

Analisis Kinerja Distribusi dan *Bottleneck* Operasional pada Rantai Pasok Usaha Barang Bekas: Studi Kasus UD. DOA ABADI, Semarang

Fajriansyah Mahdy Tsani ^{1✉}, Rifki Navis Haidar ²

(1) Program Studi Teknik Industri, Universitas Dian Nuswantoro, Semarang, Indonesia

(2) Program Studi Perencanaan Wilayah dan Kota, Universitas Diponegoro, Semarang, Indonesia

Abstrak: Usaha jual beli barang bekas merupakan bagian penting dari sistem ekonomi sirkular karena berperan dalam memperpanjang siklus hidup material melalui aktivitas pengumpulan, penyortiran, penyimpanan, dan distribusi kembali. Namun, karakteristik pasokan yang tidak pasti dan heterogen menyebabkan tantangan dalam pengelolaan rantai pasok, terutama pada kinerja distribusi. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi kinerja distribusi pada sistem rantai pasok UD. DOA ABADI, sebuah usaha perdagangan barang bekas di Kota Semarang yang menangani komoditas besi, kardus, kertas, dan botol plastik. Penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif deskriptif dengan desain studi kasus tunggal berdasarkan data operasional periode Juni 2025 hingga Juni 2026. Analisis dilakukan menggunakan model neraca massa persediaan, indikator kinerja distribusi berupa keseimbangan arus masuk-keluar, utilisasi gudang, inventory turnover, analisis bottleneck kapasitas operasional, serta evaluasi berbasis model Supply Chain Operations Reference (SCOR). Hasil penelitian menunjukkan bahwa kapasitas distribusi perusahaan belum sepenuhnya mampu mengimbangi laju pasokan, sehingga terjadi akumulasi stok secara bertahap, peningkatan utilisasi gudang, dan perlambatan perputaran persediaan. Analisis bottleneck mengidentifikasi armada distribusi sebagai kendala utama sistem operasional karena beroperasi mendekati batas kapasitas maksimum, sementara faktor eksternal berupa kerentanan banjir rob di kawasan pesisir Semarang Utara berpotensi memperbesar gangguan distribusi. Penelitian ini menunjukkan bahwa kombinasi indikator operasional sederhana dan model SCOR efektif digunakan untuk mengevaluasi performa distribusi pada usaha informal berbasis ekonomi sirkular, serta menyediakan dasar rekomendasi peningkatan efisiensi distribusi pada sektor perdagangan barang bekas skala mikro.

Abstract: The trade of used goods is a vital component of the circular economy, as it extends the material lifecycle through collection, sorting, storage, and redistribution activities. However, the uncertain and heterogeneous nature of the supply creates supply chain management challenges, particularly regarding distribution performance. This study aims to evaluate the distribution performance of the supply chain system at UD. DOA ABADI, a used-goods trading business in Semarang City dealing in commodities such as scrap iron, cardboard, paper, and plastic bottles. A descriptive quantitative approach with a single case study design was employed, utilizing operational data from June 2025 to June 2026. The analysis utilized an inventory mass balance model and distribution performance indicators—specifically inflow-outflow balance, warehouse utilization, and inventory turnover—alongside an operational capacity bottleneck analysis and an evaluation based on the Supply Chain Operations Reference (SCOR) model. The results indicate that the company's distribution capacity has not fully kept pace with the supply rate, resulting in gradual stock accumulation, increased warehouse utilization, and slower inventory turnover. Bottleneck analysis identified the distribution fleet as the primary operational constraint, as it operates near maximum capacity limits; meanwhile, external factors—specifically the vulnerability to tidal flooding in the North Semarang coastal area—pose a risk of further exacerbating distribution disruptions. This study demonstrates that combining simple operational indicators with the SCOR model is effective for evaluating distribution performance in informal, circular economy-based businesses and provides a foundation for recommendations to improve distribution efficiency within the micro-scale used-goods trading sector.

Article history:

Received: 29 June 2026

Revised: 22 July 2026

Accepted: 24 July 2026

Published: 26 July 2026

Kata kunci:

ekonomi sirkular, perputaran persediaan, distribusi kinerja, model skor, logistik terbalik

Keyword:

circular economy, inventory turnover, distribution performance, model scor, reverse logistics

This is an open-access article under the [CC-BY-SA License](#).



How to cite: Tsani, F. M., & Haidar, R. N. (2026). Analisis Kinerja Distribusi dan *Bottleneck* Operasional pada Rantai Pasok Usaha Barang Bekas: Studi Kasus UD. DOA ABADI, Semarang. RESWARA: Jurnal Riset Ilmu Teknik, 4(3), 646-663. <https://doi.org/10.70716/reswara.v4i3.690>

PENDAHULUAN

Perkembangan paradigma ekonomi sirkular dalam beberapa dekade terakhir telah mendorong peningkatan aktivitas pemulihan material dan perdagangan barang bekas sebagai bagian dari sistem pemanfaatan kembali sumber daya. Sektor ini berperan penting dalam memperpanjang siklus hidup material, mengurangi timbunan limbah, serta mendukung efisiensi penggunaan sumber daya dalam sistem ekonomi yang lebih berkelanjutan (Govindan et al., 2015). Di Indonesia, khususnya di Kota Semarang, aktivitas perdagangan barang bekas seperti logam, kardus, kertas, dan plastik berkembang sebagai bagian dari sektor ekonomi informal yang berkontribusi terhadap penyerapan tenaga kerja sekaligus mendukung sirkulasi material sekunder dalam rantai ekonomi perkotaan.

Secara konseptual, aktivitas perdagangan barang bekas merupakan bagian dari sistem *closed-loop supply chain* atau *reverse logistics*, yaitu proses pengumpulan kembali material pascakonsumsi, pemilahan, penyimpanan, hingga distribusi ulang kepada pelaku pengolahan atau pengguna berikutnya (Agrawal et al., 2015). Berbeda dengan rantai pasok produk konvensional, sistem rantai pasok barang bekas memiliki tingkat ketidakpastian pasokan yang lebih tinggi karena sumber material berasal dari pemasok yang tersebar, volume yang fluktuatif, serta kualitas material yang tidak seragam. Temuan yang lebih mutakhir dari (Pushpamali et al., 2021) menegaskan bahwa persepsi pemangku kepentingan terhadap praktik *reverse logistics* turut menentukan kinerja rantai pasok secara keseluruhan, sehingga ketidakpastian pasokan tidak hanya bersumber dari karakteristik fisik material, tetapi juga dari pola relasi antaraktor dalam jaringan pengumpulan. Kondisi tersebut menyebabkan proses pengelolaan distribusi menjadi lebih kompleks dibandingkan sistem distribusi pada rantai pasok manufaktur formal.

Dalam konteks operasional, ketidakseimbangan antara arus barang masuk (*inbound flow*) dan arus barang keluar (*outbound flow*) berpotensi menimbulkan penumpukan persediaan, penurunan perputaran inventori, serta peningkatan utilisasi kapasitas gudang secara berlebihan. Fernando et al. (2023) menekankan bahwa performa distribusi merupakan salah satu indikator penting dalam menilai efisiensi rantai pasok karena secara langsung memengaruhi kecepatan aliran material dan efektivitas penggunaan sumber daya perusahaan. Temuan terbaru (Fernando et al., 2023) memperkuat argumen tersebut dengan menunjukkan bahwa komitmen sumber daya yang berkelanjutan dalam praktik *reverse logistics* berbasis ekonomi sirkular berhubungan langsung dengan kinerja finansial perusahaan, sehingga efisiensi distribusi tidak dapat dilepaskan dari keberlanjutan operasional jangka panjang. Pada usaha perdagangan barang bekas, permasalahan distribusi menjadi semakin kompleks karena proses pengiriman sangat dipengaruhi oleh keterbatasan armada, kapasitas penyimpanan, serta karakteristik lokasi usaha terhadap jaringan distribusi lokal.

