

PENGENDALIAN PERSEDIAAN INTERMITTENT DEMAND BERBASIS FSN DAN CROSTON-TSB

INVENTORY CONTROL FOR INTERMITTENT DEMAND BASED ON FSN AND CROSTON-TSB

Sasha Safira Nuraini¹, Indra Gita Anugrah², Widyasari Puspa Permata Witra³

Program Studi Sistem Informasi, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Gresik^{1,2,3}

sashasafira@umg.ac.id¹

ABSTRACT

Inventory management inefficiencies at PT XYZ Cirebon warehouse are caused by reactive procurement practices and intermittent demand patterns, resulting in both overstock and understock conditions. This study aims to classify products using FSN analysis based on Turnover Ratio (TOR) and Days of Inventory (DOI), develop an integrated inventory control policy through Croston-TSB forecasting, and determine safety stock, Reorder Point (ROP), and cycle count schedules to reduce inventory imbalance risks and improve warehouse operational efficiency. The dataset consisted of 1,818 daily inventory records covering nine cement and mortar products from January to July 2025. The FSN analysis classified six products as Fast Moving and three as Slow Moving. All active products exhibited intermittent demand characteristics, with the best forecasting accuracy achieved by Semen PCC Zak 40KG, yielding a relative Mean Absolute Error (rel_MAE) of 24.16%. The three main Fast Moving products accounted for more than 94% of total demand and were identified as the primary focus of inventory control policies. Meanwhile, Slow Moving products were assigned specific safety stock and ROP policies to prevent overstock situations caused by lower inventory turnover. The proposed integrated approach enables inventory decisions to be tailored to product movement characteristics, thereby supporting more effective and efficient warehouse inventory management.

Keywords: FSN, Croston-TSB, Intermittent Demand, Safety Stock, Reorder Point

ABSTRAK

Ketidakefisienan pengelolaan persediaan di gudang PT XYZ Cirebon disebabkan oleh proses pengadaan yang reaktif dan pola intermittent demand yang mengakibatkan overstock dan understock. Penelitian ini bertujuan mengklasifikasikan produk menggunakan analisis FSN berbasis TOR dan DOI, merancang kebijakan persediaan terpadu melalui peramalan Croston-TSB, serta menetapkan safety stock, Reorder Point (ROP), dan jadwal cycle count guna menekan risiko ketidakseimbangan stok dan meningkatkan efisiensi operasional gudang. Data terdiri dari 1.818 catatan stok harian 9 produk semen dan mortar periode Januari–Juli 2025. Hasil FSN menunjukkan 6 produk Fast Moving dan 3 Slow Moving. Seluruh produk aktif berpola intermittent, dengan akurasi terbaik pada Semen PCC Zak 40KG (rel_MAE 24,16%). Tiga produk Fast Moving utama menyumbang lebih dari 94% total permintaan dan menjadi prioritas utama kebijakan pengendalian stok, sementara produk Slow Moving tetap memperoleh kebijakan safety stock dan ROP tersendiri guna mencegah overstock akibat rendahnya perputaran persediaan.

Kata Kunci: FSN, Croston-TSB, Intermittent Demand, Safety Stock, Reorder Point

PENDAHULUAN

Gudang merupakan komponen strategis dalam sistem logistik perusahaan yang berfungsi tidak hanya sebagai tempat penyimpanan, tetapi juga sebagai pusat pengendalian persediaan guna menjaga stabilitas pasokan dan kelancaran distribusi. Pengelolaan gudang yang efektif memungkinkan penyediaan barang dalam jumlah dan waktu yang tepat, sehingga berpengaruh langsung terhadap efisiensi operasional dan kualitas layanan.

Sebaliknya, pengelolaan yang buruk berdampak pada keterlambatan distribusi, pembengkakan biaya, dan penurunan kepuasan pelanggan (Aisyah Rahayu & D. Djakman, 2023). Dalam industri distribusi bahan bangunan seperti semen, tantangan pengelolaan gudang menjadi semakin kompleks karena pola permintaan yang tidak teratur dimana sebagian produk mengalami lonjakan permintaan pada periode tertentu, sementara di periode lain sama sekali tidak terjual. Kondisi ini

dikenal sebagai *intermittent demand*, dan menjadi sumber utama ketidakseimbangan persediaan yang sulit dikendalikan dengan metode konvensional.

Intermittent demand atau permintaan terputus-putus ditandai oleh periode-periode tanpa permintaan (*zero demand*) yang diselingi oleh permintaan sporadis dengan besaran yang bervariasi (E et al., 2022). Karakteristik ini menyebabkan metode peramalan standar gagal menghasilkan estimasi yang akurat, sehingga kebijakan pengadaan yang didasarkan pada metode tersebut rentan menghasilkan dua kondisi ekstrem: *overstock* dan *understock*. *Overstock* terjadi ketika pengadaan dilakukan secara berlebihan pada periode tanpa permintaan, sehingga barang mengendap di gudang dalam waktu lama, mengikat modal kerja, memperbesar biaya penyimpanan, dan meningkatkan risiko kerusakan atau kedaluwarsa stok. Sebaliknya, *understock* terjadi ketika permintaan tiba-tiba melonjak sementara persediaan tidak mencukupi, yang berujung pada *stockout*, kegagalan pemenuhan pesanan, dan hilangnya kepercayaan pelanggan. Kedua kondisi ini secara langsung meningkatkan total biaya persediaan sekaligus menurunkan tingkat layanan (*service level*) kepada konsumen.

Kondisi ini terjadi secara nyata pada PT XYZ, perusahaan distribusi semen di Cirebon, di mana proses pengadaan masih bersifat reaktif tanpa dukungan perencanaan berbasis data historis. Permata Witra & Subriadi (2022) menegaskan bahwa keputusan operasional yang akurat membutuhkan data terstruktur dan sistem informasi yang andal. Kurangnya koordinasi antara kantor pusat dan gudang, serta pola permintaan yang *intermittent* pada berbagai jenis produk semen, memperparah ketidakseimbangan persediaan. Sebagian produk menumpuk di gudang tanpa perputaran memadai, sementara produk lain justru habis sebelum pengadaan berikutnya tiba. Kondisi ini menciptakan tekanan ganda: biaya simpan (*holding cost*) membengkak akibat stok

yang mengendap, sekaligus potensi kehilangan pendapatan akibat *stockout* yang tidak terdeteksi lebih awal (Zheng et al., 2023).

Untuk mengidentifikasi kelompok produk yang rentan terhadap kondisi tersebut, diperlukan klasifikasi persediaan yang tepat. Analisis FSN (*Fast, Slow, Non-Moving*) berbasis *Turn Over Ratio* (TOR) memungkinkan penetapan prioritas pengelolaan yang berbeda pada setiap kelompok produk, sehingga penggunaan sumber daya menjadi lebih terarah dan efisien (Arifin et al., 2023). Produk dengan kategori *slow-moving* dan *non-moving* justru kerap menjadi penyumbang terbesar masalah *overstock*, karena pengadaannya tidak mengikuti ritme permintaan aktual. Pendekatan klasifikasi FSN juga banyak digunakan untuk meningkatkan efektivitas pengendalian persediaan dan mendukung pengambilan keputusan di Gudang (Putri & Krisnawati, 2024). Metode FSN terbukti pula membantu optimalisasi tata letak dan aliran barang sehingga meningkatkan efisiensi operasional secara keseluruhan (Arini, 2024). Dengan demikian, klasifikasi FSN bukan sekadar alat kategorisasi, melainkan pintu masuk untuk mengidentifikasi produk-produk dengan pola permintaan *intermittent* yang memerlukan pendekatan peramalan khusus.

