



Optimasi Loading Bay Menggunakan Model Antrian M/M/1 untuk Meningkatkan Efisiensi Bongkar Muat pada Industri Kawat Baja

Loading Bay Optimization Using the M/m/1 Queueing Model to Improve Loading and Unloading Efficiency in the Steel Wire Industry

Fitrianto ¹, Lia Kian ²

043719952@ecampus.ut.ac.id

¹ Universitas Terbuka, Banten, Indonesia

² Universitas Djuanda, West Java, Indonesia

Info Article

| Submitted: 2 June 2026 | Revised: 17 June 2026 | Accepted: 21 June 2026

| Published: 21 June 2026

How it Cited : Fitrianto, etc., "Optimasi Loading Bay Menggunakan Model Antrian M/M/1 untuk Meningkatkan Efisiensi Bongkar Muat pada Industri Kawat Baja", *Nexus: Journal of Cross-Disciplinary Insights*, Vol. 2, No. 1, 2026, P. 82-103.

ABSTRACT

Limited loading bay facilities at a steel wire manufacturing company can lead to vehicle queues, longer waiting times, and bottlenecks during import and export container loading and unloading. This study aims to analyze the effectiveness of loading bay optimization in improving container handling performance. The research employed a descriptive-comparative method with a quantitative approach and a case study design. The analysis was conducted using queueing theory with the M/M/1 queue model based on operational data from October 2025 and April 2026 collected through observation, documentation, and literature review. The results showed that the average container time in the system decreased from 818.07 minutes/container in October 2025 to 401.32 minutes/container in April 2026, representing a reduction of 50.95%. In addition, waiting time in October 2025 was higher than in April 2026 due to the imbalance between arrival rates and service capacity. The novelty of this research lies in the application of the M/M/1 queue model as an analytical tool to evaluate the impact of loading bay optimization on loading and unloading efficiency in the steel wire industry. Unlike previous studies that generally focus on measuring queue performance, this study integrates queue parameter analysis before and after optimization so as to be able to show the direct effect of operational improvements on system performance. This study concludes that optimizing loading bay usage and queue system management can significantly improve loading and unloading operational efficiency. The scientific contribution of this research is to provide empirical evidence regarding the effectiveness of the M/M/1 model in supporting evaluation and operational decision making in loading bay facilities, as well as providing a reference for manufacturing industries that have limited service capacity in an effort to reduce bottlenecks and increase logistics productivity.

Keyword: loading bay, queueing theory, bottleneck, performance optimization, container handling.

ABSTRAK

Keterbatasan fasilitas *loading bay* pada perusahaan industri kawat baja berpotensi menyebabkan antrian kendaraan, peningkatan *waiting time*, dan *bottleneck* pada aktivitas bongkar muat kontainer impor dan ekspor. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas optimalisasi *loading bay* terhadap peningkatan kinerja bongkar muat kontainer. Penelitian menggunakan metode deskriptif komparatif dengan pendekatan kuantitatif dan studi kasus. Analisis dilakukan menggunakan teori antrian (*queueing theory*) dengan model antrian M/M/1 berdasarkan data operasional periode Oktober 2025 dan April 2026 yang diperoleh melalui observasi, dokumentasi, dan studi literatur. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata waktu kontainer dalam sistem mengalami penurunan dari 818,07 menit / kontainer pada Oktober 2025 menjadi 401,32 menit / kontainer pada April 2026 atau turun sebesar 50,95%. Selain itu, *waiting time* pada periode Oktober 2025 lebih tinggi dibandingkan April 2026 akibat ketidakseimbangan antara tingkat kedatangan dan kapasitas pelayanan. Kebaruan penelitian ini terletak pada penerapan model antrian M/M/1 sebagai alat analisis untuk mengevaluasi dampak optimasi *loading bay* terhadap efisiensi bongkar muat pada industri kawat baja. Berbeda dengan penelitian terdahulu yang umumnya berfokus pada

pengukuran kinerja antrian, penelitian ini mengintegrasikan analisis parameter antrian sebelum dan sesudah optimasi sehingga mampu menunjukkan pengaruh langsung perbaikan operasional terhadap kinerja sistem. Penelitian ini menyimpulkan bahwa optimasi penggunaan *loading bay* dan pengelolaan sistem antrian mampu meningkatkan efisiensi operasional bongkar muat secara signifikan. Kontribusi ilmiah penelitian ini adalah memberikan bukti empiris mengenai efektivitas model M/M/1 dalam mendukung evaluasi dan pengambilan keputusan operasional pada fasilitas *loading bay*, serta menyediakan referensi bagi industri manufaktur yang memiliki keterbatasan kapasitas pelayanan dalam upaya mengurangi *bottleneck* dan meningkatkan produktivitas logistik.

Kata Kunci: *loading bay*, Teori antrian (*queueing theory*), *bottleneck*, optimasi kinerja, bongkar muat kontainer.

Pendahuluan

Manajemen operasi merupakan disiplin ilmu yang berfokus pada pengelolaan proses produksi barang dan jasa melalui pemanfaatan sumber daya secara optimal untuk menghasilkan kinerja operasional yang produktif dan berkelanjutan. Dalam perspektif sistem, manajemen operasi mencakup pengaturan berbagai aktivitas yang saling terintegrasi guna mendukung kelancaran proses operasional dan distribusi. Keberhasilan suatu sistem operasi umumnya diukur berdasarkan tingkat produktivitas yang dihasilkan perusahaan. Produktivitas menunjukkan kemampuan perusahaan dalam menghasilkan output secara optimal dalam periode tertentu dengan penggunaan input yang efisien (Urrahmi et al, 2023). Oleh karena itu, perusahaan dituntut untuk mampu mengelola seluruh faktor operasional secara produktif melalui penerapan strategi perbaikan dan optimasi proses kerja secara berkelanjutan. Manajemen operasi memiliki fungsi yang lebih luas daripada sekadar mencapai efisiensi operasional, karena bidang ini juga berkontribusi terhadap peningkatan kinerja produksi melalui penerapan sistem proses yang terintegrasi dalam setiap aktivitas operasional perusahaan (Jumady, 2025).

Kelancaran distribusi logistik menjadi salah satu faktor penting yang memengaruhi efektivitas aktivitas perusahaan sekaligus mendukung keberlangsungan rantai pasok agar berjalan optimal, sekaligus mendukung keberlangsungan rantai pasok agar tetap berjalan secara optimal. (Sahara & Saputra, 2023). Dalam industri manufaktur, aktivitas logistik dan distribusi memiliki peranan penting dalam menjaga kelancaran perpindahan material dari proses hulu hingga ke tahap hilir. Salah satu fasilitas pendukung dalam kegiatan tersebut adalah fasilitas *loading bay*, yaitu area yang digunakan untuk proses bongkar muat barang dari maupun ke kendaraan distribusi. Pengelolaan *loading bay* yang dilakukan secara optimal dapat membantu memperlancar arus material, mempercepat waktu pelayanan, serta meningkatkan kinerja operasional perusahaan secara menyeluruh. Namun, apabila kapasitas fasilitas yang tersedia terbatas, kondisi tersebut dapat menyebabkan antrian kendaraan, meningkatnya

waktu tunggu (*waiting time*), serta terhambatnya proses bongkar muat yang pada akhirnya berdampak pada kelancaran distribusi barang.

Objek dalam penelitian ini merupakan perusahaan manufaktur yang bergerak di bidang produksi kawat baja. Dalam menjalankan kegiatan operasionalnya, perusahaan memanfaatkan bahan baku impor serta melakukan distribusi produk jadi ke pasar internasional melalui aktivitas ekspor. Kegiatan logistik yang dilakukan meliputi proses bongkar muat peti kemas yang memiliki peranan penting dalam mendukung kelancaran rantai pasok perusahaan. Dari sisi operasional, pengelolaan logistik dilakukan melalui pengaturan arus barang secara terencana serta didukung oleh sistem informasi internal guna meningkatkan efektivitas pelaksanaan kegiatan operasional (Irawan et al, 2022). Meskipun demikian, perusahaan saat ini hanya memiliki satu fasilitas *loading bay* yang digunakan secara bersamaan untuk kegiatan bongkar muat bahan baku maupun produk jadi. Kondisi tersebut berpotensi menyebabkan terjadinya antrian kendaraan serta meningkatnya waktu tunggu, khususnya ketika kontainer impor dan ekspor datang dalam waktu yang hampir bersamaan.