UD. DOA ABADI merupakan salah satu pelaku usaha perdagangan barang bekas di Kota Semarang yang memperdagangkan empat komoditas utama, yaitu besi, kardus, kertas, dan botol plastik. Lokasi usaha berada di Kelurahan Bandarharjo, Kecamatan Semarang Utara, kawasan yang berkembang sebagai koridor aktivitas pergudangan, perdagangan, dan distribusi logistik di wilayah utara kota. Perusahaan memiliki kapasitas gudang sebesar 51 ton dengan aktivitas pengambilan barang

rata-rata 1,7 ton per hari sebanyak lima kali per minggu, sedangkan distribusi keluar dilakukan sebanyak 2–3 kali per minggu dengan kapasitas 2–3 ton per pengiriman. Karakteristik tersebut menjadikan UD. DOA ABADI sebagai studi kasus yang relevan untuk menganalisis bagaimana struktur rantai pasok memengaruhi kinerja distribusi pada usaha perdagangan barang bekas skala mikro-kecil.

Penelitian ini didasarkan pada tiga kesenjangan utama. Pertama, sebagian besar studi *reverse logistics* dan *closed-loop supply chain* masih didominasi kajian pada sektor manufaktur formal dan industri berskala besar, sedangkan penelitian pada usaha mikro-kecil di sektor perdagangan barang bekas masih relatif terbatas (Govindan et al., 2015). Kajian lapangan terbaru mengenai pemulung dan pelapak skala kecil di Indonesia oleh (Kristanto et al., 2022), serta tinjauan (Velis et al., 2022) mengenai peran sektor daur ulang informal dalam mendukung ekonomi sirkular inklusif, menunjukkan bahwa pelaku usaha berskala mikro justru berkontribusi besar terhadap sirkulasi material sekunder, namun kinerja distribusinya masih jarang dievaluasi secara kuantitatif dan sistematis. Kedua, studi manajemen rantai pasok di Indonesia umumnya berfokus pada efisiensi operasional secara umum tanpa menghubungkan secara spesifik keseimbangan arus material dengan indikator kinerja distribusi yang terukur, seperti utilisasi gudang dan *inventory turnover* (Saleheen et al., 2018; Kazancoglu et al., 2021). Ketiga, masih terbatas penelitian empiris berbasis data operasional riil yang mengevaluasi bagaimana dinamika arus masuk dan arus keluar memengaruhi keberlanjutan kapasitas operasional usaha informal yang bergerak dalam sistem distribusi material daur ulang, meskipun penerapan pendekatan analitis yang lebih mutakhir pada *reverse logistics* di negara berkembang mulai banyak dibahas dalam literatur lima tahun terakhir (Mukherjee et al., 2024).

Penelitian ini bertujuan untuk: (1) memetakan struktur dan aliran rantai pasok pada UD. DOA ABADI; (2) mengukur kinerja distribusi melalui indikator keseimbangan arus material, utilisasi kapasitas gudang, dan *inventory turnover* selama periode Juni 2025 hingga Juni 2026; serta (3) merumuskan rekomendasi strategis untuk meningkatkan efisiensi distribusi dan menjaga keberlanjutan kapasitas operasional perusahaan melalui pendekatan manajemen rantai pasok berbasis data operasional.

METODE PENELITIAN

Jenis dan Pendekatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif deskriptif dengan rancangan studi kasus tunggal (*single-case study*) pada UD. DOA ABADI. Pendekatan kuantitatif dipilih karena penelitian berfokus pada pengukuran dan analisis numerik terhadap dinamika arus material, kapasitas penyimpanan, dan performa distribusi berdasarkan data operasional perusahaan. Creswell & Creswell (2018) menjelaskan bahwa pendekatan kuantitatif digunakan ketika penelitian bertujuan menguji hubungan antarvariabel melalui pengukuran objektif berbasis data empiris.

Rancangan studi kasus tunggal digunakan karena penelitian berupaya memahami fenomena operasional secara mendalam pada satu unit usaha spesifik dengan karakteristik sistem rantai pasok yang unik. Menurut (Yin, 2018), *single-case study* relevan digunakan ketika objek penelitian merepresentasikan fenomena khusus yang membutuhkan analisis kontekstual secara mendalam berdasarkan kondisi aktual di lapangan.

Lokasi dan Objek Penelitian

Objek penelitian adalah UD. DOA ABADI, sebuah usaha perdagangan barang bekas yang berlokasi di Kota Semarang dengan aktivitas utama berupa pengumpulan, penyortiran, penyimpanan, dan distribusi empat komoditas utama, yaitu besi, kardus, kertas, dan botol plastik. Perusahaan memiliki kapasitas penyimpanan maksimum sebesar 51 ton.



Gambar 1. Peta Citra Satelit dari Objek Penelitian (Google Maps)

Lokasi usaha berada di kawasan Bandarharjo, Kecamatan Semarang Utara, yang berkembang sebagai kawasan perdagangan, pergudangan, dan aktivitas distribusi logistik di bagian utara Kota Semarang. Karakteristik lokasi ini memberikan konteks tambahan bahwa performa distribusi perusahaan tidak hanya dipengaruhi faktor internal operasional, tetapi juga dipengaruhi aksesibilitas spasial terhadap jaringan transportasi lokal. Periode observasi penelitian dilakukan selama 13 bulan, yaitu Juni 2025 hingga Juni 2026, yang setara dengan 57 minggu aktivitas operasional.

Sumber dan Teknik Pengumpulan Data

Penelitian menggunakan data primer berupa catatan operasional perusahaan terkait aktivitas arus material masuk (*inbound flow*) dan arus material keluar (*outbound flow*). Data arus masuk menunjukkan rata-rata pengambilan barang sebesar 1,7 ton per hari dengan frekuensi lima hari pengambilan setiap minggu. Sementara itu, distribusi keluar dilakukan sebanyak 2–3 kali per minggu dengan kapasitas pengiriman sebesar 2–3 ton per pengiriman.

Data tambahan meliputi kapasitas gudang, komposisi jenis komoditas, pola penyimpanan, serta aktivitas distribusi harian. Pengumpulan data dilakukan melalui dokumentasi transaksi operasional perusahaan dan observasi langsung terhadap proses pengumpulan, penyortiran, penyimpanan, serta pengiriman barang.

Teknik Analisis Penelitian

Analisis data dilakukan melalui empat tahapan utama yang disusun dalam kerangka evaluasi performa distribusi operasional, sebagai berikut:

1. Tahap pertama adalah analisis *mass balance inventory*, yaitu menghitung perubahan stok berdasarkan prinsip keseimbangan material, di mana stok akhir periode ditentukan oleh akumulasi stok sebelumnya ditambah arus barang masuk dan dikurangi arus barang keluar. Pendekatan *mass balance* digunakan untuk mengidentifikasi dinamika akumulasi material sepanjang periode observasi.
2. Tahap kedua adalah pengukuran indikator performa distribusi berdasarkan tiga variabel operasional utama. Pemilihan indikator didasarkan pada kerangka pengukuran performa rantai pasok sebagaimana dirangkum dalam tinjauan literatur Saleheen et al. (2018) dan model SCOR (APICS, 2017) yang relevansinya pada konteks usaha kecil-menengah juga dikonfirmasi oleh studi terbaru Qurtubi et al. (2022) pada industri garmen skala kecil di Indonesia. Indikator yang digunakan meliputi: (1) *flow balance ratio*, yaitu rasio barang keluar terhadap barang masuk untuk mengukur kemampuan distribusi menyerap pasokan; (2) *warehouse utilization ratio*, yaitu rasio stok aktual terhadap kapasitas penyimpanan maksimum untuk mengukur tingkat utilisasi aset gudang; dan (3) *inventory turnover*, yaitu rasio volume barang keluar terhadap rata-rata persediaan yang menggambarkan kecepatan sirkulasi inventori.
3. Tahap ketiga adalah analisis tren distribusi dan kapasitas, yang dilakukan untuk mengevaluasi pola perubahan stok, tingkat utilisasi gudang, serta proyeksi kecenderungan akumulasi material menggunakan pendekatan ekstrapolasi linear sederhana.
4. Tahap keempat adalah analisis *bottleneck capacity*, yaitu identifikasi komoditas yang mengalami tingkat akumulasi paling tinggi berdasarkan dekomposisi stok masing-masing material. Tahapan ini digunakan untuk menentukan titik kritis operasional yang berpotensi menghambat kelancaran distribusi dan memicu penurunan performa rantai pasok secara keseluruhan.

