoq) In Inventory Management: A Case Study of Chopfee Coffee Shop," *Jurnal Ekobistek*, vol. 14, no. 1, pp. 17–23, 2025.

- [19] M. A. Akhtar and H. Herlina, "Penerapan Metode EOQ, POQ dan Analisis ABC dalam pengendalian persediaan bahan baku Coffee Shop," *Jurnal Teknik Industri Terintegrasi (JUTIN)*, vol. 9, no. 1 SE-Articles of Research, pp. 141–145, Jan. 2026, doi: 10.31004/jutin.v9i1.52298.
- [20] Bima Ardiyanto Wibowo, Ulfi Pristiana, and Esti Hari Prastiwi, "Inventory Analysis Using The ABC, VEN and EOQ Methods For Procurement Budget Efficiency Medicine at Tritya Eye Clinic Surabaya," *Management Dynamics: International Journal of Management and Digital Sciences*, vol. 2, no. 3 SE-Articles, pp. 255–265, Jul. 2025, doi: 10.70062/managementdynamics.v2i3.308.
- [21] M. A. Akhtar and H. Herlina, "Penerapan Metode EOQ, POQ dan Analisis ABC dalam pengendalian persediaan bahan baku Coffee Shop," *Jurnal Teknik Industri Terintegrasi (JUTIN)*, vol. 9, no. 1 SE-Articles of Research, pp. 141–145, Jan. 2026, doi: 10.31004/jutin.v9i1.52298.
- [22] M. P. Chandra, H. Wijaya, and A. K. Ansyori, "Analisis Metode Abc (Always, Better, Control) Dan Eoq (Economic Order Quantity) Dalam Pengendalian Persediaan Obat Di Depo Farmasi Igd Rumah Sakit Umum Daerah Abdoel Wahab Sjahranie Samarinda," *Jurnal Kefarmasian Akfarindo*, pp. 57–64, 2024.
- [23] A. Mentaruk, Sitania, and F. Djumiati, "Inventory Management of Spare Parts Using ABC Classification Method (Case Study : PT Bina Sarana Sukses)," vol. 6, no. 2, pp. 190–197, 2025, doi: 10.22441/ijiem.v6i2.28212.
- [24] Y. Khanorkar and P. V Kane, "Selective inventory classification using ABC classification, multi-criteria decision making techniques, and machine learning techniques," *Materials Today: Proceedings*, vol. 72, pp. 1270–1274, 2023, doi: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.09.298>.
- [25] N. Afrizal, J. Minardi, and D. Mahendra, "Safety Stock and Reorder Point System for RF Media Stock Optimization," *Scientific Journal of Informatics*, vol. 12, no. 2, pp. 339–348, 2025.
- [26] N. Farhana, W. Yahya, and K. Mubarok, "Analisis Safety stock dan Reorder point Persediaan Produk Wheel-Grinding 4" di PT XYZ," *Jurnal Teknik Industri (JATRI)*, vol. 3, pp. 80–88, Apr. 2025, doi: 10.30872/jatri.v3i1.2304.
- [27] M. P. Maharani and T. Sari, "Pengendalian Persediaan Bahan Baku Menggunakan Metode Analisis ABC, Peramalan dan Economic Order Quantity (EOQ) pada PT. XYZ," *J@ti Undip: Jurnal Teknik Industri; Vol 20, No 2 (2025): Mei 2025DO - 10.14710/jati.20.2.95-103*, May 2025.
- [28] M. L. Damayanti and T. Sukmono, "Analysis of spare part inventory control using economic order quantity (EOQ) and continuous review methods," *Journal for Technology and Science*, vol. 1, no. 3, pp. 147–159, 2024.
- [29] 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 Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, vol. 23, no. 2, pp. 1159–1169, 2021.
- [30] 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," *International Journal of Integrated Engineering*, vol. 17, no. 9, pp. 233–254, 2025.