Keterbatasan fasilitas *loading bay* tersebut dapat dikategorikan sebagai *bottleneck*, yaitu kondisi ketika suatu tahapan dalam proses operasional memiliki kapasitas yang lebih rendah dibandingkan tahapan lainnya sehingga menghambat kelancaran alur kerja secara keseluruhan (Prakoso et al, 2024). Kondisi *bottleneck* tersebut dapat menyebabkan peningkatan *waiting time* dan *dwelling time* kontainer, sehingga berdampak pada menurunnya efisiensi kegiatan bongkar muat secara keseluruhan. Berdasarkan data operasional perusahaan, rata-rata keterlambatan proses bongkar muat pada periode Oktober 2025 tercatat mencapai lebih dari 12 jam untuk setiap kontainer. Kondisi ini menunjukkan bahwa sistem operasional yang berjalan masih belum optimal, sehingga diperlukan upaya perbaikan melalui strategi optimasi penggunaan fasilitas *loading bay*.

Berbagai penelitian terdahulu menunjukkan bahwa kajian mengenai aktivitas bongkar muat dan kelancaran operasional lebih banyak difokuskan pada aspek tata letak fasilitas (*layout*) dan sistem penjadwalan produksi yang mempengaruhi efisiensi proses operasional (Januarny & Harimurti, 2021). Selain itu, beberapa penelitian terdahulu juga mengkaji pengaruh penggunaan moda transportasi darat terhadap efektivitas pelaksanaan proses bongkar muat barang. (Astuti et al, 2023). Namun, penelitian-penelitian tersebut umumnya berfokus pada peningkatan efisiensi melalui perbaikan tata letak, penjadwalan, dan transportasi, sehingga masih terbatas dalam mengkaji kinerja sistem antrian pada fasilitas *loading bay* yang memiliki kapasitas pelayanan terbatas. Di sisi lain, kondisi operasional perusahaan manufaktur yang hanya memiliki satu fasilitas *loading bay* untuk melayani aktivitas bongkar muat kontainer impor dan ekspor secara bersamaan berpotensi menimbulkan *bottleneck*, peningkatan waktu tunggu, dan penurunan

efisiensi operasional. Meskipun permasalahan tersebut banyak dijumpai dalam praktik industri, kajian yang mengaplikasikan model antrian M/M/1 untuk mengevaluasi efektivitas optimasi *loading bay* pada kondisi satu fasilitas *loading bay* masih relatif terbatas. Dengan demikian, terdapat *research gap* berupa belum tersedianya kajian yang secara khusus mengintegrasikan analisis sistem antrian dengan evaluasi strategi optimasi *loading bay* pada industri manufaktur yang memiliki keterbatasan fasilitas pelayanan.

Berdasarkan kondisi tersebut, unsur kebaruan (*novelty*) dalam penelitian menjadi aspek penting karena menunjukkan adanya perbedaan maupun pengembangan dari penelitian sebelumnya, sekaligus memberikan kontribusi terhadap pengembangan ilmu pengetahuan dan praktik operasional perusahaan. Selain memperkaya kajian akademik, kebaruan penelitian juga berperan dalam meningkatkan keandalan serta nilai manfaat dari pengetahuan baru yang dihasilkan (Haqqi & Risnita, 2023).

Perbedaan penelitian ini dengan penelitian terdahulu yaitu, penelitian sebelum lebih menitikberatkan pada aspek transportasi dan distribusi, sedangkan penelitian ini menyoroti pengaruh karakteristik sistem antrian terhadap kinerja bongkar muat pada fasilitas *loading bay* yang terbatas. Temuan ini menunjukkan bahwa faktor internal berupa kapasitas pelayanan memiliki pengaruh yang sama pentingnya dengan faktor eksternal dalam menentukan efisiensi logistik perusahaan. Dalam penelitian ini, unsur kebaruan (*novelty*) terletak pada penerapan pendekatan sistem antrian dan analisis operasional untuk mengevaluasi efektivitas strategi optimasi *loading bay* pada kondisi keterbatasan fasilitas, di mana perusahaan hanya memiliki satu fasilitas *loading bay* yang digunakan untuk aktivitas bongkar muat impor dan ekspor secara bersamaan. Selain itu, penelitian ini juga melakukan analisis perbandingan kinerja bongkar muat antara periode Oktober 2025 dan April 2026. Pendekatan tersebut termasuk dalam penelitian komparatif yang digunakan untuk membandingkan satu atau lebih variabel pada sampel maupun kondisi operasional yang berbeda dalam rentang waktu tertentu (Machali, 2021). Hal ini didasarkan pada indikator *waiting time* dan *dwelling time* kontainer.

Pendekatan ini diharapkan mampu memberikan gambaran kuantitatif mengenai tingkat efisiensi penggunaan fasilitas *loading bay* serta dampak penerapan strategi optimasi terhadap kelancaran aktivitas bongkar muat perusahaan dan juga difokuskan pada aktivitas bongkar muat kontainer di fasilitas *loading bay* pada perusahaan industri kawat baja dengan menggunakan data operasional periode Oktober 2025 dan April 2026. Penelitian ini tidak membahas aspek biaya secara rinci serta tidak mencakup keseluruhan sistem rantai pasok perusahaan, melainkan terbatas pada proses keluar-masuk kontainer pada fasilitas *loading bay*.

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas strategi optimasi *loading bay* dalam mengurangi *waiting time* serta meningkatkan efisiensi proses bongkar muat kontainer. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk menganalisis tingkat optimalisasi penggunaan fasilitas *loading bay* dan mengidentifikasi faktor-faktor penyebab ketidakefisienan operasional akibat keterbatasan fasilitas yang tersedia.

Melalui pendekatan teori antrian (*queueing theory*) yang digunakan untuk mempelajari, menganalisis, dan meningkatkan efisiensi proses menunggu atau antrian dalam suatu sistem pelayanan (Pratama & Sovia, 2024) dan *theory of constraints* (TOC) kinerja suatu sistem dibatasi oleh satu atau beberapa kendala utama (*bottleneck*), sehingga peningkatan kinerja harus difokuskan pada optimalisasi titik kendala tersebut (Orue et al., 2021). Menurut (Samosir & Setiawannie, 2023). kelebihan metode *theory of constraint* ini adalah dapat menyeimbangkan aliran proses produk pada setiap stasiun kerja dengan baik dan efisien. Disamping itu, penelitian ini diharapkan mampu merumuskan strategi optimasi penggunaan fasilitas *loading bay* guna meningkatkan kelancaran aktivitas bongkar muat dan meminimalkan potensi *bottleneck* pada periode operasional berikutnya.

Suatu penelitian memerlukan landasan yang kuat serta unsur-unsur penting yang tersusun secara sistematis agar hasil penelitian dapat dipertanggungjawabkan dan diakui secara akademik (Hanifah et al, 2025). Secara teoritis, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pengembangan ilmu manajemen operasi, khususnya pada bidang manajemen fasilitas, produktivitas kerja, dan sistem antrian operasional. Secara praktis, hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi bahan evaluasi dan dasar pengambilan keputusan bagi perusahaan dalam meningkatkan efektivitas pengelolaan fasilitas *loading bay*. Kontribusi utama penelitian ini terletak pada penyusunan model analisis berbasis *queueing system* yang dapat digunakan untuk mengevaluasi dan mengoptimalkan kinerja fasilitas *loading bay* secara kuantitatif pada perusahaan manufaktur dengan keterbatasan fasilitas operasional.

Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan jenis penelitian deskriptif komparatif, yaitu metode penelitian yang bertujuan untuk menggambarkan objek atau subjek penelitian secara objektif sekaligus membandingkan perbedaan antara dua kelompok atau lebih untuk mengetahui adanya perbedaan tertentu dalam penelitian (Lakshmi, 2022). Dengan pendekatan kuantitatif yang diawali dengan proses penyiapan data numerik yang akan digunakan dalam pengolahan dan pengujian statistik untuk memperoleh hasil penelitian yang sistematis dan terukur (Siregar, 2021) dan metode studi kasus observasi merupakan metode penelitian

yang dilakukan dengan mengamati serta menganalisis objek penelitian berupa benda fisik, proses, maupun aktivitas yang sedang berlangsung secara langsung di lapangan guna memperoleh data yang dibutuhkan dalam penelitian (Ilhami et al, 2024).