Permasalahan inti dari *intermittent demand* adalah ketidakmampuan metode peramalan konvensional dalam menangkap pola permintaan yang sporadis. Metode *time series* seperti ARIMA terbukti akurat pada pola permintaan stabil (Muzakki et al., 2022) namun, metode ini memiliki keterbatasan mendasar dalam menangani data dengan banyak nilai nol dan pola tidak stabil sehingga proyeksi yang dihasilkan tidak mencerminkan kebutuhan aktual pada kondisi *intermittent demand*.

Metode Croston (1972) dikembangkan khusus untuk menangani kondisi ini dengan memisahkan estimasi interval antar-permintaan dan besaran permintaan secara independen, kemudian disempurnakan oleh (Teunter et al., 2011)

melalui Croston-TSB yang menambahkan mekanisme pembaruan bobot probabilitas permintaan. Pendekatan ini menghasilkan estimasi yang lebih responsif terhadap perubahan pola intermitten dan mampu mengurangi bias ramalan yang lazim terjadi pada metode konvensional. Dalam penelitian ini, istilah *intermittent demand* digunakan dalam pengertian luas sebagaimana Croston (1972) dan Teunter et al. (2011) mendefinisikannya, yaitu mencakup seluruh pola permintaan yang mengandung periode tanpa transaksi (*zero demand*), termasuk pola *erratic* dan *lumpy* berdasarkan klasifikasi Syntetos & Boylan (2005).

Peramalan yang akurat saja tidak cukup apabila tidak disertai kebijakan pengendalian persediaan yang operasional. Komponen penting lainnya adalah penetapan *safety stock* dan *Reorder Point* (ROP) sebagai mekanisme buffer untuk mengantisipasi ketidakpastian permintaan selama *lead time* (Ronald H. Ballou, 2004). Penentuan *safety stock* yang tepat per produk menjadi kunci untuk menghindari terjadinya *understock* atau memperburuk *overstock* dan *holding cost*. Oleh karena itu, integrasi antara klasifikasi produk, peramalan berbasis karakteristik permintaan, dan kebijakan persediaan yang terkalkulasi menjadi kebutuhan yang mendesak.

Berbagai studi telah membahas analisis FSN, peramalan *intermittent demand*, serta kebijakan persediaan secara terpisah. Perkembangan metode komputasi dalam pengolahan dan pencarian informasi berbasis data telah membuka peluang penerapan pendekatan analitik yang lebih terstruktur di berbagai domain, termasuk dalam pengelolaan data operasional gudang (Anugrah, 2021). Integrasi klasifikasi FSN, peramalan *intermittent demand* menggunakan Croston-TSB, serta penentuan *safety stock* dan ROP dalam satu kerangka pengendalian persediaan masih terbatas, khususnya pada industri distribusi bahan bangunan di Indonesia. Sebagian besar penelitian sebelumnya hanya

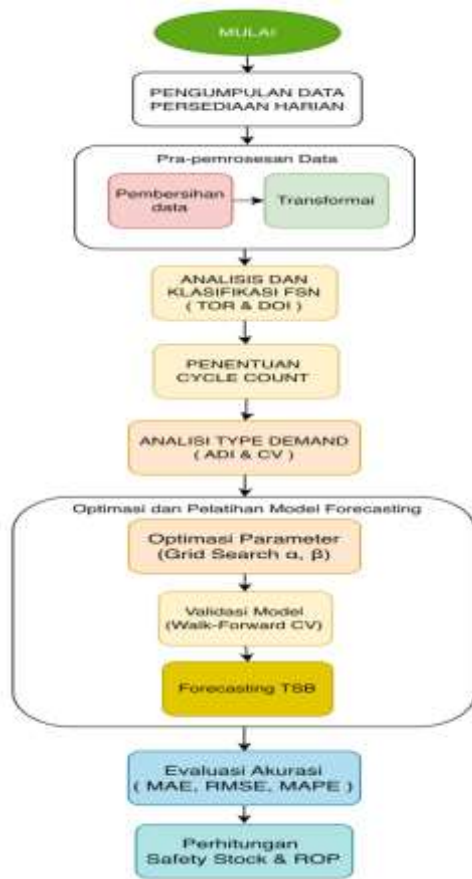
berfokus pada salah satu aspek, sehingga belum menyediakan pendekatan terpadu untuk mengatasi permasalahan *overstock* dan *understock* secara menyeluruh.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan mengklasifikasikan produk semen menggunakan analisis FSN berbasis TOR dan DOI, sekaligus merancang kebijakan persediaan terpadu yang mencakup peramalan permintaan 30 hari ke depan dengan metode Croston-TSB, penetapan *safety stock* dan ROP, serta penjadwalan *cycle count* per kelas produk. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi landasan pengelolaan gudang yang lebih sistematis dan berbasis data di PT XYZ, sehingga secara langsung menekan risiko *overstock* dan *understock* akibat *intermittent demand* serta mendukung efisiensi operasional dan kelancaran distribusi semen ke wilayah Cirebon.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif berbasis data transaksi harian gudang PT XYZ di Cirebon. Data yang digunakan mencakup 1.818 baris catatan stok harian dari 9 produk semen dan mortar selama periode 1 Januari 2025 hingga 21 Juli 2025, yang bersumber dari sistem informasi internal gudang dan disimpan pada basis data PostgreSQL. Pipeline analitik dikembangkan menggunakan bahasa pemrograman Python dengan koneksi langsung ke database.

Gambar 1 menyajikan alur metodologi penelitian secara lengkap, mulai dari pengumpulan data hingga penyusunan kebijakan persediaan terpadu.



Gambar 1. Metodologi Penelitian

Preprocessing Data

Preprocessing meliputi pembersihan nilai kosong, verifikasi konsistensi stok, penghapusan nilai *sell-out* negatif dan duplikasi tanggal, serta penyusunan *time series* harian per produk

FSN berdasarkan DOI & TOR

Analisis FSN (*Fast, Slow, Non-Moving*) digunakan untuk mengelompokkan produk berdasarkan tingkat pergerakan persediaan dengan menggunakan indikator *Turnover Rate* (TOR) dan *Days of Inventory* (DOI)

Nilai TOR dihitung menggunakan Persamaan 1.

$$TOR = \frac{\text{Total Sell Out}}{\text{Rata-rata persediaan}} \quad (1)$$

Untuk DOI dihitung menggunakan Persamaan (2).

$$DOI = \frac{\text{Periode Pengamatan}}{TOR} \quad (2)$$

Pada penelitian ini, produk diklasifikasikan sebagai *Fast Moving* jika memiliki $TOR >$

$3,0$ dan $DOI \leq 50$ hari, *Slow Moving* jika memiliki $TOR \geq 1,0$ dan $DOI \leq 150$ hari, serta *Non-Moving* jika tidak memenuhi kedua kriteria tersebut atau tidak memiliki transaksi keluar selama periode pengamatan. Hasil klasifikasi FSN selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam pengendalian persediaan dan penentuan frekuensi *cycle counting*.

Penentuan Frekuensi Cycle Count

Penentuan frekuensi *cycle count* dilakukan berdasarkan hasil klasifikasi FSN (*Fast, Slow, Non-Moving*). Pendekatan ini mengacu pada konsep *Activity-Based Cycle Counting*, yaitu frekuensi penghitungan fisik persediaan disesuaikan dengan tingkat pergerakan barang. Produk dengan tingkat pergerakan yang lebih tinggi memerlukan frekuensi penghitungan yang lebih sering dibandingkan produk dengan tingkat pergerakan yang rendah untuk menjaga akurasi data persediaan dan mendukung pengendalian stok yang efektif (Hudori & Tarigan, 2019; Santoso et al., 2025).

