

Analisis Pengendalian Persediaan *Spare Part* MRO melalui Integrasi ABC-FSN dan *Min-Max*

Kansa Tsaqifa Azzahra¹, Bambang Darmawan², Saskia Kanisaa Puspanikan³

^{1,2,3} Jurusan Teknik Logistik, Fakultas Pendidikan Teknik dan Industri, Universitas Pendidikan Indonesia

Jl. Dr. Setiabudi No.229, Isola, Kec. Sukasari, Kota Bandung, Jawa Barat, 40154

Email: kansazzhr@upi.edu, bambang-darmawan@upi.edu, saskia.kanisaa@upi.edu

ABSTRAK

Pengendalian persediaan *spare part* pada fasilitas *Maintenance, Repair, and Overhaul* (MRO) diperlukan untuk menjamin ketersediaan material sekaligus meminimalkan risiko kelebihan stok. PT XYZ belum menerapkan pengelompokan *spare part* berdasarkan nilai konsumsi dan tingkat pergerakan sebagai dasar penetapan kebijakan persediaan. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi *spare part* prioritas melalui integrasi klasifikasi ABC dan FSN serta menyusun rekomendasi pengendalian persediaan menggunakan metode *Min-Max*. Penelitian menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif dengan data primer berupa observasi dan wawancara serta data sekunder berupa histori persediaan, *issued date*, harga satuan, dan *lead time* terhadap 248 jenis *spare part*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa klasifikasi ABC menghasilkan 8 item kategori A dengan kontribusi 79,22% terhadap total nilai konsumsi persediaan, sedangkan klasifikasi FSN menghasilkan 81 item (33%) kategori *fast moving* dan 167 item (67%) kategori *slow moving*. Integrasi ABC-FSN mengidentifikasi lima *spare part* kategori A-Slow Moving sebagai prioritas pengendalian. Perhitungan metode *Min-Max* menghasilkan parameter *safety stock*, *minimum stock*, *maximum stock*, dan *order quantity* sesuai karakteristik kebutuhan dan *lead time* setiap item. Integrasi klasifikasi ABC-FSN dan metode *Min-Max* dapat menjadi dasar penyusunan kebijakan pengendalian persediaan yang lebih efektif untuk menjaga ketersediaan material dan mengurangi potensi *dead stock*.

Kata kunci: Pengendalian Persediaan, MRO, Klasifikasi ABC, Klasifikasi FSN, Metode *Min-Max*, *Dead Stock*.

ABSTRACT

Spare part inventory control in Maintenance, Repair, and Overhaul (MRO) facilities is essential to ensure material availability while minimizing excess inventory. However, PTXYZ has not implemented a classification system based on annual consumption value and movement characteristics to support inventory control policies. This study aims to identify priority spare parts through the integration of ABC and FSN classifications and to develop inventory control recommendations using the Min-Max method. A quantitative descriptive approach was employed using primary data from observations and interviews, and secondary data consisting of inventory records, issued dates, unit prices, and lead times for 248 spare part items. The results show that the ABC classification identified eight category A items contributing 79.22% of the total annual inventory consumption value, while the FSN classification categorized 81 items (33%) as fast moving and 167 items (67%) as slow moving. The ABC-FSN matrix identified five A-Slow Moving spare parts as priority items. The Min-Max analysis generated safety stock, minimum stock, maximum stock, and order quantity parameters according to the demand characteristics and lead time of each item. The integration of the ABC-FSN classifications and the Min-Max method provides a practical basis for improving inventory control, maintaining material availability, and reducing the potential for dead stock.

Keywords: Inventory Control, MRO, ABC Classification, FSN Classification, Min-Max Method, Dead Stock.

Pendahuluan

Keberhasilan aktivitas *Maintenance, Repair, and Overhaul* (MRO) sangat bergantung pada ketersediaan material dan *spare part* yang tepat waktu untuk menjaga kinerja peralatan tetap optimal [1]. Sebagai sumber daya utama dalam pemenuhan operasional, persediaan komponen ini harus dikelola secara presisi [2], [3]. Pada fasilitas MRO seperti di PT XYZ, ketersediaan persediaan minimum mutlak diperlukan untuk mengantisipasi penggantian komponen secara mendadak tanpa memicu biaya investasi yang berlebihan [4]. Oleh karena itu, sistem pengendalian persediaan harus ditargetkan untuk mencegah risiko *stockout* dan *overstock*, khususnya dalam mengelola kompleksitas *spare part* yang memiliki karakteristik bernilai tinggi namun tingkat pergerakannya rendah (*high value-low movement*) [5], [6].

PT XYZ merupakan perusahaan yang bergerak di bidang MRO dengan aktivitas pemeliharaan, perbaikan, dan pemeriksaan turbin serta sistem propulsi pesawat. Aktivitas tersebut didukung oleh *stock room* sebagai pusat penyimpanan dan distribusi material. Berdasarkan hasil wawancara, *stock room* mengelola sekitar seribu item *spare part* dengan karakteristik penggunaan yang beragam, mulai dari item yang sering digunakan hingga item dengan frekuensi penggunaan

rendah. Variasi karakteristik tersebut meningkatkan kompleksitas pengelolaan persediaan dan berpotensi menyebabkan akumulasi stok mengendap apabila tidak didukung oleh sistem pengendalian yang memadai.

Salah satu pendekatan untuk menentukan prioritas pengendalian persediaan adalah integrasi analisis ABC dan FSN (*Fast Moving, Slow Moving, dan Non Moving*). Analisis ABC mengelompokkan material berdasarkan nilai konsumsi tahunan sehingga pengendalian dapat difokuskan pada item yang memberikan kontribusi terbesar terhadap nilai konsumsi tahunan persediaan [7]. Sementara itu, analisis FSN mengelompokkan material berdasarkan tingkat pergerakan penggunaan sehingga dapat mengidentifikasi item dengan tingkat konsumsi tinggi maupun rendah. Integrasi kedua metode tersebut menghasilkan dasar yang lebih komprehensif dalam menentukan prioritas pengendalian karena mempertimbangkan aspek nilai konsumsi tahunan dan pola pergerakan material secara bersamaan.

Berdasarkan karakteristik tersebut, metode *Min–Max* dapat diterapkan pada kelompok item prioritas untuk menetapkan batas *minimum stock*, *maximum stock*, *safety stock*, dan *order quantity* sehingga ketersediaan material tetap terjaga dengan tingkat investasi persediaan yang lebih terkendali [8], [9], [10], [11]. Namun, pengelolaan persediaan di PT XYZ belum didukung oleh pengelompokan material berdasarkan nilai konsumsi tahunan dan tingkat pergerakan sebagai dasar penetapan parameter *Min–Max*, sehingga kebijakan pengendalian persediaan belum disusun secara sistematis.