Pendekatan kuantitatif dalam penelitian ini digunakan karena data yang diolah berbentuk numerik, seperti jumlah kontainer, total waktu dalam sistem, *waiting time*, *dwelling time*, serta rata-rata waktu pelayanan kontainer. Metode deskriptif diterapkan untuk memberikan gambaran mengenai kondisi operasional bongkar muat pada fasilitas *loading bay*. Penelitian deskriptif bertujuan untuk mendeskripsikan, menjelaskan, serta memberikan validasi terhadap fenomena yang diteliti berdasarkan data faktual sehingga mampu menggambarkan kondisi objek penelitian secara objektif dan terukur (Ramdhan, 2021), sedangkan pendekatan komparatif digunakan untuk membandingkan kinerja sistem operasional pada periode Oktober 2025 dan April 2026 guna mengidentifikasi persamaan, perbedaan, serta perubahan kondisi operasional yang terjadi setelah penerapan optimasi *loading bay* sehingga dapat dilakukan evaluasi terhadap efektivitas perbaikan sistem yang diterapkan (Firli, 2022). Selain itu, penelitian ini juga menerapkan pendekatan sistem berdasarkan konsep teori antrian (*queueing theory*) guna menganalisis karakteristik sistem antrian, meliputi waktu tunggu, tingkat pelayanan, dan efisiensi operasional pada fasilitas *loading bay*. Pemilihan pendekatan tersebut disesuaikan dengan kondisi operasional perusahaan yang memiliki keterbatasan fasilitas pelayanan bongkar muat, yaitu hanya tersedia satu fasilitas *loading bay* untuk mendukung seluruh aktivitas operasional bongkar muat.

Penelitian ini dilaksanakan pada perusahaan industri kawat baja yang bergerak di bidang manufaktur serta kegiatan logistik impor bahan baku dan ekspor produk jadi. Fokus penelitian diarahkan pada area operasional *loading bay* yang digunakan untuk proses bongkar muat kontainer. Pengumpulan data dilakukan dalam dua periode pengamatan, yaitu Oktober 2025 dan April 2026. Pemilihan kedua periode tersebut dilakukan untuk membandingkan kondisi operasional sebelum dan sesudah dilaksanakannya evaluasi terhadap sistem operasional di fasilitas *loading bay*.

Populasi dalam penelitian ini mencakup seluruh aktivitas kontainer yang masuk dan keluar perusahaan selama periode operasional berlangsung. Sampel penelitian diperoleh dari data operasional bongkar muat kontainer pada periode Oktober 2025 dan April 2026. Periode observasi ditentukan berdasarkan tahapan perubahan operasional yang terjadi di perusahaan. Oktober 2025 digunakan sebagai periode dasar sebelum implementasi perbaikan sistem pengelolaan *loading bay*, sedangkan April 2026 dipilih sebagai periode evaluasi pasca implementasi optimasi operasional. Teknik pengambilan data menggunakan total sampling dengan melibatkan seluruh aktivitas kontainer yang tercatat selama masing-masing

periode pengamatan, yaitu sebanyak 81 kontainer dan 50 kontainer. Pendekatan ini dipilih agar hasil analisis mampu merepresentasikan kondisi aktual sistem serta mendukung evaluasi komparatif terhadap perubahan kinerja operasional yang terjadi. Walaupun data yang digunakan belum sepenuhnya menggambarkan kondisi operasional dalam jangka panjang, data tersebut dianggap cukup representatif untuk menunjukkan karakteristik antrian, *waiting time*, *dwelling time*, serta potensi terjadinya *bottleneck* pada fasilitas *loading bay*. Oleh karena itu, data tersebut dapat dijadikan sebagai dasar dalam melakukan evaluasi dan upaya optimalisasi kinerja operasional perusahaan.

Objek penelitian dalam studi ini meliputi waktu kedatangan kontainer, lama kontainer berada di area gudang, waktu pengeluaran kontainer, serta durasi pelayanan pada proses bongkar muat. Pemilihan dua periode pengamatan tersebut bertujuan untuk mengevaluasi perubahan kinerja sistem bongkar muat pada kondisi operasional yang berbeda.

Tabel 1. Sampel Penelitian

Periode Sampel	Jumlah	Keterangan
Oktober 2025	81	Kontainer
April 2026	50	Kontainer

Sumber : Data kontainer perusahaan yang diolah peneliti, 2026

Sumber data dalam penelitian ini terdiri atas data primer dan data sekunder. Data primer dalam penelitian ini diperoleh melalui observasi langsung terhadap aktivitas bongkar muat yang berlangsung pada area *loading bay* perusahaan. Kegiatan observasi dilakukan untuk mengetahui kondisi operasional secara aktual, pola kedatangan kontainer, tingkat penggunaan fasilitas *loading bay*, serta berbagai hambatan yang muncul selama proses bongkar muat berlangsung. Adapun data sekunder diperoleh dari dokumen dan catatan operasional perusahaan yang berkaitan dengan aktivitas bongkar muat kontainer. Data tersebut mencakup waktu kedatangan kontainer (*arrival time*), waktu pelayanan (*service time*), lama kontainer berada di area gudang (*dwelling time*), serta waktu keberangkatan kontainer (*departure time*).

Instrumen penelitian yang digunakan dalam studi ini berupa data operasional perusahaan yang diperoleh dari catatan kontainer dan tabel rekapitulasi aktivitas bongkar muat. Data tersebut dimanfaatkan untuk menganalisis karakteristik sistem antrian serta tingkat efisiensi operasional pada fasilitas *loading bay*. Untuk menjamin validitas data, dilakukan proses triangulasi antara data dokumentasi perusahaan dengan hasil observasi lapangan. Data operasional berupa *arrival time*, *service time*, *dwelling time*, dan *departure time* diverifikasi melalui pencocokan dengan catatan aktivitas bongkar muat yang

tersedia pada sistem operasional perusahaan. Selain itu, dilakukan pemeriksaan kelengkapan data (*data checking*) untuk memastikan tidak terdapat data ganda, data hilang (*missing data*), maupun pencatatan waktu yang tidak konsisten. Dengan demikian, data yang digunakan dalam penelitian telah memenuhi aspek kesesuaian dan keterwakilan terhadap kondisi operasional yang diteliti.

Metode observasi dilakukan secara langsung di lapangan guna memperoleh gambaran nyata mengenai proses operasional bongkar muat pada fasilitas *loading bay*. Melalui kegiatan observasi, peneliti dapat mengidentifikasi pola kedatangan kontainer, alur pelayanan, tingkat penggunaan fasilitas, serta berbagai kondisi operasional yang berpotensi menyebabkan antrian dan *bottleneck*. Selain itu, observasi juga dimanfaatkan untuk memastikan kesesuaian data dokumentasi yang diperoleh dari perusahaan dengan kondisi operasional yang terjadi di lapangan.

Sementara itu, studi literatur dilakukan dengan menelaah berbagai sumber ilmiah, seperti buku, jurnal, dan publikasi akademik lain yang relevan dengan penelitian. Kajian literatur difokuskan pada konsep produktivitas operasional, teori antrian (*queueing theory*), optimasi sistem, serta *theory of constraints* (TOC). Hasil studi literatur tersebut kemudian digunakan sebagai landasan teoritis dalam mendukung proses analisis dan interpretasi hasil penelitian.

Analisis data dalam penelitian ini dilakukan secara kuantitatif dengan pendekatan komparatif untuk mengevaluasi kinerja sistem bongkar muat pada fasilitas *loading bay*. Pengolahan data dilakukan melalui beberapa tahapan. Tahap pertama adalah pengumpulan data operasional kontainer dari dokumen perusahaan dan hasil observasi lapangan. Tahap kedua adalah proses pembersihan data (*data cleaning*), yaitu memeriksa konsistensi data, menghapus data yang tidak lengkap, serta memastikan kesesuaian format waktu operasional. Tahap ketiga adalah perhitungan parameter operasional yang meliputi waktu rata-rata kontainer dalam sistem (W), *waiting time* (W_q), *dwelling time*, tingkat kedatangan kontainer (λ), tingkat pelayanan (μ), dan tingkat utilisasi sistem (ρ). Tahap keempat adalah analisis sistem antrian menggunakan model M/M/1 untuk mengevaluasi karakteristik antrian dan tingkat efisiensi pelayanan *loading bay*. Tahap terakhir adalah analisis komparatif antara periode Oktober 2025 dan April 2026 untuk mengidentifikasi perubahan kinerja operasional serta mengevaluasi efektivitas strategi optimasi yang diterapkan.