Seluruh perhitungan diverifikasi melalui uji konsistensi internal dengan memastikan kesetaraan antara stok agregat total dengan penjumlahan stok pada masing-masing komoditas.

Asumsi Penelitian

Dua asumsi penelitian ditetapkan secara eksplisit untuk menjaga konsistensi simulasi operasional. Pertama, stok awal periode ditetapkan sebesar 15ton berdasarkan estimasi kondisi rata-rata persediaan awal perusahaan pada awal periode observasi. Kedua, distribusi barang keluar

diasumsikan mengikuti proporsi komposisi barang masuk, yaitu besi 35%, kardus 28%, kertas 22%, dan botol plastik 15%.

Asumsi tersebut digunakan karena keterbatasan ketersediaan data historis detail per komoditas. Menurut Sargent (2020), penggunaan asumsi eksplisit dan terdokumentasi dalam pemodelan maupun simulasi sistem operasional merupakan bagian penting dari proses verifikasi dan validasi model, sehingga validitas internal analisis dapat dijaga selama asumsi yang digunakan dinyatakan secara transparan dan dapat dikalibrasi ulang apabila tersedia data aktual yang lebih rinci.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Profil dan Struktur Rantai Pasok

Parameter operasional UD. DOA ABADI dirangkum pada Tabel 1. Aktivitas operasional perusahaan menunjukkan rata-rata arus barang masuk sebesar 1,7 ton per hari dengan frekuensi pengambilan lima hari per minggu, sehingga total pasokan material mencapai sekitar 8,5 ton per minggu atau setara 36,8 ton per bulan. Struktur rantai pasok perusahaan terdiri atas lima simpul utama, yaitu pemasok perorangan (pengepul kecil atau penjual individu), proses pengumpulan, penyortiran, penyimpanan di gudang, dan distribusi akhir kepada pengolah atau pengecer material sekunder.

Tabel 1. Parameter operasional UD. DOA ABADI

Parameter	Nilai	Keterangan
Kapasitas gudang	51 ton	Batas penyimpanan maksimum
Laju barang masuk	1,7 ton/hari	Pengambilan rutin harian
Hari pengambilan	5 hari/minggu	Barang masuk 8,5 ton/minggu
Ukuran pengiriman keluar	2–3 ton	Per pengiriman
Frekuensi pengiriman	2–3 kali/minggu	Distribusi ke pembeli
Komoditas	4 jenis	Besi, kardus, kertas, botol plastik
Periode pengamatan	Jun 2025–Jun 2026	13 bulan / 57 minggu

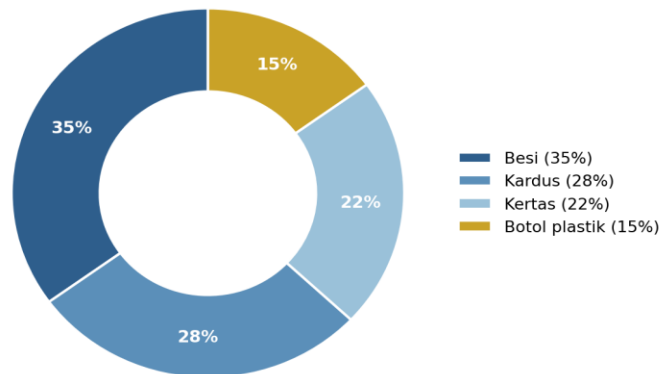
Karakteristik rantai pasok tersebut menunjukkan bahwa UD. DOA ABADI beroperasi dalam sistem *reverse logistics* berskala mikro, di mana perusahaan berfungsi sebagai intermediary node yang menghubungkan aliran material pascakonsumsi dengan pasar sekunder. Menurut (Govindan & Soleimani, 2017), *struktur reverse logistics* semacam ini memiliki tingkat sensitivitas tinggi terhadap ketidakseimbangan antara kapasitas penyimpanan dan kapasitas distribusi karena material yang masuk umumnya bersifat tidak terjadwal secara sempurna.

Dalam konteks operasional, simpul penyimpanan dan distribusi menjadi titik kritis karena kedua tahapan tersebut menentukan kemampuan sistem dalam menjaga kontinuitas aliran material. Kazancoglu et al. (2021) menekankan bahwa kapasitas distribusi yang tidak mampu mengimbangi laju pasokan akan memicu penumpukan inventori, meningkatkan biaya penyimpanan, dan menurunkan efisiensi rantai pasok secara keseluruhan. Oleh karena itu, analisis pada penelitian ini difokuskan pada hubungan antara arus material, utilisasi kapasitas gudang, dan performa distribusi perusahaan.

Komposisi Komoditas

Gambar 1 menunjukkan distribusi komposisi material yang diperdagangkan UD. DOA ABADI berdasarkan tonase. Besi mendominasi total komoditas dengan proporsi 35%, diikuti kardus sebesar 28%, kertas 22%, dan botol plastik 15%. Dominasi besi menjadi faktor penting dalam analisis distribusi

karena material tersebut memiliki densitas fisik tertinggi dibandingkan komoditas lainnya, sehingga memberikan tekanan lebih besar terhadap kapasitas penyimpanan gudang.



Gambar 1. Komposisi komoditas UD. DOA ABADI (basis berat)

Rekapitulasi arus material selama periode observasi pada Tabel 2 menunjukkan bahwa besi menyumbang total barang masuk sebesar 169,6ton dan barang keluar sebesar 164,5 ton, meninggalkan stok akhir sebesar 10,3 ton. Nilai ini merupakan akumulasi stok tertinggi dibandingkan komoditas lain. Secara operasional, kondisi tersebut menunjukkan bahwa material dengan proporsi volume terbesar juga menjadi komoditas yang paling menentukan dinamika utilisasi kapasitas penyimpanan.

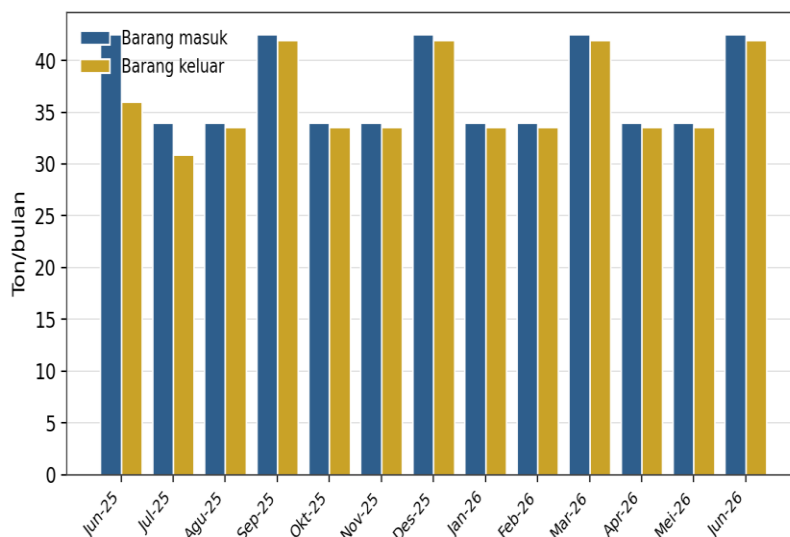
Tabel 2. Total arus dan stok akhir per komoditas (Ton, Jun 2025–Jun 2026)

Komoditas	Barang masuk	Barang keluar	Stok akhir (Jun-26)
Besi	169,6	164,5	10,3
Kardus	135,7	131,6	8,2
Kertas	106,6	103,4	6,5
Botol plastik	72,7	70,5	4,4
Total	484,5	470,1	29,4

Temuan ini sejalan dengan penelitian Kazancoglu et al. (2018) yang menunjukkan bahwa pada sistem *circular supply chain*, karakteristik fisik material menjadi faktor penting yang memengaruhi efisiensi penyimpanan dan distribusi. Dalam konteks UD. DOA ABADI, dominasi komoditas besi menunjukkan bahwa strategi distribusi tidak dapat diperlakukan seragam antar komoditas, melainkan perlu mempertimbangkan prioritas distribusi berdasarkan kontribusi material terhadap beban kapasitas gudang.