Kategori *Fast Moving* ditetapkan 24 kali per tahun (setiap 15 hari), *Slow Moving* 4 kali per tahun (setiap 91 hari), dan *Non-Moving* 2 kali per tahun (setiap 182 hari). Penetapan frekuensi tersebut dilakukan untuk memberikan tingkat pengawasan yang lebih tinggi pada produk dengan perputaran persediaan yang cepat serta mengurangi risiko terjadinya ketidaksesuaian stok (Wild, 2017).

Analisis Type Demand

Analisis karakteristik demand dilakukan untuk mengidentifikasi pola permintaan setiap produk sebelum proses forecasting. Identifikasi pola demand menggunakan dua parameter, yaitu *Average Demand Interval* (ADI) dan *Coefficient of Variation Squared* (CV^2). ADI digunakan untuk mengukur rata-rata interval antar permintaan, sedangkan CV^2 digunakan untuk mengukur tingkat variasi permintaan yang terjadi. Klasifikasi ini penting karena karakteristik demand yang

berbeda memerlukan pendekatan forecasting yang berbeda pula (Syntetos & Boylan, 2005). Nilai ADI dihitung menggunakan Persamaan (3).

$$ADI = \frac{\text{Total Hari}}{\text{Hari dengan Demand}} \quad (3)$$

Nilai CV² dihitung menggunakan Persamaan (4).

$$CV^2 = (\sigma / \mu)^2 \quad (4)$$

Keterangan:

- CV² = *Coefficient of Variation Squared*
- σ = standar deviasi permintaan non-zero
- μ = rata-rata permintaan non-zero

Berdasarkan nilai ADI dan CV², pola permintaan diklasifikasikan menjadi empat kategori sesuai klasifikasi yang dikemukakan oleh Syntetos & Boylan (2005), sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Type Demand

Kategori	Kriteria	CV ²
Smooth	ADI ≤ 1,32	CV ² ≤ 0,49
Erratic	ADI ≤ 1,32	CV ² > 0,49
Intermittent	ADI > 1,32	CV ² ≤ 0,49
Lumpy	ADI > 1,32	CV ² > 0,49

Hasil klasifikasi ini digunakan sebagai dasar dalam menentukan metode forecasting yang sesuai dengan karakteristik permintaan masing-masing produk.

Forecasting TSB (Teunter-Syntetos-Babai)

Forecasting dilakukan menggunakan metode *Teunter-Syntetos-Babai* (TSB) untuk memprediksi permintaan produk selama 30 hari ke depan. Metode TSB merupakan pengembangan dari metode Croston yang dirancang untuk menangani pola *intermittent demand*, yaitu permintaan yang terjadi secara tidak teratur dan sering mengandung periode tanpa permintaan. Berbeda dengan metode Croston yang hanya memperbarui ukuran permintaan, metode TSB memperbarui dua komponen secara terpisah, yaitu ukuran permintaan (*demand size*) dan probabilitas terjadinya permintaan (*demand probability*) (Teunter et al., 2011).

$$\lambda_0 = n_{demand} / n_{total} \quad (5)$$

Keterangan:

- λ_0 = probabilitas awal permintaan
- n_{demand} = jumlah periode dengan permintaan positif
- n_{total} = jumlah total periode pengamatan

Ketika terjadi permintaan ($d_t > 0$), ukuran permintaan dan probabilitas permintaan diperbarui menggunakan Persamaan (6) dan (7).

Ukuran permintaan:

$$z_t = \alpha d_t + (1 - \alpha)z_{t-1} \quad (6)$$

Probabilitas permintaan:

$$\lambda_t = \beta(1) + (1 - \beta)\lambda_{t-1} \quad (7)$$

Ketika tidak terjadi permintaan ($d_t = 0$), ukuran permintaan tetap menggunakan persamaan (8), sedangkan probabilitas permintaan diperbarui menggunakan Persamaan (9).

$$z_t = z_{t-1} \quad (8)$$

$$\lambda_t = (1 - \beta)\lambda_{t-1} \quad (9)$$

Nilai ramalan pada setiap periode dihitung sebagai hasil perkalian antara probabilitas permintaan dan ukuran permintaan menggunakan persamaan 10.

$$f_t = \lambda_t \times z_t \quad (10)$$

Keterangan:

- f_t = nilai forecast periode ke-t
- z_t = estimasi ukuran permintaan
- λ_t = estimasi probabilitas permintaan
- d_t = permintaan aktual periode ke-t
- α = parameter smoothing ukuran permintaan
- β = parameter smoothing probabilitas permintaan

Untuk memperoleh parameter optimal, dilakukan proses *grid search* terhadap parameter α dan β menggunakan 14 kandidat nilai dalam rentang 0,01 hingga 0,90, menghasilkan 196 kombinasi parameter yang diuji pada setiap produk.

Proses kalibrasi parameter dilakukan menggunakan *Walk-Forward Cross Validation* sebanyak 5 *fold* dengan *test window* selama 7 hari pada setiap *fold*. Pada setiap iterasi, model dilatih menggunakan data historis yang tersedia dan diuji pada periode berikutnya untuk mempertahankan urutan waktu data. Kinerja setiap

kombinasi parameter dievaluasi menggunakan *Mean Absolute Error* (MAE), kemudian pasangan parameter (α^* , β^*) dengan nilai MAE rata-rata terkecil dipilih sebagai parameter optimal. Pendekatan ini digunakan untuk menghindari *data leakage* dan menghasilkan parameter yang lebih representatif terhadap kondisi aktual.

Setelah diperoleh parameter optimal, model TSB dibangun kembali menggunakan seluruh data historis dan digunakan untuk menghasilkan peramalan permintaan selama 30 hari ke depan. Hasil forecasting selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam perhitungan *Safety Stock* dan *Reorder Point* (ROP).

Evaluasi Hasil Akurasi

Evaluasi akurasi dilakukan menggunakan *hold-out validation* (70% *training*, 30% *testing*) dengan parameter optimal hasil kalibrasi dari data pelatihan. Kinerja model dievaluasi menggunakan *Mean Absolute Error* (MAE) sebagai metrik utama karena mampu mengukur rata-rata besarnya kesalahan prediksi dalam satuan yang sama dengan data aktual. Selain itu, digunakan *Relative Mean Absolute Error* (rel_MAE) untuk menormalisasi nilai MAE terhadap rata-rata permintaan sehingga hasil evaluasi dapat dibandingkan antar produk dengan skala permintaan yang berbeda. Sebagai informasi tambahan, digunakan pula *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) untuk menggambarkan besarnya kesalahan prediksi dalam bentuk persentase.

Nilai MAE dihitung menggunakan Persamaan (11).

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |A_t - F_t| \quad (11)$$

Nilai *Relative Mean Absolute Error* dihitung menggunakan Persamaan (12).

$$rel_MAE = \frac{MAE}{\bar{A}} \times 100\% \quad (12)$$

Nilai MAPE dihitung menggunakan Persamaan (13).

$$MAPE = \frac{100\%}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{A_t - F_t}{A_t} \right| \quad (13)$$

Keterangan:

- A_t = nilai aktual pada periode ke-t

- F_t = nilai hasil forecasting pada periode ke-t
- n = jumlah periode pengamatan
- \bar{A} = rata-rata permintaan actual

Pada penelitian ini, interpretasi tingkat akurasi model didasarkan pada nilai *rel_MAE* karena metrik tersebut lebih representatif untuk membandingkan performa forecasting antar produk dengan volume permintaan yang berbeda.