Perhitungan rata-rata waktu kontainer dalam sistem dilakukan guna mengetahui durasi rata-rata kontainer berada dalam proses operasional perusahaan. Pengukuran tersebut menjadi penting karena lamanya kontainer berada di area operasional dapat mempengaruhi efisiensi pelayanan serta berpotensi menimbulkan biaya tambahan, seperti *detention cost*.

Perhitungan waktu rata-rata kontainer dalam sistem menggunakan persamaan berikut:

$$W = T/N$$

Keterangan:

- W = waktu rata-rata kontainer dalam sistem
- T = total waktu seluruh kontainer dalam sistem
- N = jumlah kontainer

Perhitungan *waiting time* digunakan untuk mengidentifikasi lamanya kontainer menunggu sebelum memperoleh pelayanan bongkar muat. Indikator ini digunakan untuk mengevaluasi tingkat efisiensi sistem operasional serta mendeteksi potensi antrian dan *bottleneck*. Perhitungan *waiting time* dilakukan menggunakan persamaan berikut:

$$W_q = W - S$$

Keterangan:

- W_q = waktu tunggu (*waiting time*)
- W = waktu dalam sistem
- S = waktu pelayanan (*service time*)

Analisis sistem antrian dilakukan menggunakan pendekatan teori antrian (*queueing theory*) dengan model M/M/1 (Pratama, T.P. & Sovia, 2024). Model ini digunakan karena sistem pelayanan pada perusahaan hanya memiliki satu fasilitas pelayanan (*single server*), yaitu satu fasilitas *loading bay* yang digunakan untuk seluruh aktivitas bongkar muat. Penggunaan model M/M/1 didasarkan pada asumsi bahwa pola kedatangan kontainer mengikuti distribusi *Poisson* dengan tingkat kedatangan (λ), waktu pelayanan mengikuti distribusi eksponensial dengan tingkat pelayanan (μ), dan sistem pelayanan menggunakan *single server*.

Parameter utama yang dianalisis dalam model antrian meliputi tingkat kedatangan (λ), tingkat pelayanan (μ), dan tingkat utilisasi sistem (ρ). Perhitungan tingkat utilisasi sistem dilakukan menggunakan persamaan berikut:

$$\rho = \lambda/\mu$$

Keterangan:

- ρ = tingkat utilisasi sistem
- λ = tingkat kedatangan kontainer
- μ = tingkat pelayanan kontainer

Nilai utilisasi digunakan untuk mengevaluasi tingkat kesibukan sistem pelayanan. Apabila nilai ρ mendekati atau melebihi 1, maka sistem cenderung mengalami antrian yang tinggi dan berpotensi menimbulkan *bottleneck*. Sebaliknya, apabila nilai $\rho < 1$, maka sistem pelayanan masih berada dalam kondisi stabil dan mampu melayani kedatangan kontainer secara optimal.

Analisis komparatif dilakukan dengan membandingkan kinerja sistem bongkar muat antara periode Oktober 2025 dan April 2026. Perbandingan dilakukan berdasarkan beberapa indikator utama, yaitu waktu rata-rata kontainer dalam sistem, *waiting time*, *dwellling time*, dan tingkat efisiensi operasional. Analisis

ini bertujuan untuk mengidentifikasi perubahan kinerja sistem serta mengevaluasi dampak penerapan strategi optimasi operasional pada fasilitas *loading bay*.

Selain itu, analisis sistem operasional dilakukan untuk mengevaluasi kemampuan fasilitas *loading bay* dalam menangani aktivitas bongkar muat kontainer. Analisis ini mencakup identifikasi tingkat kedatangan dan tingkat pelayanan, evaluasi kapasitas sistem, identifikasi potensi *bottleneck*, serta analisis keseimbangan antara beban kerja dan kapasitas pelayanan. Melalui pendekatan tersebut, penelitian diharapkan mampu memberikan gambaran komprehensif mengenai kondisi operasional *loading bay* serta merumuskan rekomendasi strategi optimasi yang tepat guna meningkatkan efisiensi proses bongkar muat kontainer.

Hasil dan pembahasan

1.1 Pembahasan 1

Data yang diperoleh dari rekapitulasi perusahaan pada periode Oktober 2025 disajikan sebagai berikut:

Tabel 2. Data kontainer bahan baku impor oktober 2025.

No.	Tanggal Masuk	Waktu	No. Kontainer	Ukuran	Tanggal Keluar	Waktu	Waktu Tinggal
1	02-10-25	11:20	TRIU0382890	20'	02-10-25	16:14	294
2	06-10-25	11:30	BSIU9755031	20'	06-10-25	18:18	408
3	07-10-25	21:33	TIU2186753	20'	08-10-25	11:00	807
4	07-10-25	23:45	OOCU1059410	20'	08-10-25	14:26	641
5	08-10-25	3:00	OOCU1079675	20'	08-10-25	13:58	658
6	08-10-25	3:15	CSIU2635947	20'	08-10-25	11:46	511
7	08-10-25	16:50	FTAU2312939	20'	08-10-25	17:15	25
8	08-10-25	17:00	CSNU265005	20'	08-10-25	17:35	35
9	09-10-25	9:35	OOLU0712640	20'	09-10-25	9:55	20
10	09-10-25	12:27	CSNU2569418	20'	09-10-25	14:00	93
11	09-10-25	14:53	CSNU2631258	20'	09-10-25	15:15	22
12	10-10-25	10:00	CSNU2628523	20'	11-10-25	15:05	1745
13	10-10-25	10:00	CSNU2177915	20'	11-10-25	17:38	1888
14	10-10-25	10:10	OOCU1146979	20'	10-10-25	11:05	55
15	10-10-25	10:41	CSNU2443100	20'	10-10-25	11:30	49
16	10-10-25	11:41	OOCU1186396	20'	10-10-25	18:37	416
17	11-10-25	11:00	CSNU2880923	20'	11-10-25	11:30	30
18	14-10-25	17:45	EGSU9719809	40'	15-10-25	13:18	1173
19	17-10-25	15:15	YMLU3623604	20'	17-10-25	17:15	120
20	17-10-25	15:30	TEMU5478425	20'	17-10-25	18:06	156
21	17-10-25	16:15	TEMU0344887	20'	17-10-25	18:00	105
22	20-10-25	16:18	CSGU2007432	20'	20-10-25	16:40	22
23	20-10-25	16:18	CSGU2624970	20'	20-10-25	16:55	37
24	20-10-25	16:47	CSGU2105505	20'	20-10-25	17:20	33
25	20-10-25	17:15	CSNU2620494	20'	20-10-25	17:40	30
26	20-10-25	21:30	CSGU2093301	20'	21-10-25	18:30	1260

27	20-10-25	22:35	CSNU2639515	20'	21-10-25	10:58	743
28	22-10-25	17:20	TIHU2483469	20'	22-10-25	17:45	25
29	23-10-25	10:45	OOLU2467325	20'	23-10-25	11:30	45
30	23-10-25	11:45	FTAU2315985	20'	23-10-25	13:30	105
31	23-10-25	14:20	OOCU1189203	20'	23-10-25	14:40	30
32	24-10-25	19:25	CSNU2919028	20'	25-10-25	12:15	1010
33	25-10-25	11:45	CSGU2043980	20'	25-10-25	14:50	185
34	27-10-25	13:40	EGSU9169186	40'	28-10-25	9:20	1140
35	27-10-25	14:42	ONeU2030823	20'	30-10-25	10:15	3913
36	27-10-25	14:42	TCLU3903600	20'	28-10-25	9:28	586
37	27-10-25	16:43	CSGU2029386	20'	28-10-25	15:20	1057
38	27-10-25	17:06	CSNU2625487	20'	29-10-25	16:55	2879
39	27-10-25	17:20	CSNU2607251	20'	29-10-25	17:05	2905
40	27-10-25	10:15	CSNU2637662	20'	29-10-25	13:40	3115
41	28-10-25	9:28	TEMU5357130	20'	29-10-25	9:05	1447
42	28-10-25	9:30	ONCU3086869	20'	28-10-25	17:30	480
43	28-10-25	9:32	ONCU2099856	20'	29-10-25	10:57	1445
44	28-10-25	9:45	TRHU3598324	20'	28-10-25	16:14	389
45	28-10-25	15:19	SEGU1956324	20'	28-10-25	15:39	30
46	28-10-25	15:21	TCLU6829147	20'	29-10-25	15:30	1449
47	28-10-25	15:26	TCLU7563405	20'	28-10-25	16:45	79
48	29-10-25	8:55	BMOU1507250	20'	29-10-25	11:20	145
49	29-10-25	9:20	TCLU3270517	20'	29-10-25	9:55	35
50	29-10-25	14:00	TGBU3241745	20'	29-10-25	14:20	20
51	31-10-25	11:57	TRHU8898847	40'	31-10-25	16:50	293