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa pengendalian persediaan pada lingkungan MRO masih menghadapi permasalahan berupa tingginya potensi *overstock* dan *dead stock* [12]. Pendekatan konvensional dalam pengendalian persediaan umumnya hanya menggunakan satu metode, seperti langsung menerapkan parameter *Min–Max* secara menyeluruh atau sekadar menggunakan klasifikasi ABC tanpa melihat pola pemakaian. Pendekatan tunggal ini terbukti kurang efektif dalam mengatasi masalah *dead stock* di fasilitas MRO karena seluruh item berpotensi diperlakukan dengan kebijakan pengendalian yang sama. Padahal, mengabaikan perbedaan karakteristik nilai konsumsi dan tingkat pergerakan material, terutama pada komponen yang memiliki nilai konsumsi tahunan tinggi namun jarang digunakan, akan memicu penumpukan stok yang merugikan.

Untuk mengatasi celah tersebut, penelitian ini menawarkan kebaruan dengan mengintegrasikan klasifikasi ABC dan FSN sebagai dasar penentuan item prioritas sebelum penerapan metode *Min–Max*. Berbeda dengan pendekatan tradisional, integrasi ini memastikan parameter persediaan dihitung secara spesifik berdasarkan pertimbangan ganda: kontribusi finansial dan pola pergerakan aktual. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengelompokan *spare part* melalui matriks ABC-FSN, mengidentifikasi karakteristik material prioritas, serta menyusun rekomendasi kebijakan pengendalian persediaan yang lebih akurat (meliputi penetapan *safety stock*, *minimum stock*, *maximum stock*, serta *order quantity*) menggunakan metode *Min–Max* guna meminimalkan risiko *dead stock* di PT XYZ.

Metode Penelitian

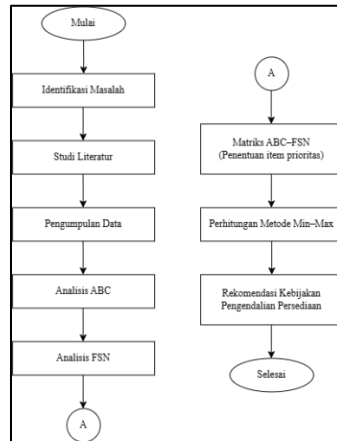
Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif untuk menganalisis pengendalian persediaan *spare part* pada *stock room Maintenance, Repair, and Overhaul* (MRO) PT XYZ. Pendekatan deskriptif digunakan untuk menggambarkan kondisi aktual pengelolaan persediaan berdasarkan data historis perusahaan, sedangkan pendekatan kuantitatif diterapkan melalui pengolahan data numerik berupa jumlah pemakaian, nilai konsumsi tahunan, frekuensi pergerakan, dan parameter pengendalian persediaan pada item prioritas menggunakan metode *Min–Max* [13], [14].

Data penelitian terdiri atas data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui observasi langsung dan wawancara semi-terstruktur dengan pihak yang terlibat dalam pengelolaan *stock room* MRO PT XYZ untuk memperoleh informasi mengenai proses penyimpanan, pengeluaran, pencatatan *spare part*, kebijakan pengendalian persediaan, serta kendala operasional yang dihadapi [15]. Data sekunder diperoleh dari dokumen perusahaan yang meliputi data persediaan *spare part*, histori transaksi pengeluaran (*issued date*), jumlah stok, *lead time*, harga satuan, dan dokumen pendukung lainnya selama tahun 2025 [16]. Dalam penelitian ini, perusahaan tidak memiliki data permintaan (*demand*) yang dicatat secara terpisah. Oleh karena itu, data pemakaian (*issue quantity*) diasumsikan sebagai representasi permintaan. Asumsi ini digunakan karena setiap pengeluaran *spare part* dari *stock room* dilakukan untuk memenuhi kebutuhan penggunaan pada aktivitas MRO sehingga mencerminkan permintaan yang benar-benar terjadi selama periode pengamatan. Seluruh data yang diperoleh divalidasi sebelum diolah menggunakan *Microsoft Excel* untuk melakukan klasifikasi ABC, klasifikasi FSN, penyusunan matriks ABC-FSN, serta perhitungan parameter *safety stock*, *minimum stock*, *maximum stock*, dan *order quantity* menggunakan metode *Min–Max*. Hasil pengolahan data tersebut selanjutnya digunakan sebagai dasar penyusunan rekomendasi kebijakan pengendalian persediaan.

Objek penelitian adalah *stock room* MRO PT XYZ yang berfungsi sebagai fasilitas penyimpanan *spare part* dan material pendukung kegiatan pemeliharaan serta perbaikan peralatan. *Stock room* tersebut mengelola berbagai jenis *spare part* dengan karakteristik penggunaan yang beragam, mulai dari item dengan frekuensi pemakaian tinggi hingga item yang jarang digunakan [17]. Penelitian difokuskan pada pengendalian persediaan *spare part* yang tercatat dalam sistem gudang dan memiliki histori transaksi selama periode penelitian. Penelitian ini dibatasi pada analisis pengendalian persediaan di tingkat operasional gudang dan tidak mencakup proses pengadaan, pemilihan pemasok, maupun aspek finansial perusahaan secara keseluruhan [18], [19].

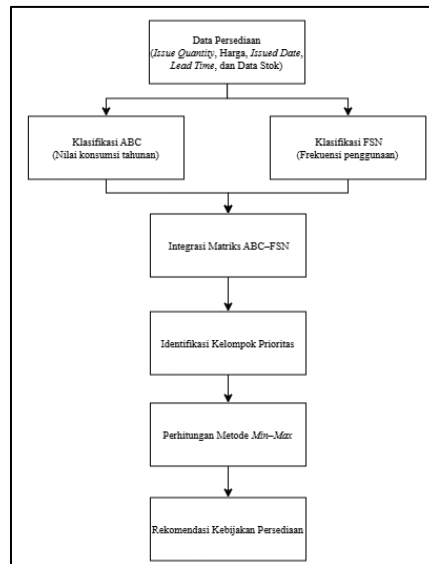
Tahapan penelitian diawali dengan identifikasi masalah melalui observasi, wawancara, dan studi literatur. Selanjutnya dilakukan pengumpulan serta validasi data yang meliputi data penggunaan *spare part*, harga satuan, *issued date*, *lead time*,

dan data stok. Data yang telah divalidasi kemudian dianalisis menggunakan metode ABC berdasarkan nilai konsumsi tahunan dan metode FSN berdasarkan frekuensi transaksi pengeluaran. Hasil kedua klasifikasi diintegrasikan ke dalam matriks ABC–FSN untuk menentukan kelompok *spare part* prioritas, yaitu kategori A–*Slow Moving* (AS) dan/atau A–*Non Moving* (AN). Kelompok *spare part* prioritas tersebut selanjutnya dianalisis menggunakan metode *Min–Max* untuk menentukan parameter *safety stock*, *minimum stock*, *maximum stock*, dan *order quantity* sebagai dasar penyusunan rekomendasi kebijakan pengendalian persediaan. Tahapan penelitian ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir (flowchart) penelitian

Untuk memperjelas tahapan analisis yang dilakukan setelah proses pengumpulan data, hubungan antara klasifikasi ABC, klasifikasi FSN, integrasi matriks ABC–FSN, dan metode *Min–Max* disajikan pada Gambar 2. Diagram tersebut menunjukkan bahwa hasil klasifikasi berdasarkan nilai konsumsi tahunan dan tingkat pergerakan diintegrasikan untuk mengidentifikasi kelompok *spare part* prioritas. Kelompok kategori A–*Slow Moving* (AS) dan/atau A–*Non Moving* (AN) selanjutnya dianalisis menggunakan metode *Min–Max* untuk menentukan parameter *safety stock*, *minimum stock*, *maximum stock*, dan *order quantity* sebagai dasar penyusunan rekomendasi kebijakan pengendalian persediaan.