Perhitungan Safety Stock dan Reorder point

Perhitungan *Safety Stock* dan *Reorder Point* (ROP) dilakukan untuk menentukan jumlah persediaan pengaman dan titik pemesanan ulang yang diperlukan guna mengurangi risiko *stockout* selama waktu tunggu (*lead time*). Menurut Ballou (2004), *Safety Stock* digunakan sebagai cadangan persediaan untuk mengantisipasi ketidakpastian permintaan maupun keterlambatan pasokan.

Nilai *Safety Stock* dihitung menggunakan Persamaan (14).

$$SS = Z \times \sigma \times \sqrt{LT} \quad (14)$$

Keterangan:

- SS = *Safety Stock*
- Z = nilai *service level* (1,645 untuk tingkat layanan 95%)
- σ = standar deviasi permintaan harian
- LT = *lead time* (hari)

Pada penelitian ini, *lead time* diasumsikan selama 3 hari dan nilai standar deviasi dihitung berdasarkan data permintaan harian selama periode pengamatan, termasuk periode tanpa permintaan (*zero demand*). Untuk menghindari nilai *Safety Stock* yang terlalu besar akibat adanya *outlier* atau fluktuasi permintaan yang ekstrem, diterapkan batas maksimum (*cap*) sebesar 30 kali rata-rata permintaan harian. Batasan ini digunakan sebagai kebijakan penelitian untuk menjaga nilai persediaan pengaman tetap realistis dan sesuai dengan kondisi operasional gudang.

Selanjutnya, nilai *Reorder Point* (ROP) dihitung menggunakan Persamaan (15).

$$ROP = (\bar{D} \times LT) + SS \quad (15)$$

Keterangan:

- ROP = *Reorder Point*
- \bar{D} = rata-rata permintaan harian
- LT = *lead time* (hari)
- SS = *Safety Stock*

Nilai ROP menunjukkan tingkat persediaan yang menjadi pemicu dilakukannya pemesanan ulang agar kebutuhan pelanggan tetap dapat dipenuhi selama periode *lead time*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Analisis dan Klasifikasi Produk FSN

Analisis FSN dilakukan terhadap 9 produk semen dan mortar di Gudang Cirebon dengan data observasi periode Januari–Juli 2025 (200 hari kerja). Hasil klasifikasi berdasarkan TOR dan DOI disajikan pada Tabel 2

Hasil analisis FSN menunjukkan bahwa dari 9 produk yang diamati, sebanyak 6 produk (66,67%) termasuk kategori Fast Moving dan 3 produk (33,33%) termasuk kategori Slow Moving. Tidak terdapat produk yang masuk kategori Non-Moving pada data yang ditampilkan. Dominasi produk Fast Moving menunjukkan bahwa sebagian besar produk memiliki tingkat perputaran persediaan yang relatif tinggi dan aktif bergerak selama periode pengamatan.

Tabel 2. Klasifikasi FSN Produk

Produk	Kelas FSN	TOR	DOI (hari)	Total Sell-Out
semen gresik pcc - 50kg	Fast	39.87	5.1	97.690
semen dynamix serbaguna - 50kg	Fast	30.89	6.5	35.538
semen pcc zak 40kg dyx mdk	Fast	14.74	14.9	7.935
semen pcc zak 50kg dyx mdk	Fast	10.52	21.9	92.789
semen pcc zak 50kg sg mdk	Fast	7.24	27.9	2.764
semen padang pcc - 50kg	Fast	6.76	29.9	2.050
semen pcc mdk sg 40kg kraft 2p	Slow	2.63	76.7	193
mortar d-1 prkt bata ringan-40kg-rtl	Slow	2.56	78.9	282
semen padang pcc - 40kg	Slow	2.30	99.8	380

Kelompok *Fast Moving* didominasi oleh produk semen kemasan 50 kg. Produk

SEMEN GRESIK PCC – 50KG memiliki nilai TOR tertinggi sebesar 39,87 dengan DOI 5,1 hari, yang menunjukkan tingkat perputaran persediaan yang sangat cepat. Selain itu, SEMEN PCC ZAK 50KG DYX MDK mencatat volume penjualan tertinggi dengan total *sell-out* 92.789 unit, sehingga dapat dianggap sebagai salah satu produk utama dalam aktivitas distribusi gudang. Temuan ini sejalan dengan konsep FSN yang menyatakan bahwa sebagian kecil item biasanya menyumbang sebagian besar aktivitas pergerakan persediaan (Hudori & Tarigan, 2019).

Sementara itu, kategori Slow Moving terdiri atas SEMEN PCC MDK SG 40KG KRAFT 2P, MORTAR D-1 PRKT BATA RINGAN 40KG RTL, dan SEMEN PADANG PCC – 40KG. Ketiga produk tersebut memiliki nilai TOR antara 2,30 hingga 2,63 kali per tahun dengan DOI berkisar 76,7 hingga 99,8 hari. Nilai DOI yang relatif tinggi menunjukkan bahwa produk membutuhkan waktu yang lebih lama untuk berputar dibandingkan kelompok Fast Moving. Meskipun masih mengalami transaksi penjualan, laju pergerakan yang lebih rendah mengindikasikan perlunya pengelolaan persediaan yang lebih hati-hati agar tidak terjadi penumpukan stok yang dapat meningkatkan biaya penyimpanan dan menurunkan efisiensi pemanfaatan ruang gudang.

Secara keseluruhan, hasil klasifikasi FSN memberikan dasar yang kuat dalam penyusunan kebijakan pengendalian persediaan berdasarkan karakteristik pergerakan masing-masing produk. Produk Fast Moving memerlukan tingkat ketersediaan stok yang lebih tinggi serta frekuensi pemantauan dan penghitungan persediaan yang lebih sering karena berkontribusi besar terhadap aktivitas distribusi. Sebaliknya, produk Slow Moving dapat diberikan frekuensi pengawasan yang lebih rendah dengan tetap memperhatikan tingkat permintaan aktual agar persediaan tetap berada pada tingkat yang optimal. Dengan demikian, penerapan

klasifikasi FSN tidak hanya membantu mengidentifikasi pola pergerakan persediaan, tetapi juga mendukung pengambilan keputusan yang lebih efektif dalam pengelolaan stok dan peningkatan efisiensi operasional gudang (Witra, 2023).

Frekuensi Cycle Count

Tabel 3. Ringkasan Frekuensi Cycle Count

Kategori FSN	Jumlah Produk	Frekuensi/Tahun	Interval
Fast Moving	6	24	15 hari
Slow Moving	3	4	91 hari
Total	9	-	-

Berdasarkan hasil klasifikasi FSN, frekuensi *cycle count* ditetapkan menggunakan pendekatan *Activity-Based Cycle Counting*, yaitu frekuensi penghitungan fisik disesuaikan dengan tingkat pergerakan persediaan. Hasil penentuan frekuensi menunjukkan bahwa 6 produk kategori *Fast Moving* dijadwalkan untuk dilakukan *cycle count* sebanyak 24 kali per tahun atau setiap 15 hari. Frekuensi yang lebih tinggi diberikan karena produk-produk tersebut memiliki tingkat perputaran persediaan yang tinggi sehingga lebih rentan terhadap ketidaksesuaian stok akibat aktivitas transaksi yang intensif.