Total waktu kontainer tinggal

34183

Sumber : Data kontainer perusahaan yang diolah peneliti, 2026

Tabel 3. Data kontainer produk ekspor oktober 2025

No.	Tanggal Masuk	Waktu	No. Kontainer	Ukuran	Tanggal Keluar	Waktu	Waktu Tinggal
1	02-10-25	17:55	APZU3429791	20'	03-10-25	19:00	1515
2	07-10-25	14:57	YMMU1098218	20'	08-10-25	11:15	1218
3	08-10-25	10:55	CSIU2852749	20'	09-10-25	19:21	1946
4	09-10-25	11:15	CXDU2338472	20'	09-10-25	15:40	265
5	10-10-25	9:30	APZU3738466	20'	10-10-25	11:35	125
6	10-10-25	10:20	MSDU2610471	20'	11-10-25	12:05	1545
7	10-10-25	11:20	TGCU2160938	20'	11-10-25	16:10	1730
8	10-10-25	11:20	MEDU2508863	20'	11-10-25	10:15	1375
9	10-10-25	11:30	CAIU6129342	20'	11-10-25	10:10	1360
10	10-10-25	15:45	MEDU5514643	20'	10-10-25	17:54	129
11	13-10-25	11:00	HLBU8013816	20'	13-10-25	15:50	290
12	14-10-25	10:20	MSKU5777128	20'	14-10-25	15:06	286
13	16-10-25	10:18	YMLU3488994	20'	17-10-25	11:55	1537
14	16-10-25	10:20	YMLU3542009	20'	16-10-25	13:40	200
15	17-10-25	10:00	GLDU3289979	20'	17-10-25	17:25	445
16	17-10-25	11:00	TEMU3945316	20'	17-10-25	15:56	296
17	24-10-25	9:40	MSDU2618245	20'	24-10-25	12:10	150

18	24-10-25	9:40	MEDU3443915	20'	26-10-25	14:50	3190
19	24-10-25	10:15	MEDU6425643	20'	26-10-25	12:05	3010
20	24-10-25	11:15	HLBU8234170	20'	25-10-25	10:46	1411
21	24-10-25	10:45	TGCU2169579	20'	25-10-25	10:35	1430
22	24-10-25	15:20	MEDU3942340	20'	25-10-25	11:10	1190
23	24-10-25	16:00	MSDU2947360	20'	25-10-25	16:40	1480
24	25-10-25	10:10	TEMU1700977	20'	25-10-25	13:35	205
25	27-10-25	0:39	YMMU1105955	20'	28-10-25	12:59	2180
26	28-10-25	12:59	TGBU2083490	20'	28-10-25	19:30	391
27	28-10-25	15:15	CMAU0644461	20'	29-10-25	20:55	1780
28	30-10-25	10:02	APZU3771232	20'	30-10-25	11:19	77
29	30-10-25	10:02	TEMU2450682	20'	30-10-25	13:40	218
30	30-10-25	18:10	BEAU263559	20'	31-10-25	12:27	1107
Total waktu kontainer tinggal							32081

Sumber : Data kontainer perusahaan yang diolah peneliti, 2026

Terdapat 51 kontainer impor dan 30 kontainer ekspor, dengan total waktu kontainer berada di lokasi masing-masing sebesar 34.183 menit untuk impor dan 32.081 menit untuk ekspor dengan menggunakan persamaan $W=T/N$.

Berdasarkan hasil persamaan tersebut, rata-rata waktu tinggal (*dwelling time*) kontainer impor adalah 34.183 menit dibagi 51 kontainer = 670,25 menit ($\pm 11,17$ jam), sedangkan kontainer untuk ekspor adalah 32.081 menit dibagi 30 kontainer = 1.069,37 menit ($\pm 17,82$ jam).

Tabel 4 .Data kontainer bahan baku impor april 2026.

No.	Tanggal Masuk	Waktu	No. Kontainer	Ukuran	Tanggal Keluar	Waktu	Waktu Tinggal
1	04-04-26	14:13	BEAU2045589	20'	04-04-26	14:30	17
2	04-04-26	14:15	TRHU2422560	20'	04-04-26	15:00	45
3	04-04-26	15:20	CSNU1234826	20'	04-04-26	15:35	30
4	04-04-26	15:50	CSNU2820020	20'	04-04-26	17:08	78
5	04-04-26	16:48	TGBU2097282	20'	04-04-26	17:30	42
6	06-04-26	10:45	FYCU7240617	20'	06-04-26	11:00	15
7	10-04-26	10:30	GESU1081399	20'	10-04-26	14:20	230
8	10-04-26	21:10	SEGU1460606	20'	11-04-26	18:20	1270
9	13-04-26	13:20	TCNU5640372	20'	13-04-26	14:40	80
10	13-04-26	13:27	TCNU6625325	20'	13-04-26	15:03	96
11	13-04-26	13:27	TEMUU1698231	20'	13-04-26	15:25	118
12	13-04-26	13:27	YMMU1033562	20'	13-04-26	15:45	138
13	14-04-26	18:18	TCLU7651595	20'	15-04-26	10:02	944
14	14-04-26	19:20	TGBU3231647	20'	15-04-26	17:00	300
15	14-04-26	20:05	TEMU2560904	20'	15-04-26	13:10	1025
16	15-04-26	12:50	TCLU3051632	20'	17-04-26	9:15	1665
17	20-04-26	13:43	JXJU3316413	20'	20-04-26	14:05	22
18	20-04-26	14:50	CAAU2372388	20'	20-04-26	15:30	40
19	20-04-26	15:20	JXJU3270293	20'	20-04-26	16:00	40
20	20-04-26	15:20	OXLU6461381	40'	21-04-26	11:55	1235
21	20-04-26	19:55	SEGU2740317	20'	21-04-26	15:15	1160

22	27-04-26	13:15	UACU3013322	20'	27-04-26	16:45	210
23	27-04-26	15:25	FCKU1657797	20'	27-04-26	16:10	45
24	27-04-26	16:12	ECNU2224865	20'	27-04-26	18:35	143
Total waktu kontainer tinggal							8988

Sumber : Data kontainer perusahaan yang diolah peneliti, 2026

Tabel 5. Data kontainer produk ekspor april 2026

No.	Tanggal Masuk	Waktu	No. Kontainer	Ukuran	Tanggal Keluar	Waktu	Waktu Tinggal
1	02-04-26	10:10	MSKU7663192	20'	02-04-26	11:20	70
2	02-04-26	10:50	OOLU0127081	20'	02-04-26	11:35	45
3	04-04-26	10:15	FCIU6580396	20'	04-04-26	11:35	80
4	08-04-26	10:15	YMMU1044551	20'	08-04-26	15:51	336
5	13-04-26	10:17	MSNU1279245	20'	13-04-26	11:25	68
6	15-04-26	17:56	FCIU6378261	20'	16-04-26	20:35	1569
7	15-04-26	19:52	FCIU6369465	20'	17-04-26	20:20	2868
8	16-04-26	11:26	TEMU5505285	20'	16-04-26	14:18	172
9	17-04-26	9:15	BEAU2425594	20'	17-04-26	11:25	130
10	17-04-26	10:10	TEMU1696619	20'	17-04-26	16:48	398
11	17-04-26	11:10	YMMU1072574	20'	17-04-26	14:47	217
12	17-04-26	15:20	CAAU2074819	20'	18-04-26	11:35	1295
13	18-04-26	14:08	YMMU1226900	20'	18-04-26	15:12	64
14	18-04-26	15:18	MRSU0129653	20'	18-04-26	16:10	52
15	20-04-26	9:15	TEMU5640372	20'	20-04-26	11:06	111
16	21-04-26	9:25	TGBU3509810	20'	21-04-26	15:30	365
17	21-04-26	9:35	SEGU1372676	20'	21-04-26	15:16	351
18	21-04-26	10:45	TEMU3190300	20'	21-04-26	20:30	585
19	22-04-26	16:50	OOCU0761997	20'	23-04-26	11:35	1125
20	23-04-26	9:22	BEAU2208602	20'	23-04-26	12:18	176
21	23-04-26	9:32	TEMU0228444	20'	23-04-26	11:00	88
22	24-04-26	14:10	MRKU7061038	20'	24-04-26	15:00	50
23	27-04-26	10:30	TRHU2360366	20'	27-04-26	13:43	193
24	27-04-26	9:35	TEMU5145872	20'	27-04-26	11:15	100
25	27-04-26	12:00	TCLU7628888	20'	27-04-26	20:00	480
26	28-04-26	10:40	YMLU3475549	20'	28-04-26	12:10	90
Total waktu kontainer tinggal							11078

Sumber : Data kontainer perusahaan yang diolah peneliti, 2026

Terdapat 24 kontainer impor dan 26 kontainer ekspor , dengan total waktu kontainer berada di lokasi masing-masing sebesar 8.988 menit untuk impor dan 11.078 menit untuk ekspor. Dengan menggunakan persamaan $W=T/N$, rata-rata waktu tinggal (*dwelling time*) kontainer impor adalah 8.988 menit dibagi dengan 24 kontainer = 374,50 menit ($\pm 6,24$ jam), sedangkan kontainer ekspor mencapai 426,08 menit ($\pm 7,10$ jam) dengan menggunakan persamaan yang sama 11.078 menit dibagi 26 kontainer.