Keseimbangan Arus Barang Masuk dan Keluar

Gambar 2 memperlihatkan perbandingan arus barang masuk dan arus barang keluar selama periode observasi. Secara agregat, total barang masuk mencapai 484,5 ton, sedangkan total barang keluar hanya mencapai 470,1 ton. Selisih sebesar 14,4 ton terakumulasi sebagai stok tambahan dalam sistem penyimpanan perusahaan. Pada skala mingguan, rata-rata barang masuk tercatat sebesar 8,5 ton per minggu, sedangkan kapasitas distribusi keluar hanya mencapai sekitar 8,25 ton per minggu, sehingga terdapat defisit distribusi sebesar 0,25 ton setiap minggu.



Gambar 2. Barang masuk vs barang keluar per bulan (Ton)

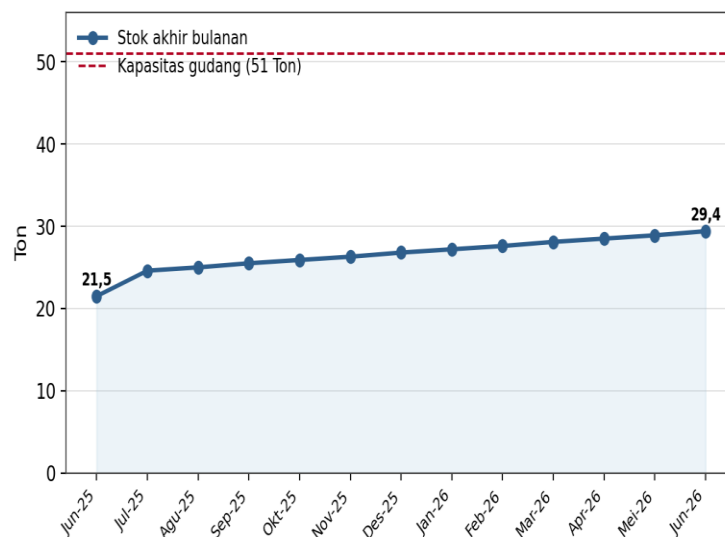
Meskipun secara absolut selisih tersebut terlihat kecil, akumulasi jangka panjang menunjukkan adanya ketidakseimbangan struktural pada sistem distribusi perusahaan. Ivanov (2021) menjelaskan bahwa bahkan deviasi kecil antara *supply inflow* dan *outbound capacity* dapat menyebabkan penurunan performa rantai pasok apabila berlangsung secara kontinu dalam horizon operasional yang panjang.

Ketimpangan terlihat lebih jelas pada bulan-bulan dengan lima minggu operasional, di mana peningkatan pasokan tambahan tidak diikuti peningkatan frekuensi distribusi keluar. Kondisi ini menunjukkan bahwa kapasitas distribusi perusahaan saat ini bekerja sangat dekat dengan batas keseimbangan minimum (*minimum equilibrium threshold*), sehingga sistem tidak memiliki fleksibilitas operasional untuk menghadapi fluktuasi pasokan yang lebih tinggi.

Dari perspektif manajemen rantai pasok, temuan ini menunjukkan bahwa keterbatasan kapasitas distribusi menjadi sumber inefisiensi utama. Sistem distribusi yang hanya mampu mempertahankan kondisi near-equilibrium cenderung rentan terhadap penumpukan inventori ketika terjadi peningkatan volume pasokan secara temporer.

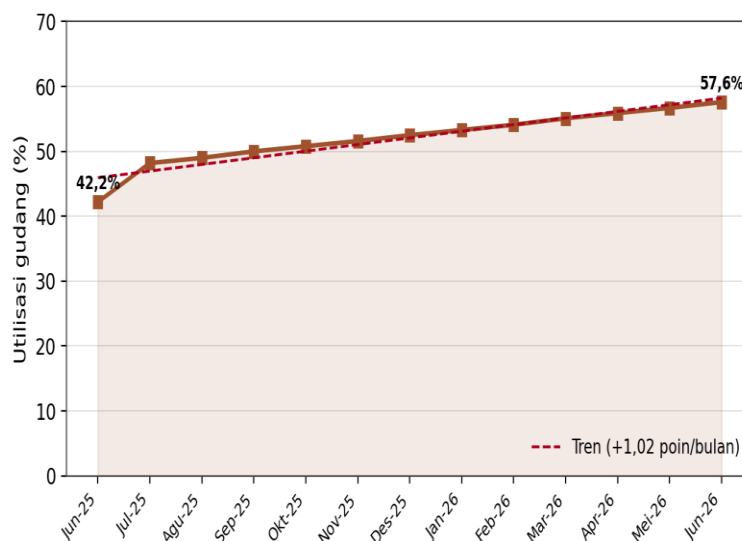
Dinamika Stok dan Utilasi Gudang

Akumulasi ketidakseimbangan arus material secara langsung tercermin pada dinamika stok dan utilisasi kapasitas gudang. Gambar 3 menunjukkan bahwa stok akhir bulanan meningkat secara konsisten dari 21,5 ton pada Juni 2025 menjadi 29,4 ton pada Juni 2026. Meskipun nilai tersebut masih berada di bawah kapasitas maksimum gudang sebesar 51 ton, pola kenaikan yang bersifat kontinu menunjukkan adanya kecenderungan akumulasi material dalam sistem operasional perusahaan.



Gambar 3. Stok akhir bulanan terhadap kapasitas gudang (Ton)

Jika dinyatakan dalam persentase, tingkat utilisasi gudang meningkat dari 42,2% pada awal observasi menjadi 57,6% pada akhir periode. Dengan demikian, selama 13 bulan terjadi peningkatan utilisasi sebesar 15,4 poin persentase atau rata-rata sekitar 1,0 poin persentase per bulan. Gambar 4 menunjukkan tren kenaikan yang relatif linear, mengindikasikan bahwa penumpukan inventori bukan merupakan kejadian temporer, melainkan konsekuensi sistemik dari ketidakseimbangan distribusi.



Gambar 4. Tren utilisasi gudang bulanan (%)

Ekstrapolasi linear sederhana menunjukkan bahwa apabila pola operasional tidak berubah, kapasitas gudang berpotensi mencapai titik maksimum dalam waktu sekitar 42 bulan ke depan. Walaupun proyeksi ini bersifat indikatif, arah tren menunjukkan bahwa sistem distribusi perusahaan belum berada dalam kondisi operasional yang berkelanjutan dalam jangka panjang.

Boysen et al. (2021) menegaskan bahwa peningkatan utilisasi penyimpanan yang berlangsung terus-menerus merupakan indikator awal terjadinya bottleneck logistics, terutama pada sistem

distribusi dengan keterbatasan kapasitas transportasi keluar. Temuan lapangan (Figueroa-Rivera et al., 2022) pada gudang consumer-goods di Peru turut mengonfirmasi bahwa utilisasi ruang simpan yang terus meningkat tanpa perbaikan proses pemuatan dan pengeluaran barang secara konsisten berkontribusi pada penurunan produktivitas gudang secara keseluruhan. Dalam konteks penelitian ini, peningkatan utilisasi gudang menunjukkan bahwa perusahaan mulai kehilangan kemampuan untuk mempertahankan kelancaran sirkulasi material secara optimal.