Selanjutnya, 3 produk kategori *Slow Moving* ditetapkan untuk dilakukan *cycle count* sebanyak 4 kali per tahun atau setiap 91 hari. Frekuensi ini dianggap memadai karena produk masih mengalami pergerakan persediaan, namun dengan tingkat aktivitas yang lebih rendah dibandingkan kategori *Fast Moving*. Frekuensi yang lebih rendah diberikan karena produk tidak menunjukkan adanya transaksi keluar selama periode pengamatan sehingga tidak memerlukan pengawasan persediaan seintensif kategori lainnya.

Distribusi frekuensi *cycle count* menunjukkan bahwa sebagian besar sumber daya pengendalian persediaan difokuskan pada produk *Fast Moving* yang menjadi kontributor utama pergerakan barang di gudang. Pendekatan ini

diharapkan dapat meningkatkan akurasi data persediaan, mengurangi risiko selisih stok, serta mengoptimalkan penggunaan waktu dan tenaga dalam kegiatan penghitungan fisik persediaan.

Analisis Karakteristik Demand Intermittent

Karakteristik permintaan produk dianalisis menggunakan klasifikasi *Syntetos-Boylan* melalui parameter *Average Demand Interval* (ADI) dan *Coefficient of Variation Squared* (CV²). ADI digunakan untuk mengukur rata-rata interval antar permintaan, sedangkan CV² digunakan untuk mengukur tingkat variasi ukuran permintaan ketika permintaan terjadi. Semakin tinggi nilai ADI, semakin jarang permintaan muncul dalam suatu periode pengamatan.

Berdasarkan hasil perhitungan pada Tabel 4, seluruh produk aktif memiliki nilai ADI > 1,32 yang menunjukkan pola *intermittent demand*, yaitu permintaan yang tidak terjadi secara kontinu setiap hari. Dari sembilan produk yang dianalisis, delapan produk termasuk kategori *Erratic*, sedangkan **SEMEN PADANG PCC – 40KG** termasuk kategori *Lumpy* dengan nilai ADI sebesar 57,50. Kategori *Erratic* menunjukkan permintaan yang tidak teratur dengan variasi yang tinggi, sedangkan kategori *Lumpy* menunjukkan permintaan yang sangat jarang muncul dengan ukuran permintaan yang berfluktuasi besar.

Tabel 4. Nilai ADI & CV²

Produk	Tipe Demand	ADI	CV ²
Semen Gresik Pcc - 50kg	Erratic	1.36	0.229
Dynamix Semen Serbaguna - 50kg	Erratic	1.44	0.274
Semen Pcc Zak 40kg Dyx Mdk	Erratic	3.44	0.422
Semen Pcc Zak 50kg Dyx Mdk	Erratic	1.69	0.482
Semen Pcc Zak 50kg Sg Mdk	Erratic	1.87	0.211
Semen Padang Pcc - 50kg	Erratic	1.82	0.237
Semen Pcc Mdk Sg 40 Kg Kraft 2p	Erratic	1.57	0.238
Mortar D-1 Prkt Bata Ringan-40kg-Rtl	Erratic	1.80	0.261

Semen Padang Pcc - 40kg	Lumpy	57.50	0.550
----------------------------	-------	-------	-------

Hasil klasifikasi menunjukkan bahwa seluruh produk memiliki karakteristik intermittent demand, sehingga penggunaan metode forecasting konvensional berpotensi menghasilkan estimasi yang bias karena mengasumsikan permintaan terjadi secara kontinu. Menurut Croston (1972), data dengan banyak periode tanpa permintaan perlu dimodelkan dengan memisahkan interval kemunculan permintaan dan ukuran permintaannya. Pendekatan tersebut kemudian disempurnakan oleh Teunter et al. (2011) melalui metode Croston-TSB yang memperbarui probabilitas terjadinya permintaan secara langsung, sehingga lebih sesuai untuk memodelkan pola permintaan sporadis yang ditemukan pada produk-produk dalam penelitian ini.

Kalibrasi Parameter Croston-TSB

Proses kalibrasi parameter Croston-TSB dilakukan pada setiap produk. Kalibrasi dilakukan menggunakan Grid Search terhadap 196 kombinasi parameter α dan β dengan rentang nilai 0,01–0,90. Evaluasi setiap kombinasi dilakukan menggunakan metode Walk-Forward Cross Validation sebanyak lima fold untuk memperoleh parameter yang menghasilkan kesalahan peramalan terkecil pada data historis.

Hasil kalibrasi menunjukkan bahwa setiap produk memiliki kombinasi parameter optimal yang berbeda. Sebagai contoh, produk SEMEN GRESIK PCC – 50KG memperoleh nilai $\alpha^*=0,01$ dan $\beta^*=0,01$. Nilai tersebut menunjukkan bahwa model menggunakan tingkat smoothing yang tinggi sehingga lebih menekankan pola historis jangka panjang dibandingkan perubahan permintaan terbaru. Kondisi ini sesuai dengan karakteristik produk yang memiliki frekuensi permintaan relatif lebih stabil dibandingkan produk lainnya.

Tabel 5. Hasil kalibrasi parameter Croston-TSB

Produk	α (Alpha)	β (Beta)	MAE-CV
Semen Gresik Pcc - 50kg	0.01	0.01	325.93
Semen Dynamix Serbaguna - 50kg	0.01	0.01	116.31
Semen Pcc Zak 40kg Dyx Mdk	0.90	0.10	13.85
Semen Pcc Zak 50kg Dyx Mdk	0.01	0.70	326.24
Semen Pcc Zak 50kg Sg Mdk	0.90	0.70	14.87
Semen Padang Pcc - 50kg	0.90	0.05	6.54
Semen Pcc Mdk Sg 40 Kg Kraft 2p	0.01	0.01	0.46
Mortar D-1 Prkt Bata Ringan-40kg-Rtl	0.50	0.90	1.12
Semen Padang Pcc - 40kg	0.01	0.90	0.00

Sebaliknya, produk SEMEN PCC ZAK 40KG DYX MDK memperoleh nilai $\alpha^*=0,90$ yang menunjukkan bahwa model memberikan bobot yang besar pada data terbaru. Parameter yang tinggi ini mengindikasikan bahwa pola permintaan produk tersebut lebih dinamis sehingga model perlu merespons perubahan permintaan secara lebih cepat agar estimasi tetap relevan.

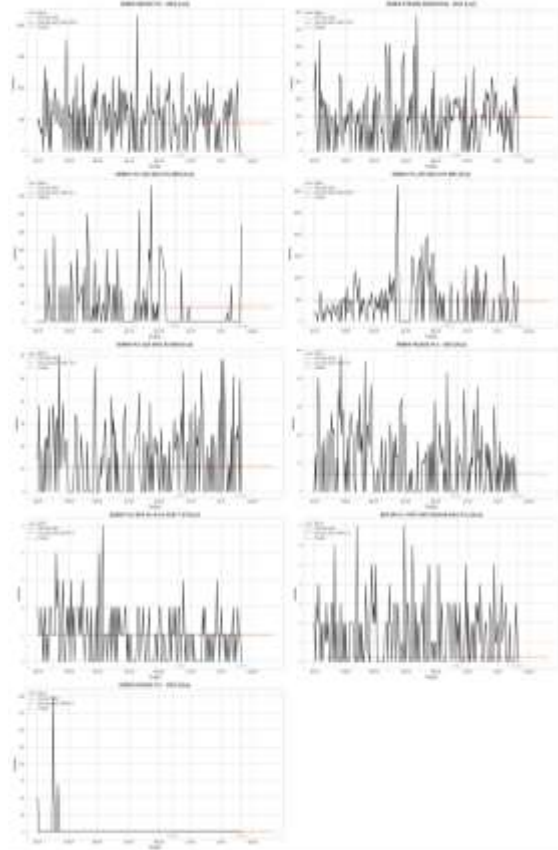
Variasi nilai parameter antar produk menunjukkan bahwa setiap SKU memiliki karakteristik permintaan yang berbeda sehingga penggunaan parameter tunggal untuk seluruh produk berpotensi menghasilkan forecast yang kurang optimal. Oleh karena itu, proses kalibrasi individual menjadi langkah penting untuk meningkatkan akurasi peramalan dan menghasilkan estimasi yang lebih sesuai dengan perilaku permintaan masing-masing produk.