Data penelitian disajikan dalam bentuk tabel untuk mempermudah proses analisis dan interpretasi hasil penelitian. Penyajian data tersebut bertujuan untuk

memberikan gambaran mengenai kinerja operasional bongkar muat kontainer berdasarkan indikator yang digunakan dalam penelitian.

Tabel 6 Rekapitulasi Kinerja Bongkar Muat Kontainer.

Periode Sampel	Kontainer Impor	Waktu Tinggal (menit)	Kontainer Ekspor	Waktu Tinggal (menit)	Total Kontainer
Oktober 2025	51	34.183	30	32.081	81
April 2026	24	8.988	26	11.078	50

Sumber : Data kontainer perusahaan yang diolah peneliti, 2026

Dari tabel di atas kita mengetahui waktu rata-rata kontainer dalam sistem (menit) bila T = total waktu seluruh kontainer dalam sistem (menit) dan N = jumlah kontainer dengan formula $W = T/N$, sehingga total waktu rata rata kontainer berada di dalam sistim periode oktober 2025 = 66.264 menit dibagi dengan total jumlah kontainer 81 kontainer sehingga dapat kita ketahui 818.07 menit per kontainer. Dan total waktu kontainer pada april 2026 adalah 20.066 menit di bagi 50 kontainer = 401.32 menit. Terjadi penurunan waktu dalam sistem sebesar $(818,07 - 401,32) / 818,07 \times 100\% = 50,95\%$.

Waktu tunggu kontainer (*waiting time*) bisa dihitung dengan formula sederhana yaitu waktu kontainer di dalam server (W) dikurangi dengan waktu servis (S) dalam hal ini waktu bongkar muat. Menurut observasi dilapangan bahwa rata rata waktu yang dibutuhkan oleh operator dalam bongkar muat adalah 30 menit untuk pembongkaran dan 90 menit untuk pemuatan. Dari data tersebut kita dapat menghitung waktu tunggu di setiap kegiatan seperti tabel berikut.

Tabel 7. Waktu Tunggu (*Waiting Time*) Kontainer.

Jenis Kontainer	Jumlah	Waktu dalam Sistem (menit)	Service Time (menit)	Waktu tunggu (menit)
Impor Oktober 2025	51	34.183	$30 \times 51 = 1.530$	32.653
Ekspor Oktober 2025	30	32.081	$90 \times 30 = 2.700$	29.381
Impor April 2026	24	8.988	$30 \times 24 = 720$	8.268
Ekspor April 2026	26	11.078	$90 \times 26 = 2.340$	8.738

Sumber : Data kontainer perusahaan yang diolah peneliti, 2026

Berdasarkan hasil formula di atas, rata-rata waktu tunggu kendaraan pada periode oktober 2025 menunjukan waktu yang lebih lama dibandingkan dengan waktu tunggu kontainer pada periode April 2026. Hal ini menunjukkan bahwa kapasitas sistem (μ) tidak mampu mengimbangi tingkat kedatangan (λ), sehingga menyebabkan antrian panjang pada oktober 2025. Pada april 2026 ada peningkatan kinerja di fasilitas *loading bay* yang ditandai turunnya rata-rata waktu tunggu dari

kontainer dari 765.85 menit/kontainer menjadi 340.12 menit / kontainer. Penurunan tersebut mengindikasikan adanya peningkatan kinerja operasional setelah dilakukan optimalisasi pengelolaan fasilitas *loading bay*.

Dari perspektif teori antrian (*queueing theory*), kondisi tersebut menunjukkan bahwa pada Oktober 2025 tingkat utilisasi sistem berada pada kondisi yang mendekati kapasitas maksimum sehingga sistem menjadi lebih sensitif terhadap fluktuasi kedatangan kontainer. Dalam model M/M/1, peningkatan tingkat utilisasi akan menyebabkan kenaikan *waiting time* secara *nonlinier*. Oleh karena itu, meskipun peningkatan volume kedatangan tidak terlalu besar, dampaknya terhadap waktu tunggu dapat meningkat secara signifikan ketika kapasitas pelayanan mendekati batas optimal system (Pratama, & Sovia, 2024).

Berdasarkan hasil perhitungan sebelumnya, diperoleh bahwa rata-rata waktu kontainer dalam sistem pada periode Oktober 2025 sebesar 818,07 menit/kontainer, sedangkan pada periode april 2026 sebesar 401,32 menit/kontainer. Hal ini menunjukkan adanya penurunan waktu tinggal yang cukup signifikan, yaitu hampir 50.95%. Penurunan tersebut mengindikasikan peningkatan efisiensi operasional pada fasilitas *loading bay*.

Temuan ini menunjukkan bahwa perbaikan operasional tidak hanya mengurangi waktu tunggu, tetapi juga meningkatkan kemampuan sistem dalam memproses aliran kontainer secara lebih optimal. Berdasarkan Hukum Little (Little's Law), penurunan waktu rata-rata kontainer dalam sistem akan berpengaruh langsung terhadap berkurangnya jumlah kontainer yang berada dalam sistem pada waktu yang sama. Dengan demikian, optimalisasi *loading bay* tidak hanya berdampak pada kecepatan pelayanan, tetapi juga berkontribusi terhadap pengurangan kepadatan operasional pada area bongkar muat (Thompson et al., 2024)

Meskipun jumlah kontainer pada Oktober 2025 lebih tinggi, yaitu sebanyak 81 kontainer dibandingkan April 2026 yang berjumlah 50 kontainer, total waktu yang dihabiskan dalam sistem pada periode tersebut tercatat jauh lebih besar. Kondisi ini menunjukkan adanya indikasi *bottleneck*, terutama pada fasilitas *loading bay*.

Hasil tersebut memperkuat argumentasi *Theory of Constraints* (TOC) yang menyatakan bahwa kinerja sistem secara keseluruhan ditentukan oleh kapasitas pada titik kendala (*constraint*). Dalam konteks penelitian ini, *loading bay* berfungsi sebagai *bottleneck* utama karena seluruh aktivitas bongkar muat impor dan ekspor bergantung pada satu fasilitas pelayanan yang sama. Ketika kapasitas fasilitas tersebut tidak mampu mengakomodasi tingkat kedatangan kontainer, maka seluruh aliran proses logistik mengalami perlambatan yang tercermin pada meningkatnya *waiting time* dan *dwelling time* (Orue et al., 2021).

Jika ditinjau dari aspek waktu tunggu (*waiting time*), kontainer impor dan ekspor pada Oktober 2025 memiliki tingkat waktu tunggu paling tinggi, masing-masing sebesar 32.653 menit untuk impor dan 29.381 menit untuk ekspor. Tingginya waktu tunggu tersebut mengindikasikan terjadinya antrian yang cukup panjang sebelum proses pemuatan dilakukan. Sebaliknya, pada April 2026, waktu tunggu kontainer impor maupun ekspor mengalami penurunan menjadi 8.268 menit dan 8.738 menit. Perbedaan tersebut menunjukkan bahwa pada Oktober 2025 terjadi ketidakseimbangan antara tingkat kedatangan kontainer dengan kapasitas pelayanan (*service rate*), sehingga menyebabkan terjadinya penumpukan antrian pada fasilitas *loading bay*.