Gambar 2. Diagram integrasi klasifikasi ABC–FSN dan metode *Min–Max*

Klasifikasi ABC

Klasifikasi ABC digunakan untuk mengelompokkan *spare part* berdasarkan nilai konsumsi tahunan sehingga dapat diidentifikasi item yang memberikan kontribusi terbesar terhadap nilai investasi persediaan [20], [21]. Pengelompokan dilakukan ke dalam kategori A, B, dan C berdasarkan persentase kumulatif nilai konsumsi tahunan sebagaimana disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kriteria klasifikasi ABC

Kelas	Persentase nilai kumulatif	Persentase nilai item
A	<80%	10-20%
B	80-95%	20-40%
C	95-100%	50-60%

Tahapan analisis ABC diawali dengan menghitung nilai konsumsi tahunan setiap *spare part* berdasarkan hasil perkalian harga satuan dan jumlah pemakaian tahunan menggunakan Persamaan (1).

$$Volume\ Tahunan = Harga\ per\ Unit \times Jumlah\ Pemakaian\ Tahunan \quad (1)$$

Selanjutnya, seluruh item diurutkan berdasarkan nilai konsumsi tahunan dari yang terbesar hingga terkecil. Persentase kumulatif nilai konsumsi kemudian dihitung menggunakan Persamaan (2) sebagai dasar penentuan kategori A, B, dan C sesuai kriteria pada Tabel 1 [22]:

$$Persentase\ Kumulatif = \left(\frac{Kumulatif\ Volume\ Tahunan}{Total\ Volume\ Tahunan} \right) \times 100\% \quad (2)$$

Hasil persentase kumulatif inilah yang menjadi dasar pengelompokan ke dalam kategori A, B, dan C.

Klasifikasi FSN

Klasifikasi FSN (*Fast Moving*, *Slow Moving*, dan *Non Moving*) digunakan untuk mengelompokkan seluruh *spare part* berdasarkan tingkat pergerakan material yang direpresentasikan oleh frekuensi transaksi pengeluaran selama periode penelitian [23]. Frekuensi transaksi diperoleh dari jumlah pencatatan pada *issued date* untuk setiap item. Berdasarkan frekuensi tersebut, setiap *spare part* diklasifikasikan ke dalam kategori *fast moving*, *slow moving*, atau *non moving* sesuai kriteria pada Tabel 2 [24].

Tabel 2. Kriteria klasifikasi FSN

Kategori	Frekuensi penggunaan	Keterangan
<i>Fast Moving</i> (F)	> 3 kali	Material yang memiliki frekuensi penggunaan tinggi.
<i>Slow Moving</i> (S)	1–3 kali	Material yang digunakan sesekali dengan tingkat penggunaan relatif rendah.
<i>Non Moving</i> (N)	< 1 kali	Material yang tidak atau hampir tidak digunakan selama periode pengamatan.

Matriks ABC–FSN

Hasil klasifikasi ABC dan FSN selanjutnya diintegrasikan dalam matriks ABC–FSN untuk mengidentifikasi karakteristik *spare part* berdasarkan nilai investasi dan tingkat pergerakannya. Integrasi ini menghasilkan sembilan kombinasi kategori, yaitu AF, AS, AN, BF, BS, BN, CF, CS, dan CN.

Matriks ABC–FSN digunakan untuk menentukan prioritas pengendalian persediaan. Pada penelitian ini, analisis metode *Min–Max* difokuskan pada *spare part* yang termasuk kategori A–*Slow Moving* dan/atau A–*Non Moving* karena memiliki nilai konsumsi tahunan tinggi, tetapi tingkat pergerakan rendah sehingga berpotensi meningkatkan investasi persediaan yang mengendap (*dead stock*) apabila tidak dikendalikan secara tepat.

Metode Min–Max

Item prioritas hasil matriks ABC–FSN selanjutnya dianalisis menggunakan metode *Min–Max* untuk menentukan parameter pengendalian persediaan. Metode ini digunakan untuk menetapkan batas minimum dan maksimum persediaan sehingga ketersediaan material tetap terjaga tanpa menimbulkan persediaan berlebih [25], [26]. Parameter yang dihitung meliputi *safety stock*, *minimum stock*, *maximum stock*, *order quantity*, dan frekuensi pemesanan.

a. Safety Stock (SS)

Safety stock merupakan persediaan pengaman yang disediakan untuk mengantisipasi ketidakpastian permintaan maupun keterlambatan pengadaan material [27]. Perhitungan *safety stock* dilakukan menggunakan Persamaan (3) [28].

$$SS = Z \times \sqrt{LT} \times \sigma \quad (3)$$

Keterangan:

SS : *Safety Stock*

LT : *Lead Time*

σ : Standar deviasi

Z : Faktor tingkat layanan (*service level*)

Penelitian ini menggunakan *service level* sebesar 95% dengan nilai Z = 1,65 untuk menjaga tingkat ketersediaan *spare part* prioritas sekaligus meminimalkan risiko *stockout* selama *lead time* [29].

b. Minimum Stock dan Maximum Stock

Minimum stock merupakan batas persediaan minimum yang menjadi acuan pelaksanaan pemesanan kembali, sedangkan *maximum stock* merupakan batas maksimum persediaan setelah proses pengadaan dilakukan [27]. Kedua parameter dihitung menggunakan Persamaan (4) dan Persamaan (5).

$$Min\ Stock = (T \times LT) + SS \quad (4)$$

$$Max\ Stock = 2 \times (T \times LT) + SS \quad (5)$$

Keterangan:

T : Pemakaian rata-rata per periode

LT : *Lead Time*

SS : *Safety Stock*

c. **Order Quantity (Q)**

Order quantity merupakan jumlah pemesanan yang dilakukan setiap kali persediaan mencapai batas minimum. Nilainya dihitung sebagai selisih antara *maximum stock* dan *minimum stock* menggunakan Persamaan (6) [30]:

$$Q = \text{Max Stock} - \text{Min Stock} \quad (6)$$

d. **Frekuensi Pemesanan**

Frekuensi pemesanan menunjukkan jumlah siklus pemesanan yang diperlukan dalam satu tahun berdasarkan kebutuhan tahunan dan jumlah pemesanan optimal. Nilai tersebut dihitung menggunakan Persamaan (7) [31]:

$$F = \frac{D}{Q} \quad (7)$$

Keterangan:

D : Total kebutuhan tahunan

Q : Jumlah pemesanan

Hasil Dan Pembahasan

Data penelitian terdiri atas 248 jenis *spare part* yang tercatat pada sistem gudang MRO PT XYZ selama tahun 2025. Data yang digunakan meliputi harga satuan, jumlah pemakaian tahunan (*issue quantity*), serta frekuensi transaksi pengeluaran berdasarkan *issued date*. Berdasarkan hasil perhitungan nilai konsumsi tahunan menggunakan Persamaan (1), diperoleh total nilai konsumsi persediaan sebesar 239.433,99 sesuai satuan nilai yang digunakan dalam sistem perusahaan. Data tersebut selanjutnya digunakan sebagai dasar analisis klasifikasi ABC, klasifikasi FSN, integrasi matriks ABC–FSN, dan penentuan parameter pengendalian persediaan menggunakan metode *Min–Max*.