Hasil Forecasting Croston-TSB

Hasil forecasting menggunakan Croston-TSB ditunjukkan pada Gambar 2. Grafik memperlihatkan perbandingan antara data aktual, hasil forecasting pada data pelatihan, hasil forecasting pada data pengujian, serta prediksi permintaan untuk 30 hari ke depan.

Berdasarkan Gambar 2 terlihat bahwa sebagian besar forecast yang dihasilkan berbentuk garis yang relatif mendatar. Kondisi ini merupakan karakteristik umum metode Croston-TSB karena model

menghitung rata-rata ukuran permintaan dan probabilitas kemunculan permintaan secara eksponensial, kemudian menggabungkan keduanya menjadi estimasi permintaan rata-rata per periode (Croston, 1972; Teunter et al., 2011).



Gambar 2. Forecasting Croston-TSB

Pada produk dengan volume permintaan yang relatif tinggi seperti **SEMEN GRESIK PCC – 50KG** dan **DYNAMIX SEMEN SERBAGUNA – 50KG**, forecast mampu mengikuti level rata-rata permintaan aktual dengan cukup baik. Namun demikian, model belum mampu memprediksi lonjakan permintaan (*spike*) yang muncul secara tiba-tiba. Hal tersebut terjadi karena lonjakan permintaan pada data intermittent bersifat acak.

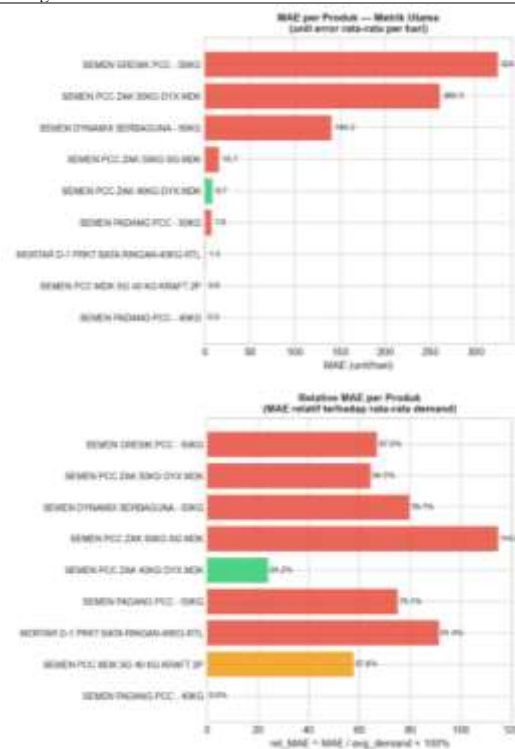
Meskipun demikian, tujuan utama Croston-TSB bukan untuk memprediksi nilai permintaan harian secara presisi, melainkan untuk menghasilkan estimasi rata-rata kebutuhan yang dapat digunakan sebagai dasar pengendalian persediaan dan mampu mengurangi risiko keputusan yang dipengaruhi fluktuasi permintaan jangka pendek (Teunter et al., 2011).

Evaluasi Hasil Forecasting

Evaluasi akurasi dilakukan pada periode test (30% data terakhir) dengan parameter (α , β) dikalibrasi ulang hanya dari data train, memastikan tidak ada data leakage. Hasil evaluasi disajikan pada Tabel 6 dan Gambar 3.

Tabel 6. Evaluasi Akurasi Croston-TSB

Produk	Tipe Demand	MAE	rel_MAE (%)	MAPE (%)
Semen Gresik Pcc - 50kg	Erratic	324.20	67.04	47.17
Semen Dynamix Serbaguna - 50kg	Erratic	140.20	79.69	55.03
Semen Pcc Zak 40kg Dyx Mdk	Erratic	8.71	24.16	100.00
Semen Pcc Zak 50kg Dyx Mdk	Erratic	260.34	64.53	97.52
Semen Pcc Zak 50kg Sg Mdk	Erratic	15.68	114.60	48.36
Semen Padang Pcc - 50kg	Erratic	7.62	75.08	32.60
Semen Pcc Mdk Sg 40kg Kraft 2p	Erratic	0.55	57.64	10.97
Mortar D-1 Prkt Bata Ringan-40kg-Rtl	Erratic	1.28	91.39	37.44
Semen Padang Pcc - 40kg	Lumpy	0.00	0.00	-



Gambar 3. Evaluasi Akurasi Croston-TSB — MAE dan Relative MAE per Produk

Berdasarkan hasil evaluasi, dari 9 produk yang dilakukan forecasting hanya satu produk yang mencapai kategori Baik, yaitu **SEMEN PCC ZAK 40KG DYX MDK** dengan nilai rel_MAE sebesar 24,16%. Produk tersebut memiliki pola

permintaan yang relatif lebih stabil dibandingkan produk lainnya sehingga model TSB mampu menghasilkan prediksi dengan tingkat kesalahan yang lebih rendah. Sementara itu, SEMEN PCC MDK SG 40 KG KRAFT 2P masuk dalam kategori Cukup dengan rel_MAE sebesar 57,64%, sedangkan tujuh produk lainnya termasuk kategori Perlu Perhatian.

Hasil ini menunjukkan bahwa peramalan pada data *intermittent demand* masih memiliki tingkat kesulitan yang tinggi karena pola permintaan cenderung tidak teratur dan mengandung banyak periode tanpa transaksi. Nilai rel_MAE yang relatif tinggi pada beberapa produk kategori *Fast Moving*, seperti SEMEN GRESIK PCC – 50KG (67,04%) dan SEMEN PCC ZAK 50KG DYX MDK (64,53%), dipengaruhi oleh tingginya variasi permintaan harian yang terjadi selama periode pengamatan. Dengan rata-rata permintaan harian yang besar, kesalahan prediksi absolut yang tinggi tidak selalu menunjukkan kinerja model yang buruk, melainkan mencerminkan fluktuasi permintaan yang memang cukup signifikan (Kourentzes, 2014; Syntetos & Boylan, 2005).

Produk SEMEN PCC ZAK 50KG SG MDK memiliki nilai rel_MAE tertinggi sebesar 114,60%, yang menunjukkan bahwa pola permintaannya sangat sulit diprediksi menggunakan model TSB. Sebaliknya, SEMEN PADANG PCC – 40KG memperoleh nilai MAE sebesar 0 karena permintaannya hanya terjadi pada satu transaksi besar di awal periode pengamatan dan tidak muncul kembali pada periode berikutnya. Pada kondisi tersebut,

model TSB menghasilkan nilai forecast yang mendekati nol sehingga sesuai dengan pola permintaan aktual yang terjadi.