Inventory Turnover dan Efisiensi Distribusi

Indikator ketiga yang digunakan untuk mengevaluasi performa distribusi adalah *inventory turnover*, yaitu rasio yang menggambarkan kecepatan perputaran persediaan dalam sistem operasional. Berdasarkan Tabel 3, nilai *inventory turnover* bulanan mengalami kecenderungan penurunan dari 1,97 kali pada Juni 2025 menjadi kisaran 1,2–1,4 kali pada paruh kedua periode observasi, dengan rata-rata tahunan sebesar 1,41 kali per bulan.

Tabel 3. Rekap bulanan arus barang dan indikator kinerja distribusi

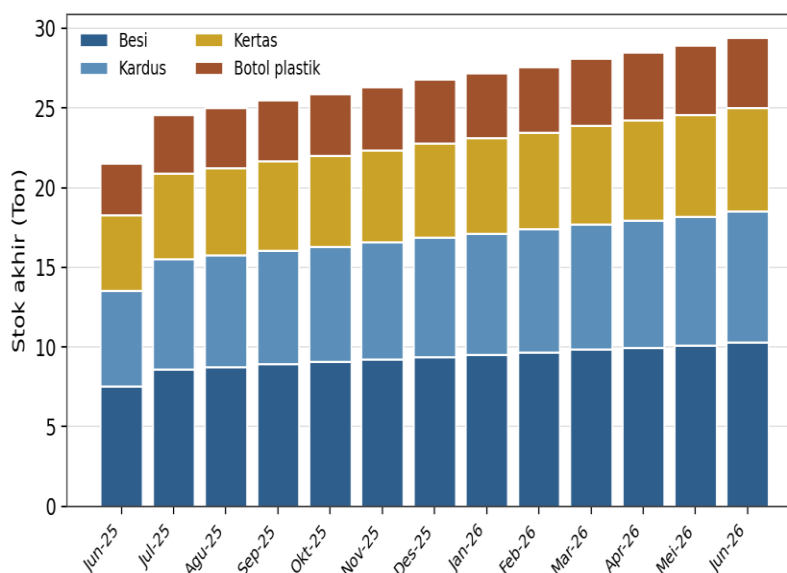
Bulan	Masuk (Ton)	Keluar (Ton)	Stok akhir (Ton)	Utilisasi	Turnover
Jun-2025	42,5	36,0	21,5	42,2%	1,97×
Jul-2025	34,0	30,9	24,6	48,2%	1,34×
Agu-2025	34,0	33,6	25,0	49,0%	1,35×
Sep-2025	42,5	42,0	25,5	50,0%	1,66×
Okt-2025	34,0	33,6	25,9	50,8%	1,31×
Nov-2025	34,0	33,6	26,3	51,6%	1,29×
Des-2025	42,5	42,0	26,8	52,5%	1,58×
Jan-2026	34,0	33,6	27,2	53,3%	1,24×
Feb-2026	34,0	33,6	27,6	54,1%	1,23×
Mar-2026	42,5	42,0	28,1	55,1%	1,51×
Apr-2026	34,0	33,6	28,5	55,9%	1,19×
Mei-2026	34,0	33,6	28,9	56,7%	1,17×
Jun-2026	42,5	42,0	29,4	57,6%	1,44×
Total/Rerata	484,5	470,1	29,4	52,1%	1,41×

Secara matematis, penurunan tersebut terjadi karena rata-rata stok meningkat secara bertahap sementara volume barang keluar relatif konstan. Namun secara operasional, kondisi ini menunjukkan bahwa material berada lebih lama dalam gudang sebelum berhasil didistribusikan kembali. Breivik et al. (2021) menjelaskan bahwa penurunan *inventory turnover* merupakan indikator menurunnya efisiensi logistik karena modal kerja tertahan lebih lama dalam bentuk persediaan dan kapasitas penyimpanan menjadi semakin terbebani. Pandangan ini sejalan dengan temuan (Mukherjee et al., 2024), yang menunjukkan bahwa pada konteks negara berkembang, keterbatasan kapasitas operasional *reverse logistics* kerap tercermin lebih dahulu pada perlambatan sirkulasi persediaan sebelum berdampak nyata pada penurunan volume distribusi secara keseluruhan. Studi (Breivik et al., 2021) pada rantai ritel skala kecil-menengah juga menunjukkan bahwa efisiensi *inventory turnover* sangat dipengaruhi oleh faktor lokasi dan skala usaha, sehingga penurunan turnover pada usaha berskala mikro seperti UD. DOA ABADI perlu dimaknai secara kontekstual, bukan semata dibandingkan dengan benchmark industri berskala besar.

Kondisi ini menunjukkan bahwa sistem distribusi UD. DOA ABADI mulai mengalami penurunan kemampuan sirkulasi material. Fenomena tersebut sejalan dengan temuan (Ivanov, 2021), yang menunjukkan bahwa sistem rantai pasok dengan kapasitas distribusi stagnan cenderung mengalami perlambatan *inventory circulation* ketika laju pasokan meningkat secara kumulatif. Dengan demikian, penurunan *inventory turnover* pada penelitian ini memperkuat indikasi bahwa sistem distribusi perusahaan bergerak menuju kondisi operasional yang semakin tidak efisien apabila tidak dilakukan intervensi kapasitas distribusi.

Akumulasi per Komoditas

Analisis dekomposisi stok akhir per komoditas pada Grafik 5 menunjukkan bahwa seluruh material mengalami akumulasi secara bertahap sepanjang periode observasi. Namun demikian, komoditas besi menunjukkan kontribusi akumulasi tertinggi, dengan peningkatan stok dari 7,5 ton pada awal periode menjadi 10,3 ton pada akhir observasi. Nilai ini lebih tinggi dibandingkan kardus, kertas, maupun botol plastik.



Gambar 5. Akumulasi stok akhir bulanan per komoditas (Ton)

Dominasi besi menjadi faktor penting karena material tersebut memiliki kontribusi tonase terbesar terhadap kapasitas gudang. Berbeda dengan kardus atau plastik yang memiliki densitas lebih rendah, akumulasi besi secara langsung memberikan tekanan lebih besar terhadap utilisasi ruang penyimpanan. Dengan kata lain, peningkatan stok besi memiliki dampak disproportional terhadap total kapasitas gudang dibandingkan komoditas lain.

Temuan ini memperlihatkan bahwa tidak seluruh komoditas memberikan kontribusi risiko operasional yang sama. Kazancoglu et al. (2018) menegaskan bahwa pada sistem *circular supply chain*, strategi distribusi perlu mempertimbangkan karakteristik fisik material karena perbedaan densitas dan volume dapat menghasilkan beban logistik yang berbeda. Dalam konteks penelitian ini, percepatan distribusi komoditas besi menjadi prioritas strategis karena memberikan pengaruh terbesar dalam menahan laju peningkatan utilisasi gudang secara keseluruhan.

Insight Utama dan Rekomendasi

Sintesis dari ketiga indikator performa distribusi menunjukkan bahwa sistem operasional UD. DOA ABADI berada pada kondisi *near-equilibrium supply chain*, yaitu kondisi ketika kapasitas distribusi masih mampu mengimbangi pasokan, tetapi hanya dengan margin operasional yang sangat terbatas. Rata-rata barang masuk sebesar 8,5 ton per minggu sedikit lebih tinggi dibanding kapasitas distribusi keluar sebesar 8,25 ton per minggu. Selisih yang relatif kecil tersebut menghasilkan akumulasi stok bertahap, peningkatan utilisasi gudang sebesar 15 poin persentase dalam satu tahun, serta perlambatan perputaran inventori.