Klasifikasi ABC

Klasifikasi ABC dilakukan dengan menghitung nilai konsumsi tahunan setiap *spare part* menggunakan Persamaan (1). Seluruh item kemudian diurutkan berdasarkan nilai konsumsi terbesar hingga terkecil, selanjutnya dihitung persentase kumulatif menggunakan Persamaan (2) untuk menentukan kategori A, B, dan C. Hasil klasifikasi ABC disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil klasifikasi ABC

No	Part-number	Deskripsi	Nilai konsumsi tahunan	Kumulatif nilai konsumsi tahunan	Persentase kumulatif	Kumulatif
1	3101726-3	Torque Sensor	69900	69900	29.94%	A
2	3103235-11	Fuel Nozzle	47276.18	117176.18	50.18%	A
3	897801-17	Fuel Control Unit	31800	148976.18	63.80%	A
4	3107051-4	Modification Kit Post SB72-200	12152.76	161128.94	69.01%	A
5	896494-3	Carbon Seal	9780	170908.94	73.20%	A
6	3101689-1	Bearing Rl Post 72-0227	6347.07	177256.01	75.91%	A
7	3108196-1	Gasket	4072.08	187265.78	77.66%	A
8	897476-8	Resistor Assy Comp	3651.33	190917.11	79.22%	A
9	3108098-1	Bearing Rllr Trb	3576.12	194493.23	80.75%	B
...	...	...	...	...	...	...
35	370082-1	Plug	462	221565.09	94.89%	B
36	3103872-1	Seal	460	222025.09	95.09%	C
...	...	...	...	...	...	...
248	MS20068-53	Key	0	239433.99	100.00%	C

Berdasarkan Tabel 3, sebanyak 248 jenis *spare part* berhasil dikelompokkan ke dalam kategori A, B, dan C berdasarkan kontribusinya terhadap total nilai konsumsi persediaan. Hasil klasifikasi menunjukkan bahwa kategori A terdiri atas 8 item dengan nilai kumulatif sebesar 79,22% dari total nilai konsumsi persediaan. Delapan item tersebut meliputi *Torque Sensor*, *Fuel Nozzle*, *Fuel Control Unit*, *Modification Kit Post SB72-200*, *Carbon Seal*, *Bearing RL Post 72-0227*, *Gasket*, dan *Resistor Assy Comp*.

Kategori A tersebut memiliki total *issue quantity* sebanyak 51 unit atau sekitar 1,22% dari total *issue quantity* sebesar 4.175 unit selama periode penelitian. Meskipun hanya terdiri atas 8 item (3,23% dari total 248 item) dengan jumlah penggunaan yang relatif kecil, kategori ini memberikan kontribusi terbesar terhadap nilai konsumsi persediaan. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa sebagian kecil *spare part* memiliki kontribusi dominan terhadap nilai konsumsi tahunan. Hal ini disebabkan karena klasifikasi ABC didasarkan pada nilai konsumsi tahunan, yaitu hasil perkalian harga satuan dan jumlah

penggunaan tahunan sebagaimana ditunjukkan pada Persamaan (1). Dengan demikian, *spare part* dengan harga satuan tinggi tetap menjadi prioritas pengendalian meskipun tingkat penggunaannya relatif rendah.

Sebaliknya, sebagian besar *spare part* berada pada kategori C dengan kontribusi nilai konsumsi yang relatif kecil. Kelompok ini didominasi oleh komponen seperti *Packing*, *Washer*, *Bolt*, dan *Gasket* yang memiliki nilai konsumsi tahunan lebih rendah dibandingkan kategori A. Hasil tersebut sejalan dengan prinsip klasifikasi ABC yang menyatakan bahwa sebagian kecil item umumnya menyumbang sebagian besar nilai investasi persediaan sehingga memerlukan prioritas pengendalian yang lebih tinggi [20], [21],

Berdasarkan kriteria pada Tabel 1, kategori A mencakup item dengan persentase kumulatif sekitar 80% dari total nilai konsumsi persediaan. Pada penelitian ini, kategori A mencapai 79,22%, sehingga hasil klasifikasi telah memenuhi prinsip dasar metode ABC. Perbedaan jumlah item pada setiap kategori dipengaruhi oleh distribusi nilai konsumsi tahunan masing-masing *spare part*, yang merupakan kombinasi antara harga satuan dan tingkat penggunaannya.

Seluruh hasil klasifikasi ABC selanjutnya diintegrasikan dengan hasil klasifikasi FSN untuk mengidentifikasi karakteristik *spare part* berdasarkan nilai konsumsi dan tingkat pergerakannya. Integrasi tersebut digunakan sebagai dasar dalam menentukan kelompok item prioritas yang akan dianalisis lebih lanjut menggunakan metode *Min-Max*.

Klasifikasi FSN

Klasifikasi FSN dilakukan terhadap seluruh 248 jenis *spare part* berdasarkan frekuensi transaksi pengeluaran (*issued date*) selama periode pengamatan. Setiap item dikelompokkan ke dalam kategori *fast moving*, *slow moving*, atau *non moving* sesuai kriteria pada Tabel 2. Rekapitulasi hasil klasifikasi FSN disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Rekapitulasi hasil klasifikasi FSN

Kategori	Jumlah item	Persentase
<i>Fast Moving</i>	81	33%
<i>Slow Moving</i>	167	67%
<i>Non Moving</i>	0	0%
Total	248	100%

Berdasarkan Tabel 4, sebagian besar *spare part* termasuk dalam kategori *slow moving*, yaitu sebanyak 167 item (67%), sedangkan 81 item (33%) termasuk kategori *fast moving*. Selama periode pengamatan tidak ditemukan *spare part* yang termasuk kategori *non moving*, yang menunjukkan bahwa seluruh item mengalami setidaknya satu kali transaksi pengeluaran.

Dominasi kategori *slow moving* menunjukkan bahwa sebagian besar *spare part* memiliki frekuensi penggunaan yang relatif rendah. Karakteristik tersebut umum dijumpai pada persediaan MRO karena banyak komponen hanya digunakan pada kegiatan pemeliharaan tertentu atau ketika terjadi kebutuhan penggantian komponen. Sebaliknya, kategori *fast moving* terdiri atas item yang lebih sering digunakan sehingga memerlukan perhatian terhadap ketersediaan stok untuk mendukung kelancaran aktivitas pemeliharaan.