Secara keseluruhan, hasil evaluasi menunjukkan bahwa metode TSB mampu digunakan untuk menangani data permintaan yang bersifat *intermittent*, meskipun tingkat akurasi berbeda pada setiap produk. Perbedaan tersebut dipengaruhi oleh karakteristik pola permintaan, frekuensi kemunculan permintaan, serta tingkat variasi permintaan masing-masing produk.

Kebijakan Persediaan Terpadu: Safety Stock, ROP, dan Cycle Count

Tabel 7 menyajikan kebijakan persediaan terpadu yang mengintegrasikan hasil analisis FSN, forecasting Croston-TSB, safety stock, ROP, dan jadwal cycle count.

Penetapan kebijakan persediaan menunjukkan perbedaan yang signifikan antar produk berdasarkan klasifikasi FSN. Produk dengan kategori *Fast Moving* mendominasi baik dari sisi safety stock maupun reorder point (ROP). Hal ini terlihat pada SEMEN PCC ZAK 50KG DYX MDK dengan safety stock sebesar 1.411 unit dan ROP sebesar 3.458 unit, serta SEMEN GRESIK PCC – 50KG dengan safety stock sebesar 1.136 unit dan ROP sebesar 3.117 unit. Tingginya nilai pada kedua produk tersebut mengindikasikan tingkat ketidakpastian permintaan yang relatif besar, sehingga diperlukan buffer stock yang lebih tinggi untuk menjaga kontinuitas ketersediaan barang selama periode lead time.

Tabel 7. Kebijakan Persediaan Gudang berdasarkan analisis

Produk	FSN	Demand	SS	ROP	Frcst	cc
Semen Gresik Pcc - 50kg	F	E	1.136	3.117	13.040	15
Semen Dynamix Serbaguna - 50kg	F	E	460	1.222	5.796	15
Semen Pcc Zak 40kg Dyx Mdk	F	E	203	575	1.200	15
Semen Pcc Zak 50kg Dyx Mdk	F	E	1.411	3.458	13.834	15
Semen Pcc Zak 50kg Sg Mdk	F	E	44	121	333	15

Semen Padang Pcc - 50kg	F	E	33	89	190	15
Semen Pcc Mdk Sg 40kg Kraft 2p	S	E	3	8	29	91
Mortar D-1 Prkt Bata Ringan- 40kg-Rtl	S	E	5	13	7	91
Semen Padang Pcc - 40kg	S	L	43	328	0	91

Produk Fast Moving lainnya seperti SEMEN DYNAMIX SERBAGUNA – 50KG dan SEMEN PCC ZAK 40KG DYX MDK juga menunjukkan pola serupa, dengan ROP masing-masing sebesar 1.222 unit dan 575 unit. Secara umum, kelompok Fast Moving memiliki kontribusi dominan terhadap total kebutuhan pengadaan, sejalan dengan hasil proyeksi permintaan 30 hari yang menunjukkan bahwa SEMEN PCC ZAK 50KG DYX MDK (13.834 unit), SEMEN GRESIK PCC – 50KG (13.040 unit), dan SEMEN DYNAMIX SERBAGUNA – 50KG (5.796 unit) merupakan tiga produk dengan estimasi permintaan tertinggi. Ketiga produk ini secara kolektif menyumbang lebih dari 94% total forecast, sehingga menegaskan bahwa fokus pengelolaan persediaan perlu diarahkan pada kelompok Fast Moving.

Sementara itu, produk dengan kategori Slow Moving menunjukkan karakteristik yang berbeda. SEMEN PCC MDK SG 40KG KRAFT 2P memiliki safety stock sebesar 3 unit dan ROP sebesar 8 unit, sedangkan SEMEN PADANG PCC – 40KG memiliki ROP yang relatif tinggi dibandingkan nilai forecast-nya yang mendekati nol. Kondisi ini mengindikasikan bahwa stok pengaman menjadi komponen utama dalam menjaga ketersediaan produk Slow Moving, meskipun kontribusi permintaannya rendah. Dalam konteks operasional, hal ini dapat menjadi bahan evaluasi lebih lanjut terkait efisiensi tingkat persediaan pada kategori tersebut, khususnya apabila terdapat kebijakan penurunan tingkat risiko stockout.

Secara keseluruhan, integrasi antara safety stock, ROP, dan hasil forecast memungkinkan pembentukan kebijakan persediaan yang lebih terstruktur dan

berbasis data. Setiap produk kini memiliki parameter pengendalian yang berbeda sesuai dengan karakteristik pergerakannya, sehingga pengelolaan gudang dapat dilakukan secara lebih adaptif dan efisien. Pendekatan ini mendukung penerapan manajemen persediaan yang lebih proaktif, di mana keputusan pengadaan tidak lagi bersifat reaktif, melainkan berdasarkan sinyal kuantitatif dari sistem peramalan dan klasifikasi pergerakan barang.

SIMPULAN

Penelitian ini menjawab permasalahan ketidakseimbangan persediaan di PT XYZ Cirebon yang selama ini disebabkan oleh pola *intermittent demand* dan proses pengadaan yang bersifat reaktif tanpa dukungan data historis. Melalui integrasi analisis FSN, peramalan Croston-TSB, *safety stock*, dan *Reorder Point (ROP)* dalam satu *pipeline* analitik berbasis data harian

Analisis FSN terhadap 9 produk semen dan mortar mengidentifikasi 6 produk sebagai *Fast Moving* (66,67%) dan 3 produk sebagai *Slow Moving* (33,33%). Temuan ini secara langsung merespons permasalahan yang diuraikan dalam pendahuluan, di mana produk *slow-moving* menjadi penyumbang utama *overstock* karena pengadaannya tidak mengikuti ritme permintaan aktual. Dengan klasifikasi FSN, gudang kini memiliki dasar yang terukur untuk membedakan perlakuan pengendalian stok antar kelompok produk, sehingga potensi penumpukan barang yang mengikat modal kerja dan membebani biaya simpan dapat diminimalkan.

Analisis karakteristik permintaan menggunakan ADI dan CV² mengkonfirmasi bahwa seluruh produk aktif memiliki pola *intermittent demand*,

dengan 8 produk berkategori *Erratic* dan 1 produk berkategori *Lumpy*. Kondisi ini memvalidasi premis utama penelitian bahwa metode peramalan konvensional seperti ARIMA tidak mampu menangani pola permintaan dengan banyak periode *zero demand*, sehingga rentan menghasilkan estimasi yang terdistorsi dan berujung pada keputusan pengadaan yang keliru. Penggunaan metode Croston-TSB dengan kalibrasi parameter per produk melalui *walk-forward cross-validation* terbukti lebih sesuai untuk kondisi data yang tidak stabil dan sporadis.

Hasil peramalan menunjukkan akurasi yang bervariasi antar produk, dengan SEMEN PCC ZAK 40KG DYX MDK memperoleh performa terbaik (rel_MAE 24,16%) dan sebagian produk lainnya masih menunjukkan kesalahan yang relatif tinggi akibat fluktuasi permintaan yang ekstrem. Meskipun demikian, tujuan utama Croston-TSB bukan menghasilkan prediksi harian yang presisi, melainkan memberikan estimasi rata-rata kebutuhan yang cukup andal sebagai dasar kebijakan persediaan, sehingga keputusan pengadaan tidak lagi sepenuhnya bergantung pada respons sesaat terhadap kondisi stok.