Temuan ini menunjukkan bahwa permasalahan utama bukan terletak pada lonjakan pasokan, melainkan pada keterbatasan kapasitas distribusi yang belum cukup fleksibel untuk menyesuaikan fluktuasi arus material. Dalam kerangka *supply chain performance*, kondisi ini menunjukkan penurunan responsivitas sistem distribusi terhadap dinamika *inbound flow*.

Berdasarkan hasil analisis, terdapat beberapa implikasi manajerial yang dapat diterapkan. Pertama, perusahaan perlu meningkatkan kapasitas distribusi mingguan hingga minimal menyamai rata-rata barang masuk, yaitu 8,5 ton per minggu. Kedua, distribusi perlu memprioritaskan komoditas dengan kontribusi tonase terbesar, terutama besi, agar tekanan terhadap kapasitas gudang dapat dikurangi secara lebih efektif. Ketiga, implementasi sistem pencatatan persediaan sederhana berbasis monitoring stok aktual diperlukan untuk mendukung pengambilan keputusan distribusi yang lebih adaptif. Keempat, perusahaan dapat menetapkan ambang utilisasi gudang sebagai *early warning threshold* agar intervensi distribusi dilakukan sebelum kapasitas mendekati kondisi kritis.

Secara teoretis, penelitian ini menunjukkan bahwa indikator sederhana berupa keseimbangan arus, utilisasi kapasitas, dan *inventory turnover* dapat digunakan sebagai alat evaluasi performa distribusi pada usaha informal berbasis material daur ulang yang selama ini masih jarang dikaji dalam literatur supply chain management di negara berkembang.

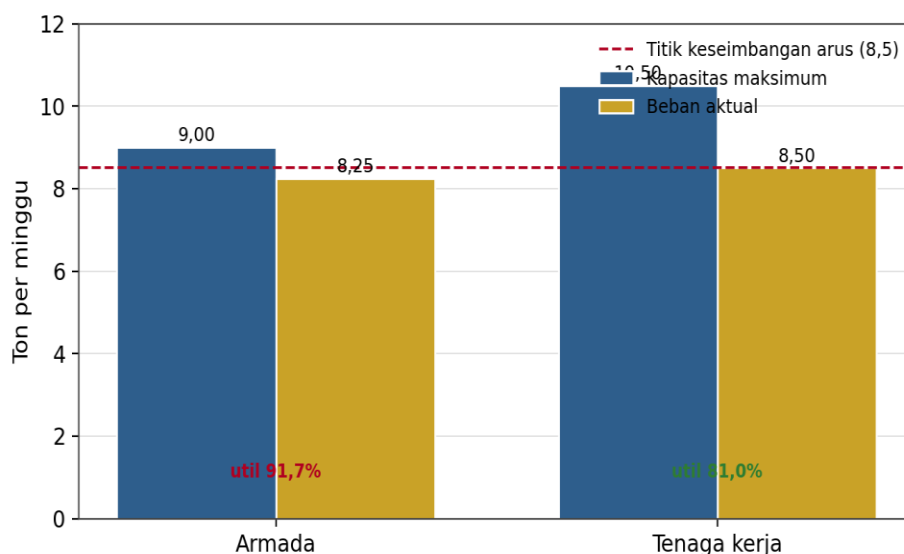
Kendala Tenaga Kerja dan Armada: Diagnosis Sistemik Operasional

Pertanyaan mendasar yang muncul dari hasil analisis pada bagian sebelumnya adalah faktor penyebab utama ketidakmampuan sistem distribusi dalam menjaga keseimbangan antara arus masuk dan arus keluar material. Penelusuran terhadap proses operasional menunjukkan bahwa akar permasalahan tidak terletak pada lemahnya permintaan pasar, melainkan pada keterbatasan dua sumber daya internal utama, yaitu tenaga kerja dan armada pengangkut.

Dalam perspektif sistem rantai pasok, kedua komponen tersebut berfungsi sebagai *capacity constraints* yang secara langsung menentukan throughput distribusi. Goldratt & Cox (2014) melalui *Theory of Constraints* menjelaskan bahwa performa keseluruhan suatu sistem operasional ditentukan oleh titik hambat utama (*bottleneck*) yang membatasi kapasitas output. Pada kasus UD. DOA ABADI, keterbatasan tenaga kerja memperlambat aktivitas penyortiran, pengemasan, dan pemuatan, sementara keterbatasan armada membatasi frekuensi distribusi mingguan. Kombinasi kedua faktor tersebut menjelaskan mengapa tambahan pasokan pada bulan dengan lima minggu operasional secara konsisten menghasilkan akumulasi stok yang lebih tinggi.

Analisis Kapasitas Tenaga Kerja dan Armada

Untuk memverifikasi secara kuantitatif sumber kendala operasional yang telah diidentifikasi pada Subbab 4.8, kapasitas tenaga kerja dan armada dianalisis secara terpisah dan dibandingkan terhadap beban arus barang mingguan. Hasil perhitungan disajikan pada Grafik 6 dan Tabel 5.



Gambar 6. Kapasitas vs beban mingguan armada dan tenaga kerja (Ton)

Tabel 4. Analisis kapasitas armada dan tenaga kerja (per minggu)

Komponen	Parameter	Nilai
Armada	Jumlah armada (unit)	1
Armada	Kapasitas per ritase (ton)	3,0
Armada	Ritase aktual per minggu	2-3 ($\approx 2,75$)
Armada	Kapasitas maksimum (ton/mg)	9,0
Armada	Beban aktual (ton/mg)	8,25
Armada	Utilisasi	91,7%
Tenaga kerja	Jumlah pekerja sortir-muat	3
Tenaga kerja	Produktivitas (ton/org/hari)*	0,7
Tenaga kerja	Kapasitas maksimum (ton/mg)	10,5
Tenaga kerja	Beban aktual (ton/mg)	8,5
Tenaga kerja	Utilisasi	81,0%

Analisis menunjukkan bahwa armada distribusi beroperasi pada tingkat utilisasi sebesar 91,7%, yaitu 8,25 ton per minggu dari kapasitas maksimum sekitar 9,0 ton per minggu. Kondisi ini menunjukkan bahwa sistem transportasi perusahaan bekerja sangat dekat dengan batas kapasitas maksimum (*near full capacity condition*), sehingga ruang fleksibilitas operasional yang tersedia hanya sekitar 8%. Dalam teori kapasitas operasi, slack capacity yang terlalu rendah menunjukkan tingginya kerentanan sistem terhadap gangguan operasional kecil sekalipun.

Sebaliknya, tenaga kerja pada aktivitas sortir dan muat masih memiliki utilisasi sekitar 81,0%, yaitu 8,5 ton dari kapasitas maksimum 10,5 ton per minggu. Kondisi ini menunjukkan bahwa tenaga kerja belum menjadi *bottleneck* utama pada kondisi operasi normal, meskipun kapasitas cadangan tersebut dapat menyempit pada periode dengan volume pasokan lebih tinggi.

Goldratt & Cox (2014) melalui Theory of Constraints menjelaskan bahwa performa keseluruhan sistem operasional ditentukan oleh komponen dengan kapasitas paling sempit (*system bottleneck*). Berdasarkan hasil analisis, armada distribusi merupakan constraint utama yang saat ini membatasi throughput sistem. Oleh karena itu, intervensi peningkatan kapasitas distribusi, baik melalui penambahan ritase maupun penggunaan kendaraan dengan kapasitas angkut lebih besar, diperkirakan akan memberikan dampak terbesar dalam menghilangkan defisit distribusi sebesar 0,25 ton per minggu yang sebelumnya teridentifikasi.