Meskipun klasifikasi FSN memberikan informasi mengenai tingkat pergerakan material, metode ini belum mempertimbangkan besarnya nilai konsumsi atau investasi persediaan. Oleh karena itu, hasil klasifikasi FSN selanjutnya diintegrasikan dengan hasil klasifikasi ABC melalui matriks ABC-FSN untuk mengidentifikasi *spare part* yang memiliki kombinasi nilai konsumsi tinggi dan tingkat pergerakan rendah sebagai dasar penentuan prioritas pengendalian persediaan menggunakan metode *Min-Max*.

Integrasi ABC-FSN

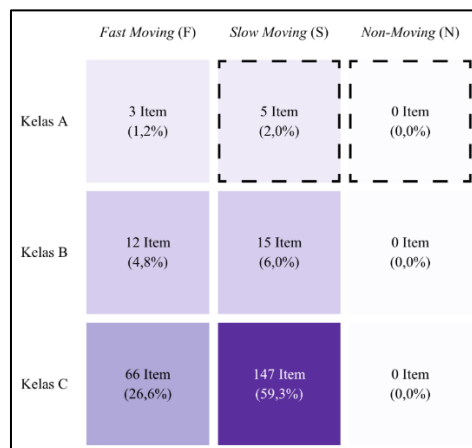
Hasil klasifikasi ABC dan FSN selanjutnya diintegrasikan ke dalam matriks ABC-FSN untuk mengidentifikasi karakteristik *spare part* berdasarkan nilai konsumsi dan tingkat pergerakannya. Integrasi ini menjadi dasar dalam menentukan kelompok item yang diprioritaskan untuk pengendalian persediaan. Hasil matriks ABC-FSN disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Matriks hasil klasifikasi ABC-FSN

Kategori ABC	<i>Fast Moving</i> (F)	<i>Slow Moving</i> (S)	<i>Non Moving</i> (N)	Total
A	3	5	0	8
B	12	15	0	27
C	66	147	0	213
Total	81	167	0	248

Untuk memperjelas interpretasi hasil integrasi klasifikasi ABC dan FSN, distribusi jumlah *spare part* pada setiap kombinasi kategori divisualisasikan dalam bentuk *heatmap* sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3. Visualisasi tersebut memberikan representasi visual mengenai sebaran jumlah *spare part* pada masing-masing kombinasi kategori ABC-FSN sehingga memudahkan identifikasi pola distribusi item. Selain itu, kategori A-*Slow Moving* (AS) dan A-*Non Moving* (AN)

diberi penanda khusus sebagai kelompok yang ditetapkan sebagai prioritas analisis dalam penelitian ini berdasarkan kriteria integrasi klasifikasi ABC–FSN.



Gambar 3. Heatmap matriks hasil klasifikasi ABC–FSN berdasarkan jumlah *spare part*

Berdasarkan Tabel 5 dan visualisasi pada Gambar 3, dari 248 *spare part* yang dianalisis terdapat 81 item (32,66%) yang termasuk kategori *fast moving* dan 167 item (67,34%) yang termasuk kategori *slow moving*, sedangkan tidak ditemukan item *Non-Moving* selama periode pengamatan. Visualisasi *heatmap* menunjukkan bahwa sebagian besar *spare part* terkonsentrasi pada kategori C–*Slow Moving*, sedangkan kategori A–*Slow Moving* (AS) dan A–*Non Moving* (AN) yang menjadi fokus penelitian hanya mencakup lima item dan nol item. Hal ini menunjukkan bahwa jumlah *spare part* pada suatu kategori tidak secara langsung mencerminkan tingkat prioritas pengendalian persediaan.

Hasil integrasi klasifikasi ABC dan FSN menunjukkan bahwa *spare part* dengan nilai konsumsi tahunan yang tinggi tidak selalu memiliki tingkat pergerakan yang tinggi. Sebanyak lima *spare part* pada kategori A–*Slow Moving* (AS) memiliki kontribusi terbesar terhadap nilai konsumsi persediaan, tetapi frekuensi penggunaannya relatif rendah. Kondisi tersebut berpotensi meningkatkan investasi persediaan yang mengendap apabila jumlah persediaan tidak dikendalikan secara tepat serta dalam jangka panjang dapat meningkatkan risiko terjadinya *dead stock*.

Sesuai dengan tujuan penelitian, kategori A–*Slow Moving* (AS) dan A–*Non Moving* (AN) ditetapkan sebagai kelompok prioritas untuk dianalisis lebih lanjut menggunakan metode *Min–Max*. Namun, berdasarkan hasil klasifikasi tidak ditemukan *spare part* yang termasuk kategori A–*Non Moving* (AN), sehingga analisis selanjutnya difokuskan pada lima *spare part* kategori A–*Slow Moving* (AS) sebagaimana disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. *Spare part* prioritas kategori A–*Slow Moving*

Part-number	Deskripsi	Frekuensi	Kategori
3101726-3	Torque Sensor	2	AS
897801-17	Fuel Control Unit	2	AS
3107051-4	Modification Kit Post SB72-200	1	AS
3101689-1	Bearing RL Post 72-0227	2	AS
897476-8	Resistor Assy Comp	1	AS

Kelima *spare part* tersebut memiliki karakteristik *high value–low movement*, yaitu memberikan kontribusi terbesar terhadap nilai investasi persediaan, tetapi memiliki frekuensi penggunaan yang rendah. Oleh karena itu, pengendalian persediaan difokuskan pada kelompok ini melalui perhitungan *safety stock*, *minimum stock*, *maximum stock*, *order quantity*, dan frekuensi pemesanan menggunakan metode *Min–Max*.

Perhitungan *Min–Max*

Berdasarkan hasil integrasi klasifikasi ABC dan FSN, perhitungan metode *Min–Max* difokuskan pada lima jenis item yang termasuk dalam kombinasi kategori A–*Slow Moving* (AS), yaitu Torque Sensor, Fuel Control Unit, Modification Kit Post SB72-200, Bearing RL Post 72-0227, dan Resistor Assy Comp. Kelima jenis item tersebut dipilih karena memiliki nilai investasi yang tinggi berdasarkan klasifikasi ABC, namun menunjukkan tingkat pergerakan yang rendah berdasarkan klasifikasi FSN sehingga menjadi prioritas dalam penyusunan kebijakan pengendalian persediaan. Sementara itu, Fuel Nozzle dan Gasket tidak dilanjutkan ke tahap *Min–Max* karena termasuk kategori *Fast Moving*, sehingga tidak sesuai dengan fokus penelitian.

Perhitungan dilakukan menggunakan tingkat layanan (*service level*) sebesar 95% ($Z = 1,65$) berdasarkan persamaan yang telah dijelaskan pada metode penelitian. Hasil perhitungan menghasilkan parameter pengendalian persediaan yang terdiri atas *safety stock*, *minimum stock*, *maximum stock*, *order quantity*, dan frekuensi pemesanan untuk masing-masing item.