Integrasi hasil peramalan dengan *safety stock* dan ROP menghasilkan kebijakan persediaan yang berbeda-beda sesuai karakteristik tiap produk. Produk *Fast Moving* seperti SEMEN PCC ZAK 50KG DYX MDK dan SEMEN GRESIK PCC – 50KG memiliki *safety stock* dan ROP tertinggi, mencerminkan tingkat ketidakpastian permintaan yang besar dan konsekuensi serius apabila terjadi *stockout*. Tiga produk *Fast Moving* utama secara kolektif menyumbang lebih dari 94% total perkiraan permintaan 30 hari ke depan, sehingga menegaskan bahwa fokus pengendalian persediaan harus diarahkan pada kelompok ini untuk mencegah *understock* yang dapat mengakibatkan kegagalan pemenuhan pesanan dan hilangnya kepercayaan pelanggan. Di sisi lain, produk *Slow Moving* dengan nilai

forecast mendekati nol namun masih memerlukan *safety stock* sebagai buffer menjadi sinyal penting bagi manajemen untuk mengevaluasi efisiensi tingkat stok pada kelompok tersebut, mengingat potensinya sebagai sumber *overstock* yang membebani biaya penyimpanan.

Secara keseluruhan, pendekatan yang diusulkan berhasil mengubah pola pengadaan dari yang sebelumnya reaktif menjadi berbasis sinyal kuantitatif dari sistem peramalan dan klasifikasi pergerakan barang. Dengan tersedianya parameter pengendalian yang terukur untuk setiap produk meliputi kelas FSN, nilai *safety stock*, ROP, estimasi permintaan 30 hari, dan jadwal *cycle count* gudang PT XYZ kini memiliki landasan operasional yang konkret untuk menekan risiko *overstock* dan *understock* secara bersamaan, sekaligus meningkatkan efisiensi penggunaan ruang gudang dan kelancaran distribusi semen ke wilayah Cirebon.

Untuk penelitian selanjutnya, terdapat peluang pengembangan melalui integrasi metode *fuzzy* dalam kebijakan pengendalian persediaan. Pendekatan *fuzzy logic* dapat digunakan untuk menangani ketidakpastian yang tidak sepenuhnya terkuantifikasi oleh data historis, seperti fluktuasi harga, kebijakan pemasok yang berubah, atau kondisi pasar yang sulit diprediksi secara statistik. Dengan mengombinasikan hasil klasifikasi FSN dan peramalan Croston-TSB sebagai input, sistem berbasis *fuzzy inference* berpotensi menghasilkan rekomendasi kebijakan persediaan seperti penetapan *safety stock* dan ROP yang lebih adaptif.

DAFTAR PUSTAKA

Aisyah Rahayu, D., & D. Djakman, C. (2023). Evaluasi Distribusi Manajemen Rantai Pasok Komoditas Bahan Baku Industri Semen (Studi Kasus Pada Pt X). *Journal Of Economics And Business Ubs*, 12(4), 2575–2595.

- <https://doi.org/10.52644/Joeb.V12i4.499>
- Anugrah, I. G. (2021). Penerapan Metode N-Gram Dan Cosine Similarity Dalam Pencarian Pada Repositori Artikel Jurnal Publikasi. *Building Of Informatics, Technology And Science (Bits)*, 3(3), 275–284. <https://doi.org/10.47065/Bits.V3i3.1058>
- Arifin, C. A. Z., Nugraha, A. E., & Winarno, W. (2023). Klasifikasi Persediaan Pada Gudang Bahan Kemasan Xyz Dengan Metode Fsn Analysis (Fast, Slow, Non-Moving) Berdasarkan Turn Over Ratio (Tor). *Go-Integratif: Jurnal Teknik Sistem Dan Industri*, 4(02), 76–87. <https://doi.org/10.35261/Gijtsi.V4i02.8906>
- Arini, R. W. (2024). Perbaikan Tata Letak Penempatan Barang Raw Material Komoditi Tube Dan Tape Menggunakan Metode Abc Analysis. *Jurnal Informasi, Sains Dan Teknologi*, 7(1), 161–178. <https://doi.org/10.55606/Isaintek.V7i1.214>
- Croston, J. D. (1972). Forecasting And Stock Control For Intermittent Demands. *Journal Of The Operational Research Society*, 23(3), 289–303. <https://doi.org/10.1057/Jors.1972.50>
- E, E., Yu, M., Tian, X., & Tao, Y. (2022). Dynamic Model Selection Based On Demand Pattern Classification In Retail Sales Forecasting. *Mathematics*, 10(17), 3179. <https://doi.org/10.3390/Math10173179>
- Hudori, M., & Tarigan, N. (2019). *Pengelompokan Persediaan Barang Dengan Metode Fsn Analysis (Fast, Slow And Non-Moving) Berdasarkan Turn Over Ratio (Tor)*. 11, 205–215. <https://www.researchgate.net/publication/338223777>
- Muzakki, A. F., Aditama, D., & Gita Anugrah, I. (2022). Penerapan Metode Autoregressive Integrated Moving Average Untuk Memprediksi Penggunaan Barang Medis Pada Logistik Medis Rumah Sakit Muhammadiyah Gresik. *Indexia*, 4(1), 1. <https://doi.org/10.30587/Indexia.V4i1.3595>
- Permata Witra, W. P., & Subriadi, A. P. (2022). Gender And Information Technology (It) Investment Decision-Making. *Procedia Computer Science*, 197, 583–590. <https://doi.org/10.1016/J.Procs.2021.12.176>
- Putri, S. N. A., & Krisnawati, M. (2024). Pengendalian Persediaan Kawat Las Dengan Klasifikasi Abc-Fsn Dan Metode Min-Max. *Jurnal Produktiva*, 3(2), 14–19. <https://ejournal.unim.ac.id/index.php/Produktiva/article/view/2807>
- Ronald H. Ballou. (2004). *Business Logistics Supply Chain Manageme. 5th Edition*. https://books.google.co.id/books/about/Business_Logistics_Supply_Chain_Manageme.html?hl=id&id=Sgsdqaacaaj&redir_esc=y
- Santoso, C. B., Khairunnisa, R., Rachma, M., & Humayyah, S. (2025). Implementasi Data Warehouse Dan Business Intelligence Untuk Pemantauan Dan Analisis Penjualan Game. *Teknois: Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi Dan Sains*, 15(1), 40–50. <https://doi.org/10.36350/Jbs.V15i1.303>
- Syntetos, A. A., & Boylan, J. E. (2005). The Accuracy Of Intermittent Demand Estimates. *International Journal Of Forecasting*, 21(2), 303–314. <https://doi.org/10.1016/J.Ijforecast.2004.10.001>
- Teunter, R. H., Syntetos, A. A., & Zied Babai, M. (2011). Intermittent Demand: Linking Forecasting To

- Inventory Obsolescence. *European Journal Of Operational Research*, 214(3), 606–615. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2011.05.018>
- Wild, T. (2017). *Best Practice In Inventory Management*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315231532>
- Witra, W. P. P. (2023). Exploring Business Process Management (Bpm) Challenges In A Startup Environment. *Jurnal Sisfokom (Sistem Informasi Dan Komputer)*, 12(1), 124–135. <https://doi.org/10.32736/Sisfokom.V12i1.1550>
- Zheng, M., Cui, N., Zhang, Y., Zhang, F., & Shi, V. (2023). Inventory Policies And Supply Chain Coordination Under Logistics Route Disruption Risks. *Sustainability*, 15(13), 10093. <https://doi.org/10.3390/Su151310093>