Penilaian Kinerja Distribusi Berbasis Model SCOR

Sebagai sintesis terhadap seluruh indikator operasional, performa distribusi UD. DOA ABADI selanjutnya dipetakan menggunakan kerangka Supply Chain Operations Reference (SCOR) yang dikembangkan (APICS, 2017). Penerapan SCOR pada konteks usaha kecil serupa juga dilaporkan efektif oleh (Qurtubi et al., 2022), yang menunjukkan bahwa kerangka ini dapat diadaptasi untuk mengevaluasi performa rantai pasok pada industri skala kecil dengan keterbatasan data operasional. Penilaian dilakukan terhadap empat atribut utama yang dapat dievaluasi berdasarkan data operasional tersedia, yaitu *reliability*, *responsiveness*, *agility*, dan *asset management*.

Tabel 6. Kartu skor (scorecard) SCOR Level-1 UD. DOA ABADI

Atribut SCOR	Metrik	Nilai	Penilaian
Reliability	Rasio pemenuhan (keluar/masuk)	97,0%	Baik, belum 100%
Responsiveness	Frekuensi pengiriman	2–3 ritase/mg	Terbatas armada
Agility	Slack kapasitas armada	≈8%	Rendah, rentan
Asset management	Turnover; utilisasi; hari persediaan	1,41x; 52,1%; ~21 hr	Perputaran melambat

Hasil *scorecard* pada Tabel 6 menunjukkan bahwa atribut *reliability* berada pada kondisi relatif baik dengan rasio distribusi keluar terhadap barang masuk sebesar 97,0%. Nilai ini menunjukkan bahwa secara umum perusahaan masih mampu mendistribusikan hampir seluruh material yang diterima, meskipun masih terdapat sekitar 3% material yang secara konsisten terakumulasi dalam sistem.

Atribut *responsiveness* dan *agility* menunjukkan performa yang lebih lemah. Frekuensi pengiriman yang terbatas pada 2–3 ritase per minggu menunjukkan kemampuan respons distribusi yang relatif rendah terhadap perubahan volume pasokan. Sementara itu, slack capacity armada yang hanya sekitar 8% menunjukkan fleksibilitas operasional yang terbatas sehingga sistem menjadi rentan terhadap gangguan distribusi maupun lonjakan pasokan temporer.

Pada sisi *asset management*, peningkatan utilisasi gudang hingga 57,6% yang diikuti perlambatan *inventory turnover* menunjukkan bahwa efisiensi pemanfaatan aset operasional mengalami penurunan secara gradual. Ntabe et al. (2015) menjelaskan bahwa kombinasi penurunan *asset turnover* dan keterbatasan *agility* merupakan indikator awal melemahnya performa distribusi dalam sistem rantai pasok dengan kapasitas terbatas.

Secara keseluruhan, evaluasi berbasis SCOR menegaskan bahwa kelemahan utama sistem distribusi perusahaan terletak pada keterbatasan kapasitas transportasi keluar, yang pada akhirnya menekan performa rantai pasok secara keseluruhan dan berpotensi mengganggu keberlanjutan operasional dalam jangka panjang.

Konteks Spasial sebagai Faktor Eksternal Kinerja Distribusi

Selain faktor internal operasional, performa distribusi UD. DOA ABADI juga dipengaruhi oleh konteks spasial lokasi usaha. Perusahaan berlokasi di Kelurahan Bandarharjo, Kecamatan Semarang

Utara, kawasan pesisir perkotaan yang berdekatan dengan kawasan Pelabuhan Tanjung Emas dan memiliki karakteristik aktivitas perdagangan, distribusi, serta pergudangan yang cukup intensif (Pemerintah Kota Semarang, 2004, 2021).

Karakteristik spasial kawasan menjadi relevan karena penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa performa sistem logistik perkotaan tidak hanya dipengaruhi kapasitas internal perusahaan, tetapi juga kondisi lingkungan eksternal seperti kualitas jaringan transportasi, risiko gangguan aksesibilitas, dan kerentanan lingkungan kawasan. Rodrigue (2020) menjelaskan bahwa *urban freight systems* sangat sensitif terhadap gangguan aksesibilitas lokal karena distribusi sangat bergantung pada kontinuitas jaringan pergerakan barang. Tinjauan sistematis (Silva et al., 2023) terhadap literatur last-mile logistics perkotaan turut menegaskan bahwa gangguan aksesibilitas lokal, termasuk akibat kondisi lingkungan seperti genangan dan kemacetan, menjadi salah satu sumber inefisiensi utama pada tahap distribusi akhir yang selama ini kurang mendapat perhatian dibandingkan aspek operasional internal perusahaan.

Dalam konteks lokasi penelitian, kawasan Bandharharjo merupakan salah satu wilayah pesisir Kota Semarang dengan tingkat penurunan muka tanah dan kejadian banjir rob tertinggi, mencapai sekitar 20 cm per tahun dan genangan yang pernah meliputi sekitar 71% luas Kecamatan Semarang Utara pada peristiwa rob besar tahun 2014 (Gumilar, 2017; Hamdani et al., 2021; Handoyo et al., 2016). Temuan ini sejalan dengan hasil eksperimen lapangan (Neise et al., 2021) di Jakarta dan Semarang, yang menunjukkan bahwa usaha mikro, kecil, dan menengah di kawasan pesisir kedua kota tersebut menghadapi risiko banjir yang tinggi namun memiliki kapasitas adaptif yang terbatas untuk berkontribusi pada upaya mitigasi kolektif. Studi (Isa & Mardalis, 2022) pada UMKM di kawasan rawan banjir Jawa Tengah turut memperkuat gambaran ini, dengan menunjukkan bahwa aspek sensitivitas ekonomi, seperti hilangnya pendapatan dan gangguan operasional harian, umumnya menjadi faktor kerentanan yang paling dominan dibandingkan aspek keterpaparan fisik semata. Kondisi tersebut berpotensi memperburuk keterbatasan kapasitas distribusi yang sebelumnya telah diidentifikasi melalui analisis armada, khususnya pada periode musim hujan ketika akses jalan dapat mengalami gangguan genangan. Dengan demikian, temuan penelitian ini menunjukkan bahwa penurunan performa distribusi tidak semata dipengaruhi faktor internal perusahaan, tetapi juga dipengaruhi kondisi spasial eksternal yang membentuk lingkungan operasional perusahaan.

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa sistem distribusi pada rantai pasok UD. DOA ABADI belum berada pada kondisi operasional yang sepenuhnya seimbang, di mana kapasitas distribusi keluar masih cenderung tertinggal dibandingkan laju pasokan masuk sehingga memicu akumulasi persediaan dan penurunan efisiensi operasional secara bertahap. Analisis lebih lanjut mengidentifikasi armada distribusi sebagai bottleneck utama yang membatasi fleksibilitas sistem, sementara dominasi komoditas besi menjadi sumber tekanan terbesar terhadap kapasitas penyimpanan. Selain faktor internal, kondisi keruangan eksternal berupa kerentanan banjir rob di kawasan pesisir Semarang Utara berpotensi memperbesar hambatan distribusi yang telah ada. Penelitian ini menunjukkan bahwa integrasi analisis operasional sederhana dengan kerangka SCOR dapat digunakan secara efektif untuk mengevaluasi performa usaha reverse logistics informal skala mikro. Penelitian selanjutnya disarankan

memperluas objek studi, menambahkan dimensi biaya distribusi, serta menggunakan data operasional yang lebih rinci agar evaluasi sistem rantai pasok dapat dilakukan secara lebih komprehensif.