Tabel 7. Hasil perhitungan parameter *Min-Max*

Part-number	Deskripsi	D	T	σ	LT (bulan)	Safety stock	Min stock	Max stock	Q	F
3101726-3	Torque Sensor	2	0,17	0,58	3,43	1,76	2,34	2,91	0,6	3,50
897801-17	Fuel Control Unit	2	0,17	0,29	3,6	0,90	1,50	2,10	0,6	3,33
3107051-4	Modification Kit Post SB72-200	1	0,08	0,29	6,8	1,24	1,81	2,38	0,6	1,76
3101689-1	Bearing RI Post 72-0227	3	0,25	0,62	1,43	1,23	1,58	1,94	0,4	8,39
897476-8	Resistor Assy Comp	1	0,08	0,29	32,4	2,71	5,41	8,11	2,7	0,37

Berdasarkan Tabel 7, seluruh *spare part* kategori A–*Slow Moving* memiliki kebutuhan tahunan yang relatif rendah, yaitu antara 1–3 unit, namun tetap memerlukan pengendalian karena memberikan kontribusi besar terhadap nilai investasi persediaan. Nilai *safety stock* yang dihasilkan berkisar antara 0,90–2,71 unit, yang menunjukkan jumlah persediaan pengaman untuk mengantisipasi ketidakpastian permintaan dan waktu pengadaan.

Sebagai contoh perhitungan manual, berikut adalah penerapan metode *Min-Max* untuk item Resistor Assy Comp (*Part-number* 897476-8) dengan asumsi tingkat layanan 95% ($Z = 1,65$), kebutuhan tahunan ($D = 1$ unit, pemakaian rata-rata per bulan ($T = 0,08$ unit, standar deviasi = 0,29, dan *Lead Time* ($LT = 32,4$ bulan:

- *Safety Stock* (SS)
 $SS = Z \times \sqrt{LT} \times \sigma = 1,65 \times \sqrt{32,4} \times 0,29 = 2,71$
- *Minimum Stock*
 $Min Stock = (T \times LT) + SS = (0,08 \times 32,4) + 2,71 = 5,41 \text{ unit}$
- *Maximum Stock*
 $Max Stock = 2 \times (T \times LT) + SS = 2 \times (0,08 \times 32,4) + 2,71 = 8,11 \text{ unit}$
- *Order Quantity* (Q)
 $Q = Max Stock - Min Stock = 8,11 - 5,41 = 2,70 \text{ unit}$

Melalui perhitungan tersebut, terlihat bahwa panjangnya waktu tunggu (LT) memicu tingginya kebutuhan persediaan pengaman (SS) meskipun tingkat pemakaiannya (T) sangat rendah.

Perbedaan parameter *Min-Max* dipengaruhi oleh kombinasi tingkat kebutuhan, variasi permintaan, dan *lead time* pengadaan. *Spare part* dengan *lead time* yang panjang memerlukan *safety stock*, *minimum stock*, dan *maximum stock* yang lebih besar meskipun kebutuhan tahunannya relatif rendah. Kondisi tersebut terlihat pada Resistor Assy Comp, yang memiliki *lead time* terpanjang, yaitu 32,40 bulan, sehingga menghasilkan *safety stock* sebesar 2,71 unit, *minimum stock* 5,41 unit, dan *maximum stock* 8,11 unit, meskipun kebutuhan tahunannya hanya 1 unit. Hal ini menunjukkan bahwa pada *spare part* MRO, kebutuhan penyimpanan tidak hanya dipengaruhi oleh tingkat penggunaan, tetapi juga oleh lamanya waktu pengadaan. Oleh karena itu, item dengan *lead time* yang panjang memerlukan persediaan pengaman yang lebih besar untuk mengurangi risiko *stockout*, namun tetap perlu dievaluasi secara berkala agar tidak menimbulkan persediaan berlebih.

Hasil perhitungan *order quantity* menunjukkan nilai yang relatif kecil, yaitu 0,40–2,70 unit, sesuai dengan karakteristik item *slow moving* yang memiliki tingkat konsumsi rendah. Frekuensi pemesanan bervariasi antara 0,37–8,39 kali per tahun, yang mencerminkan perbedaan kebutuhan dan ukuran pemesanan pada setiap item. Bearing RL Post 72-0227 memiliki frekuensi pemesanan tertinggi (8,39 kali per tahun) karena memiliki kebutuhan tahunan terbesar (3 unit) dengan *order quantity* hanya 0,40 unit. Sebaliknya, Resistor Assy Comp memiliki frekuensi pemesanan terendah (0,37 kali per tahun) karena *order quantity* (2,70 unit) lebih besar dibandingkan kebutuhan tahunannya (1 unit). Kondisi tersebut menunjukkan bahwa pemesanan untuk item ini tidak perlu dilakukan secara rutin, melainkan dapat disesuaikan dengan kondisi stok dan kebutuhan aktual.

Secara keseluruhan, hasil perhitungan *Min-Max* menunjukkan bahwa setiap *spare part* memiliki parameter pengendalian yang berbeda sesuai dengan karakteristik kebutuhan dan *lead time* pengadaannya. Perbedaan tersebut menjadi dasar dalam penyusunan rekomendasi kebijakan pengendalian persediaan agar ketersediaan material tetap terjaga dengan investasi persediaan yang lebih terkendali.

Rekomendasi Kebijakan Pengendalian Persediaan

Parameter *safety stock*, *minimum stock*, *maximum stock*, dan *order quantity* yang diperoleh dari perhitungan *Min-Max* menjadi dasar penyusunan rekomendasi kebijakan pengendalian persediaan untuk lima *spare part* kategori A–*Slow Moving* (AS). Parameter tersebut disusun dengan mempertimbangkan tingkat kebutuhan, variasi permintaan, *lead time* pengadaan, serta karakteristik nilai konsumsi tahunan setiap item sehingga mampu mendukung ketersediaan material dengan tingkat persediaan yang lebih terkendali [32], [33], dan [10].

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa seluruh *spare part* kategori A–*Slow Moving* memiliki memiliki kebutuhan tahunan yang relatif rendah, yaitu sebesar 1–3 unit dengan *order quantity* sebesar 0,40–2,70 unit. Perbedaan nilai *safety stock*,

minimum stock, *maximum stock*, *order quantity*, dan frekuensi pemesanan dipengaruhi oleh kombinasi tingkat kebutuhan, variasi permintaan, dan *lead time* pengadaan [26], [27]. Sebagai contoh, Bearing RL Post 72-0227 memiliki frekuensi pemesanan tertinggi (8,39 kali per tahun) karena memiliki kebutuhan tahunan terbesar dengan *order quantity* yang relatif kecil, sedangkan Resistor Assy Comp memiliki *lead time* terpanjang (32,40 bulan) sehingga menghasilkan nilai *safety stock*, *minimum stock*, dan *maximum stock* tertinggi serta frekuensi pemesanan terendah (0,37 kali per tahun).

Dalam implementasi operasional, parameter hasil perhitungan masih berupa nilai desimal sehingga diperlukan penyusunan rekomendasi yang dapat diterapkan di gudang. Nilai *safety stock*, *minimum stock*, *maximum stock*, dan *order quantity* dibulatkan ke atas (*round up*) karena *spare part* merupakan item diskret yang tidak dapat disimpan atau dipesan dalam satuan pecahan. Pembulatan ke atas juga bertujuan menjaga tingkat persediaan tidak berada di bawah kebutuhan hasil perhitungan sehingga *service level* sebesar 95% tetap dapat dipertahankan dan risiko *stockout* selama *lead time* dapat diminimalkan [27], [29]. Sementara itu, frekuensi pemesanan tidak dibulatkan, melainkan dihitung kembali menggunakan nilai *order quantity* hasil rekomendasi sesuai Persamaan (7). Dengan demikian, nilai frekuensi pemesanan pada kolom rekomendasi dapat berbeda dari hasil perhitungan awal karena merepresentasikan kondisi operasional setelah penerapan parameter persediaan yang direkomendasikan.