1.2 Pembahasan 2

Hasil penelitian menunjukkan bahwa optimalisasi *loading bay* (X1) memiliki pengaruh terhadap efisiensi operasional bongkar muat (Y). Pada periode Oktober 2025, keterbatasan kapasitas *loading bay* menyebabkan peningkatan *waiting time* kontainer sehingga durasi kontainer berada dalam sistem operasional menjadi lebih lama. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa kapasitas pelayanan yang tersedia belum mampu mengimbangi tingginya volume kedatangan kontainer. Setelah dilakukan perbaikan operasional pada periode April 2026, *waiting time* serta waktu kontainer dalam sistem mengalami penurunan. Hasil tersebut menunjukkan adanya peningkatan efisiensi dalam proses pelayanan bongkar muat pada fasilitas *loading bay*.

Berdasarkan pendekatan teori antrian (*queueing theory*), variabel sistem antrian (X2) memiliki pengaruh terhadap efisiensi operasional bongkar muat (Y). Tingginya *waiting time* terjadi akibat ketidakseimbangan antara tingkat kedatangan kontainer dengan kapasitas pelayanan pada fasilitas *loading bay*. Selain itu, variabel waktu pelayanan kontainer (Z) juga turut mempengaruhi kinerja sistem pelayanan bongkar muat. Aktivitas ekspor tercatat memiliki rata-rata waktu pelayanan sekitar 90 menit, sedangkan aktivitas impor hanya memerlukan waktu sekitar 30 menit. Perbedaan durasi pelayanan tersebut menyebabkan antrian pada aktivitas ekspor menjadi lebih panjang, sehingga berdampak pada meningkatnya *waiting time* dan *dwellling time* kontainer. Dengan demikian, pengelolaan sistem antrian yang dilakukan secara optimal dapat membantu menurunkan *waiting time* sekaligus meningkatkan efisiensi proses bongkar muat.

Selain itu, penelitian ini juga menerapkan pendekatan *theory of constraints* (TOC) yang menjelaskan bahwa variabel *bottleneck* operasional (X3) dipengaruhi oleh keterbatasan kapasitas pada fasilitas *loading bay*. Kondisi tersebut menyebabkan aliran proses bongkar muat menjadi kurang optimal dan berpotensi meningkatkan antrian kontainer dalam sistem operasional perusahaan (T) (Zhao et al, 2025). Dalam penelitian ini, perusahaan hanya memiliki satu fasilitas *loading bay* yang digunakan secara bersamaan untuk melayani aktivitas impor dan ekspor,

sehingga kondisi tersebut menimbulkan hambatan dalam proses operasional. Keterbatasan fasilitas tersebut menyebabkan terjadinya *bottleneck* yang berdampak pada meningkatnya *waiting time* serta menurunnya efisiensi operasional bongkar muat (Y). Oleh karena itu, optimalisasi penggunaan *loading bay* melalui pengaturan jadwal pelayanan, perbaikan alur kerja, serta peningkatan koordinasi operasional dinilai dapat menjadi strategi yang optimal dalam mengurangi *bottleneck* dan meningkatkan efisiensi sistem pelayanan bongkar muat kontainer.

Hasil penelitian ini sejalan dengan teori antrian yang menjelaskan bahwa kinerja sistem pelayanan sangat dipengaruhi oleh keseimbangan antara tingkat kedatangan (λ) dan tingkat pelayanan (μ). Ketika tingkat kedatangan kontainer lebih tinggi dibandingkan kapasitas pelayanan ($\lambda > \mu$), sistem cenderung mengalami penumpukan antrian yang menyebabkan meningkatnya waktu tunggu (W_q) serta rata-rata waktu kontainer berada di dalam sistem (W). Kondisi tersebut menunjukkan bahwa kapasitas pelayanan yang tersedia belum mampu mengakomodasi jumlah kedatangan kontainer secara optimal (Pratama, T.P. & Sovia, 2024).

Konsep tersebut juga didukung oleh Hukum Little (Little's Law) (Thompson et al., 2024) yang menyatakan bahwa jumlah rata-rata kontainer dalam sistem dipengaruhi oleh laju kedatangan dan waktu rata-rata kontainer berada dalam sistem ($L = \lambda W$)

Dalam konteks penelitian ini, peningkatan waktu rata-rata kontainer dalam sistem pada periode Oktober 2025 menunjukkan adanya peningkatan jumlah kontainer dalam sistem, sehingga terjadi kepadatan operasional pada fasilitas *loading bay*. Sebaliknya, penurunan *waiting time* serta waktu kontainer dalam sistem pada periode April 2026 menunjukkan bahwa perbaikan dalam pengelolaan operasional mampu meningkatkan efisiensi pelayanan bongkar muat tanpa harus melakukan penambahan fasilitas secara signifikan.

Selain itu, perbedaan durasi pada proses bongkar dan muat menunjukkan bahwa aktivitas pemuatan kontainer ekspor membutuhkan waktu pelayanan yang lebih lama dibandingkan proses pembongkaran kontainer impor. Kondisi tersebut menyebabkan aktivitas ekspor lebih berpotensi menimbulkan antrian pada fasilitas *loading bay*. Oleh karena itu, diperlukan pengaturan waktu pelayanan yang lebih optimal, terutama pada kegiatan ekspor, agar penumpukan antrian dapat diminimalkan dan proses operasional bongkar muat berjalan lebih efisien.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis serta mengoptimalkan kinerja bongkar muat melalui pemanfaatan fasilitas *loading bay* secara lebih efektif. Berdasarkan hasil penelitian, ditemukan adanya perbedaan kinerja sistem operasional yang cukup signifikan antara periode Oktober 2025 dan April 2026. Pada periode Oktober 2025, kondisi sistem operasional dinilai belum optimal karena tingginya *waiting time* serta meningkatnya antrian kontainer pada area

loading bay. Sebaliknya, pada periode April 2026 terjadi peningkatan kinerja operasional yang ditunjukkan oleh menurunnya waktu tunggu dan meningkatnya efisiensi pelayanan bongkar muat. Hasil tersebut menunjukkan bahwa perbaikan pengelolaan operasional memberikan dampak positif terhadap kelancaran proses bongkar muat kontainer.

Dengan demikian, hasil penelitian ini memperkuat tujuan penelitian yang menunjukkan bahwa optimalisasi penggunaan *l* kinerja operasional kinerja operasional setelah dilakukan optimalisasi Penurunan tersebut mengindikasikan adanya *loading bay* serta pengelolaan sistem antrian secara efektif mampu meningkatkan efisiensi operasional bongkar muat kontainer. Hasil penelitian ini juga sejalan dengan temuan penelitian terdahulu yang menjelaskan bahwa keterbatasan fasilitas pelayanan merupakan salah satu faktor utama yang memicu terjadinya *bottleneck* dalam sistem logistik (Prakoso et al, 2024).

Penutup

Berdasarkan hasil analisis terhadap kinerja bongkar muat kontainer pada periode Oktober 2025 dan April 2026, penelitian ini menunjukkan adanya peningkatan efisiensi operasional pada fasilitas *loading bay*. Kondisi tersebut terlihat dari menurunnya rata-rata waktu kontainer berada dalam sistem pada periode April 2026. Penurunan tersebut mengindikasikan bahwa sistem pelayanan bongkar muat pada April 2026 berjalan lebih efektif dan optimal dibandingkan periode sebelumnya.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa *waiting time* kontainer pada periode Oktober 2025 cenderung lebih tinggi, terutama pada aktivitas ekspor. Kondisi tersebut menunjukkan adanya antrian yang cukup panjang akibat ketidakseimbangan antara tingkat kedatangan kontainer dan kapasitas pelayanan pada fasilitas *loading bay*. Sebaliknya, pada periode April 2026 terjadi penurunan *waiting time* yang mengindikasikan adanya perbaikan pada sistem operasional bongkar muat sehingga proses pelayanan dapat berjalan lebih efisien.

Selain itu, perbedaan waktu pelayanan antara aktivitas impor dan ekspor juga memberikan pengaruh yang cukup signifikan terhadap kinerja sistem pelayanan bongkar muat. Proses bongkar kontainer impor memiliki rata-rata waktu pelayanan sekitar 30 menit, sedangkan proses muat kontainer ekspor memerlukan waktu pelayanan rata-rata hingga 90 menit. Perbedaan durasi pelayanan tersebut menunjukkan bahwa aktivitas ekspor menjadi faktor yang paling dominan dalam menyebabkan meningkatnya waktu tunggu serta potensi terjadinya *bottleneck* pada fasilitas *loading bay*.