DAFTAR PUSTAKA

- Agrawal, S., Singh, R. K., & Murtaza, Q. (2015). A literature review and perspectives in reverse logistics. *Resources, Conservation and Recycling*, 97, 76–92. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2015.02.009>
- APICS. (2017). *Supply chain operations reference (SCOR) model: Version 12.0*. APICS Supply Chain Council.
- Beamon, B. M. (1999). Measuring supply chain performance. *International Journal of Operations & Production Management*, 19(3), 275–292. <https://doi.org/10.1108/01443579910249714>
- Boysen, N., Fedtke, S., & Schwerdfeger, S. (2021). Last-mile delivery concepts: A survey from an operational research perspective. *OR Spectrum*, 43(1), 1–58. <https://doi.org/10.1007/s00291-020-00607-8>
- Breivik, J., Larsen, N. M., Thyholdt, S. B., & Myrland, Ø. (2021). Measuring inventory turnover efficiency using stochastic frontier analysis: Building materials and hardware retail chains in Norway. *International Journal of Systems Science: Operations & Logistics*, 10(1). <https://doi.org/10.1080/23302674.2021.1964635>
- Christopher, M. (2016). *Logistics and supply chain management* (5th ed.). Pearson Education.
- Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2018). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (5th ed.). SAGE.
- Fernando, Y., Shaharudin, M. S., & Abideen, A. Z. (2023). Circular economy-based reverse logistics: Dynamic interplay between sustainable resource commitment and financial performance. *European Journal of Management and Business Economics*, 32(1), 91–112. <https://doi.org/10.1108/EJMBE-08-2020-0254>
- Figueroa-Rivera, E., Bautista-Gonzales, A., & Quiroz-Flores, J. (2022). *Increased productivity of storage and picking processes in a mass-consumption warehouse applying Lean Warehousing tools: A research in Peru*. 1–11. <https://doi.org/10.18687/LACCEI2022.1.1.120>
- Goldratt, E. M., & Cox, J. (2014). *The goal: A process of ongoing improvement* (4th rev. ed., 30th anniversary ed.). North River Press.
- Govindan, K., & Soleimani, H. (2017). A review of reverse logistics and closed-loop supply chains: A Journal of Cleaner Production focus. *Journal of Cleaner Production*, 142, 371–384. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.03.126>
- Govindan, K., Soleimani, H., & Kannan, D. (2015). Reverse logistics and closed-loop supply chain: A comprehensive review to explore the future. *European Journal of Operational Research*, 240(3), 603–626. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2014.07.012>
- Gumilar, G. (2017). Pemanfaatan Instagram sebagai Sarana Promosi oleh Pengelola Industri Kreatif Fashion di Kota Bandung. *Jurnal Ilmu Politik Dan Komunikasi*, 5(2). <https://doi.org/10.34010/jipsi.v5i2.228>
- Hamdani, R. S., Hadi, S. P., & Rudiarto, I. (2021). Progress or regress? A systematic review on two decades of monitoring and addressing land subsidence hazards in Semarang City. *Sustainability*, 13(24), 13755. <https://doi.org/10.3390/su132413755>

- Handoyo, G., Suryoputro, A. A., & Subardjo, P. (2016). Genangan banjir rob di Kecamatan Semarang Utara. *Jurnal Kelautan Tropis*, 19(1), 55–59. <https://doi.org/10.14710/jkt.v19i1.601>
- Isa, M., & Mardalis, A. (2022). Flood vulnerability and economic valuation of small and medium-sized enterprise owners to enhance sustainability. *Jàmbá: Journal of Disaster Risk Studies*, 14(1), a1306. <https://doi.org/10.4102/jamba.v14i1.1306>
- Ivanov, D. (2021). Supply chain viability and the COVID-19 pandemic: A conceptual and formal generalisation of four major adaptation strategies. *International Journal of Production Research*, 59(12), 3535–3552. <https://doi.org/10.1080/00207543.2021.1890852>
- Kazancoglu, Y., Ekinici, E., Mangla, S. K., Sezer, M. D., & Kayikci, Y. (2021). Performance evaluation of reverse logistics in food supply chains in a circular economy using system dynamics. *Business Strategy and the Environment*, 30(1), 71–91. <https://doi.org/10.1002/bse.2610>
- Kazancoglu, Y., Kazancoglu, I., & Sagnak, M. (2018). A new holistic conceptual framework for green supply chain management performance assessment based on circular economy. *Journal of Cleaner Production*, 195, 1282–1299. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.06.015>
- Kristanto, G. A., Kemala, D., & Nandhita, P. A. C. (2022). Challenges confronting waste pickers in Indonesia: An on-field analysis. *Waste Management & Research*. <https://doi.org/10.1177/0734242X211029181>
- Mukherjee, S., Nagariya, R., Mathiyazhagan, K., Baral, M. M., Pavithra, M. R., & Appolloni, A. (2024). Artificial intelligence-based reverse logistics for improving circular economy performance: A developing country perspective. *The International Journal of Logistics Management*. <https://doi.org/10.1108/IJLM-03-2023-0102>
- Neise, T., Sambodo, M. T., & Revilla Diez, J. (2021). Are micro-, small- and medium-sized enterprises willing to contribute to collective flood risk reduction? Scenario-based field experiments from Jakarta and Semarang, Indonesia. *Organization & Environment*, 34(2), 219–242. <https://doi.org/10.1177/1086026619875435>
- Ntabe, E. N., LeBel, L., Munson, A. D., & Santa-Eulalia, L. A. (2015). A systematic literature review of the supply chain operations reference (SCOR) model application with special attention to environmental issues. *International Journal of Production Economics*, 169, 310–332. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2015.08.008>
- Pemerintah Kota Semarang. (2004). *Peraturan Daerah Kota Semarang Nomor 8 Tahun 2004 tentang Rencana Detail Tata Ruang Kota (RDTRK) Semarang, Bagian Wilayah Kota III (Kecamatan Semarang Utara dan Kecamatan Semarang Barat) Tahun 2000–2010*. Sekretariat Daerah Kota Semarang.
- Pemerintah Kota Semarang. (2021). *Peraturan Daerah Kota Semarang Nomor 5 Tahun 2021 tentang Perubahan atas Peraturan Daerah Kota Semarang Nomor 14 Tahun 2011 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Semarang Tahun 2011–2031*. Sekretariat Daerah Kota Semarang.
- Pushpamali, N. N. C., Agdas, D., Rose, T. M., & Yigitcanlar, T. (2021). Stakeholder perception of reverse logistics practices on supply chain performance. *Business Strategy and the Environment*, 30(1), 60–70. <https://doi.org/10.1002/bse.2609>
- Qurtubi, Q., Yanti, R., & Maghfiroh, M. F. N. (2022). Supply chain performance measurement on small medium enterprise garment industry: Application of supply chain operation reference. *Jurnal Sistem Dan Manajemen Industri*, 6(1), 14–22. <https://doi.org/10.30656/jsmi.v6i1.4536>
- Rodrigue, J.-P. (2020). *The geography of transport systems* (5th ed.). Routledge.

- Rogers, D. S., & Tibben-Lembke, R. (2001). An examination of reverse logistics practices. *Journal of Business Logistics*, 22(2), 129–148. <https://doi.org/10.1002/j.2158-1592.2001.tb00007.x>
- Sargent, R. G. (2020). Verification and validation of simulation models: An advanced tutorial. *Proceedings of the 2020 Winter Simulation Conference (WSC)*, 16–29. <https://doi.org/10.1109/WSC48552.2020.9384052>
- Saleheen, F., Habib, M. M., & Hanafi, Z. (2018). Supply chain performance measurement model: A literature review. *International Journal of Supply Chain Management*, 7(3), 70–78.
- Silva, V., Amaral, A., & Fontes, T. (2023). Sustainable urban last-mile logistics: A systematic literature review. *Sustainability*, 15(3), 2285. <https://doi.org/10.3390/su15032285>
- Sterman, J. D. (2000). *Business dynamics: Systems thinking and modeling for a complex world*. McGraw-Hill.
- Velis, C. A., Hardesty, B. D., Cottom, J. W., & Wilcox, C. (2022). Enabling the informal recycling sector to prevent plastic pollution and deliver an inclusive circular economy. *Environmental Science & Policy*, 138, 20–25. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2022.09.008>
- Yin, R. K. (2018). *Case study research and applications: Design and methods* (6th ed.). SAGE.