Meskipun pembulatan ke atas terbukti efektif dalam mempertahankan tingkat layanan 95% dan menekan risiko *stockout*, kebijakan ini memunculkan sebuah *trade-off* dalam pengendalian persediaan. Pembulatan parameter ke nilai bulat terdekat berpotensi meningkatkan risiko terjadinya *overstock* ringan, terutama pada item *slow moving* yang sangat jarang digunakan. Sebagai contoh, pembulatan nilai *order quantity* pecahan (seperti 0,40 atau 0,60) menjadi 1 unit akan membuat sebagian kecil modal perusahaan tertahan lebih lama dalam bentuk persediaan fisik. Namun demikian, dalam konteks fasilitas pemeliharaan MRO, *overstock* ringan pada komponen bernilai tinggi ini masih lebih dapat ditoleransi dibandingkan dengan kerugian finansial masif yang ditimbulkan akibat terhentinya operasional (*downtime*) apabila terjadi kekosongan material. Oleh karena itu, rekomendasi yang dihasilkan tidak hanya mempertimbangkan hasil perhitungan matematis, tetapi juga aspek implementasi operasional di lingkungan MRO. Rekomendasi parameter pengendalian persediaan disajikan pada Tabel 8.

Tabel 8. Rekomendasi parameter pengendalian persediaan

Kode Item	Deskripsi	Perhitungan					Rekomendasi				
		SS	Min	Max	Q	F	SS	Min	Max	Q	F
3101726-3	Torque Sensor	1,76	2,34	2,91	0,60	3,50	2	3	3	1	2
897801-17	Fuel Control Unit	0,90	1,50	2,10	0,60	3,33	1	2	3	1	2
3107051-4	Modification Kit Post SB72-200	1,24	1,81	2,38	0,60	1,76	2	2	3	1	1
3101689-1	Bearing RL Post 72-0227	1,23	1,58	1,94	0,40	8,39	2	2	2	1	3
897476-8	Resistor Assy Comp	2,71	5,41	8,11	2,70	0,37	3	6	9	3	0,33

Berdasarkan Tabel 8, parameter rekomendasi yang dihasilkan dapat langsung digunakan sebagai acuan operasional gudang. Sebagai contoh, Bearing RL Post 72-0227 direkomendasikan memiliki *minimum stock* sebanyak 2 unit dengan *order quantity* sebesar 1 unit setiap kali persediaan mencapai batas minimum. Sementara itu, Resistor Assy Comp direkomendasikan memiliki *safety stock* sebanyak 3 unit, *minimum stock* 6 unit, *maximum stock* 9 unit, dan *order quantity* 3 unit untuk mengantisipasi *lead time* pengadaan yang sangat panjang. Dengan *order quantity* tersebut, frekuensi pemesanan menjadi sekitar 0,33 kali per tahun, yang menunjukkan bahwa pemesanan tidak perlu dilakukan setiap tahun, melainkan dapat dilakukan secara berkala sesuai kebutuhan dan kondisi persediaan.

Secara keseluruhan, penelitian ini merekomendasikan penerapan parameter *safety stock*, *minimum stock*, *maximum stock*, dan *order quantity* hasil pembulatan sebagai dasar kebijakan pemesanan kembali (*reorder policy*) pada *spare part* kategori A–*Slow Moving*. Integrasi metode ABC–FSN dan *Min–Max* memungkinkan perusahaan memfokuskan pengendalian pada *spare part* yang memiliki kontribusi besar terhadap nilai konsumsi tahunan tetapi tingkat pergerakannya relatif rendah. Dengan demikian, ketersediaan material untuk mendukung kelancaran operasional MRO dapat lebih terjaga, sementara potensi akumulasi persediaan, risiko *dead stock*, dan biaya persediaan dapat dikendalikan secara lebih efektif [20], [23].

Simpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa integrasi metode ABC, FSN, dan *Min–Max* dapat digunakan sebagai dasar penyusunan kebijakan pengendalian persediaan *spare part* pada *stock room* MRO PT XYZ. Hasil klasifikasi ABC dan FSN terhadap 248 jenis *spare part* mengidentifikasi lima item prioritas pada kategori A–*Slow Moving* (AS) yang memiliki nilai konsumsi tinggi namun tingkat pergerakan rendah, yaitu Torque Sensor, Fuel Control Unit, Modification Kit Post SB72-200,

Bearing RL Post 72-0227, dan Resistor Assy Comp. Penerapan metode *Min-Max* pada kelima item tersebut menghasilkan parameter *safety stock*, *minimum stock*, *maximum stock*, dan *order quantity* yang disesuaikan dengan karakteristik kebutuhan dan *lead time* masing-masing komponen. Parameter ini kemudian dibulatkan ke atas untuk diterapkan secara praktis sebagai dasar kebijakan pemesanan kembali (*reorder policy*) di lingkungan operasional gudang.

Dengan demikian, pendekatan integrasi ini terbukti mampu menghasilkan rekomendasi pengendalian persediaan yang lebih terarah, menjaga ketersediaan material, sekaligus mengendalikan investasi persediaan pada spare part kategori A–*Slow Moving* guna mengurangi potensi *dead stock*. Penelitian ini masih memiliki keterbatasan karena hanya menggunakan data transaksi persediaan selama satu tahun (2025) dan dilakukan pada *stock room* MRO PT XYZ, sehingga hasil yang diperoleh masih bersifat spesifik terhadap karakteristik operasional perusahaan tersebut. Selain itu, variasi *lead time* serta dampak finansial dari penerapan kebijakan pengendalian persediaan belum dievaluasi secara kuantitatif. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan menggunakan periode pengamatan yang lebih panjang, mempertimbangkan variasi *lead time*, menerapkan integrasi metode ABC–FSN–*Min-Max* pada cakupan *spare part* atau perusahaan MRO yang lebih luas, serta mengombinasikannya dengan simulasi persediaan dinamis untuk mengevaluasi pengaruhnya terhadap *service level* dan total biaya persediaan secara menyeluruh.

Daftar Pustaka

- [1] R. A. Sutrisno, “Analisis Maintenance, Repair, and Operations di Perusahaan Jasa Transportasi (Studi Kasus di PO. Tirta Agung Jombang),” 2024, *Universitas Islam Indonesia*.
- [2] J. B. Munyaka and V. S. S. Yadavalli, “Inventory management concepts and implementations: a systematic review,” *South African J. Ind. Eng.*, vol. 33, no. 2, pp. 15–36, 2022.
- [3] N. Sutrisno, R. Estiana, and A. Arifin, “The Effect of Internal Control of Raw Material Inventory and Production Process Planning on the Smooth Production Process,” *ATRABIS J. Adm. Bisnis*, vol. 9, no. 1, pp. 56–66, 2023.
- [4] S. A. Rizky and D. I. Handayani, “A Comprehensive Approach to Minimize Inventory Costs Using Reliability Centered Maintenance, Reliability Centered Spares, and Economic Order Quantity Methods,” *J. Dev. Res.*, vol. 8, no. 1, pp. 62–69, 2024.
- [5] M. A. Noer and R. Erlin, “Inventory Control Analysis In UD. Diplo Jaya Sentosa Bandar Lampung,” *J. Taqdirul Iqtishodiyah*, vol. 2, no. 2, pp. 176–211, 2022.
- [6] D. P. Saputra, D. K. Wardhani, and M. F. Passon, “Optimization of Inventory Control Using Economic Order Quantity and Safety Stock Approach,” *RESWARA J. Ris. Ilmu Tek.*, vol. 2, no. 3, pp. 100–107, 2024.
- [7] N. H. Habibi and M. M. Ulkhaq, “Strategi Pengendalian Persediaan Dengan Pendekatan Klasifikasi Abc-Fsn Dan Metode Min-Max Pada Material Spiral Wound Gaskets Di PT XYZ,” *Ind. Eng. Online J.*, vol. 14, no. 2, 2025.
- [8] I. A. Hasan and F. Pulansari, “Application of the Min-Max Stock Method in the Inventory Control of the Raw Materials for the Cement Production at PT XYZ,” *IJIEM (Indonesian J. Ind. Eng. Manag.)*, vol. 4, no. 3, pp. 303–309, 2023.
- [9] N. L. Rachmawati and M. Lentari, “Penerapan metode Min-Max untuk Minimasi Stockout dan Overstock persediaan bahan baku,” *J. INTECH Tek. Ind. Univ. Serang Raya*, vol. 8, no. 2, pp. 143–148, 2022.
- [10] M. Marbun, H. T. Sihotang, and N. V. Marbun, “Perancangan sistem perencanaan jumlah produksi roti menggunakan metode fuzzy mamdani,” *J. Mantik Penusa*, vol. 20, no. 1, pp. 48–54, 2016.
- [11] A. Salam and M. Mujiburrahman, “Pengendalian Persediaan Bahan Baku menggunakan Metode Min-Max Stock pada Perusahaan Konveksi Giber Indo,” *J. EMT KITA*, vol. 2, no. 1 SE-Articles, pp. 47–54, doi: 10.35870/emt.v2i1.69.
- [12] C. Cahyani and W. Kartika, “Pengendalian persediaan minimum dan maksimum untuk maintenance, repair dan operation stock,” in *Prosiding Seminar Nasional Manajemen Industri dan Rantai Pasok*, Unit Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (UPPM) Politeknik APP Jakarta, 2015, pp. 230–237.
- [13] S. Arikunto, “Prosedur penelitian suatu pendekatan praktek,” (*No Title*), 2010.
- [14] M. M. Ir Syofian Siregar, *Metode Pemilihan Kuantitatif: Dilengkapi Dengan Perbandingan Perhitungan Manual & SPSS*. Prenada Media, 2017.
- [15] H. Andriani *et al.*, “Metode penelitian kualitatif & kuantitatif,” 2020.
- [16] D. Sugiyono, “Metode penelitian kualitatif,” 2022.
- [17] J. Heizer and B. Render, “Manajemen Operasi, Salemba Empat,” 2015, *Jakarta*.
- [18] R. E. Indrajit, “Djokopranoto. Konsep Manajemen Supply Chain: Strategi Mengelola Manajemen Rantai Pasokan Bagi Perusahaan Modern di Indonesia,” 2003, *Jakarta: PT. Gramedia Widiasarana*.
- [19] A. Ristono, “Manajemen Persediaan, Graha Ilmu,” 2009, *Yogyakarta*.
- [20] Y. S. Candra, “Rancangan Sistem Informasi Manajemen Inventory Pada Toko Ud Harapan Indah Surabaya,” *CALYPTRA*, vol. 3, no. 2, pp. 1–15, 2015.

- [21] I. Chatisa, I. Muslim, and R. P. Sari, "Implementasi metode klasifikasi ABC pada warehouse management system PT. Cakrawala Tunggal Sejahtera," *J. Nas. Tek. Elektro Dan Teknol. Inf.*, vol. 8, no. 2, pp. 123–134, 2019.
- [22] R. D. Reid and N. R. Sanders, *Operations management: an integrated approach*. John Wiley & Sons, 2019.
- [23] S. Mitra, M. S. Reddy, and K. Prince, "Inventory control using FSN analysis—a case study on a manufacturing industry," *Int. J. Innov. Sci. Eng. Technol.*, vol. 2, no. 4, pp. 322–325, 2015.
- [24] D. Devarajan and M. S. Jayamohan, "Stock control in a chemical firm: combined FSN and XYZ analysis," *Procedia Technol.*, vol. 24, pp. 562–567, 2016.
- [25] M. Effendy, Y. Supriya, and N. Nyuantasari, "Analysis of accounts receivable turnover inventory turnover and corporate performance against profitability," *Unity Manag. Sci. J.*, vol. 3, no. 3, 2016.
- [26] S. N. Fadlillah, A. Andreas, and Z. Zahedi, "Metode Pengendalian Persediaan Bahan Baku Crude Coconut Oil Yang Optimal Pada Pt. Pse," *Ind. Syst. Eng. Assess. J. (INASEA)-Discontinued*, vol. 9, no. 2, pp. 139–153, 2008.
- [27] M. I. Aditiana, "Pengendalian Bahan Baku Utama Menggunakan Metode Min-Max Stock Pada Coffee Shop Di Yogyakarta Untuk Optimalisasi Persediaan Bahan (Studi Kasus Di Maraville Yogyakarta)," 2018.
- [28] I. N. Pujawan and M. Er, *Supply chain management edisi 3*. Penerbit Andi, 2017.
- [29] I. Alomar and D. Nikita, "Managing operational efficiency and reducing aircraft downtime by optimization of aircraft on-ground (aog) processes for air operator," *Appl. Sci.*, vol. 15, no. 9, p. 5129, 2025.
- [30] D. T. K. Ningrum, "Evaluasi Pengendalian Persediaan Bahan Baku UPVC Dengan Perbandingan Metode EOQ, POQ, dan Min-Max Pada PT. XYZ," *Ind. Eng. Online J.*, vol. 11, no. 3, 2022.
- [31] R. Anggraini and L. A. Salmia, "Pengendalian Persediaan Material Menggunakan Metode Economic Order Quantity Dan Metode Min Max Stock Pada Ukm Csh Rengganis," *J. Valtech*, vol. 7, no. 1, pp. 54–59, 2024.
- [32] M. Djunaidi, E. Setiawan, and F. W. Andista, "Penentuan jumlah produksi dengan aplikasi metode fuzzy–mamdani," *J. Ilm. Tek. Ind.*, vol. 4, no. 2, pp. 95–104, 2005.
- [33] G. H. Pramono, "Akurasi metode IDW dan kriging untuk interpolasi sebaran sedimen tersuspensi di Maros, Sulawesi Selatan," in *Forum geografi*, 2008, pp. 145–158.