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa optimalisasi penggunaan *loading bay* mampu meningkatkan efisiensi operasional melalui penurunan waktu dalam sistem serta *waiting time* kontainer secara signifikan. Hasil

tersebut juga memperlihatkan bahwa pengelolaan sistem antrian dan pengaturan operasional yang lebih efektif dapat membantu meningkatkan kelancaran aktivitas bongkar muat pada perusahaan manufaktur tanpa perlu melakukan penambahan fasilitas dalam skala besar.

Penelitian ini memberikan kontribusi praktis bagi perusahaan dalam mengevaluasi efektivitas penggunaan fasilitas *loading bay* dan pengelolaan sistem antrian operasional. Hasil penelitian dapat dijadikan sebagai bahan pertimbangan dalam pengambilan keputusan operasional, khususnya yang berkaitan dengan pengaturan jadwal pelayanan, peningkatan efisiensi proses bongkar muat, serta pengendalian potensi *bottleneck* pada aktivitas logistik perusahaan.

Kontribusi teoretis penelitian ini adalah memberikan bukti empiris bahwa model antrian M/M/1 dapat digunakan sebagai alat evaluasi operasional pada fasilitas single loading bay. Selain itu, penelitian ini memperkuat integrasi antara queueing theory dan Theory of Constraints dalam menjelaskan hubungan antara keterbatasan kapasitas pelayanan, terbentuknya bottleneck, dan penurunan efisiensi operasional.

Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh, perusahaan disarankan untuk melakukan optimalisasi penggunaan *loading bay* melalui pengaturan jadwal operasional yang lebih terstruktur guna mengurangi antrian kontainer. Penerapan sistem penjadwalan kedatangan dan pelayanan kontainer secara terintegrasi juga diperlukan agar distribusi aktivitas bongkar muat dapat berjalan lebih merata dan terhindar dari penumpukan pada periode tertentu.

Perusahaan juga perlu meningkatkan efisiensi proses pelayanan ekspor karena aktivitas tersebut memiliki waktu pelayanan yang lebih lama dibandingkan aktivitas impor. Upaya yang dapat dilakukan antara lain melalui perbaikan alur kerja, peningkatan koordinasi antar operator, serta penerapan metode kerja yang lebih efisien untuk mempercepat proses pemuatan kontainer. Selain itu, monitoring dan evaluasi terhadap kinerja bongkar muat perlu dilakukan secara berkala dengan menggunakan indikator operasional, seperti *waiting time*, *dwelling time*, dan rata-rata waktu dalam sistem. Evaluasi tersebut penting dilakukan untuk mengidentifikasi potensi *bottleneck* secara lebih cepat sehingga tindakan perbaikan dapat segera diterapkan.

Untuk penelitian selanjutnya, disarankan penggunaan pendekatan simulasi atau model optimasi berbasis teori antrian (*queueing theory*) yang lebih kompleks agar dapat menghasilkan alternatif solusi operasional yang lebih komprehensif dalam mendukung proses pengambilan keputusan pada sistem bongkar muat kontainer.

Ucapan Terimakasih

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan karunia-Nya sehingga artikel ilmiah ini dapat diselesaikan dengan baik. Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Lia Kian selaku tutor yang telah memberikan arahan, masukan, dan bimbingan selama proses penyusunan artikel ini. Terima kasih juga disampaikan kepada pihak perusahaan industri kawat baja yang telah memberikan izin penelitian serta menyediakan data yang diperlukan. Kerja sama yang diberikan menjadi bagian penting dalam terlaksananya penelitian ini. Tidak lupa juga menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada keluarga tercinta atas doa, dukungan, dan semangat yang selalu diberikan. Kehadiran mereka menjadi motivasi bagi penulis dalam menyelesaikan artikel ilmiah ini. Semoga segala bantuan, dukungan dan kebaikan yang telah diberikan mendapatkan balasan yang terbaik.

Daftar Pustaka

- Astuti et al. (2023). Pengaruh Moda Transportasi Darat Terhadap Kelancaran Bongkar muat. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 9(13), 599–607. <http://www.jurnal.peneliti.net/index.php/JIWP/article/view/5590>
- Firli, D. (2022). *Studi Fiqih Dengan Pendekatan Comparative*. 6(1), 38–48. <https://ejournal.staisyekhjangkung.ac.id/fihros/article/download/19/23>
- Hanifah et al. (2025). Landasan teori, penelitian relevan, kerangka berpikir dan hipotesis penelitian pendidikan. *Jurnal Pendidikan Islam*, 3(April), 391–404. <http://ejournal.yayasanpendidikandzurriyatulquran.id/index.php/ihsan/article/view/989>
- Haqqi, A., & Risnita. (2023). Unsur Kebaruan (Novelty) dalam Penelitian: sebuah kajian literatur tentang Implementasi Kebaruan dalam sebuah penelitian. *NAZHARAT: Jurnal Kebudayaan*, 29(02), 221–230. <http://nazharat.fah.uinjambi.ac.id/index.php/nazharat/article/view/114>
- Ilhami et al. (2024). Penerapan metode Studi kasus dalam Penelitian Kualitatif. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 10(9), 462–469. <http://jurnal.peneliti.net/index.php/JIWP/article/view/6872>
- Irawan et al. (2022). Studi Kinerja Logistik Dan Rantai Pasok Di Pt X Bogor, Jawa Barat. *Jurnal Sains Terapan : Wahana Informasi Dan Alih Teknologi Pertanian*, 12(1), 81–90. <https://doi.org/10.29244/jstsv.12.1.81-90>
- Januarny, T. D., & Harimurti, C. (2021). Pengaruh Tata Letak Gudang Terhadap Kelancaran Produktivitas Bongkar Muat di gudang PT. NCT. *Jurnal Logistik Indonesia*, 5(1), 55–64. <https://scholar.archive.org/work/lmndiy2wgvdblb2vky4mtmkkcq/access/wayback/http://ojs.stiami.ac.id/index.php/logistik/article/download/1185/610>

- Jumady, E. (2025). *Manajemen Operasi dan Produktivitas*. Menara Press Indonesia.
- Lakshmi, A. S. (2022). Analisis dampak tayangan kartun televisi pada perkembangan bahasa anak di masa pandemi: (Studi deskriptif komparatif pada TK Srikandi Surabaya). *Jurnal Penelitian Komunikasi*, 02(03), 82–94. <https://www.aksiologi.org/index.php/relasi/article/view/459>
- Machali, I. (2021). *Metode Penelitian Kuantitatif*. Fakultas Ilmi tarbiyah dan Keguruan.
- Orue et al. (2021). Theory of constraints case study in the make to order environment Theory of Constraints Case Study in the Make-to-Order Environment. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 19(1), 72–85. <https://www.econstor.eu/handle/10419/261742>
- Prakoso et al. (2024). Analisis Bottleneck pada Produksi Lemon Kering dengan Metode Value Stream Mapping dan Fish Bone Diagram. 11(2), 601–611. <https://ejurnal.umri.ac.id/index.php/JST/article/view/7986>
- Pratama, T. P., & Sovia, A. (2024). M/m/1/fcfs/~ /~ queue model simulation with excel. *Journal of Collaborative Science and Informatics Technology*, 1(1), 55–64. <https://media.neliti.com/media/publications/578900-mm1fcfs-queue-model-simulation-with-exce-66ca30aa.pdf>
- Ramdhan, M. (2021). *Metode penelitian*. Cipta Media Nusantara. https://books.google.co.id/books?hl=id&lr=&id=Ntw_EAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR1&dq=Metode+deskriptif&ots=f3tE9RQr8u&sig=HLuZBPbD0xOdNCzJw3So8rQq6m4&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false
- Sahara, D., & Saputra, Y. (2023). Pengaruh Transportasi Darat Terhadap Kelancaran Distribusi Logistik. *Journal Of Social Science Research*, 3, 8794–8800. <http://j-innovative.org/index.php/Innovative/article/view/6955>
- Samosir, R., & Setiawannie, Y. (2023). Analisa Penerapan Metode Theory of Constraint untuk mengoptimalkan Stasiun Kerja di PT. XYZ. 1(1), 92–104. <https://kti.potensi-utama.org/index.php/JTTI/article/view/982>
- Siregar, I. A. (2021). Analisis Dan interpretasi Data Kuantitatif. *Alacrity: Journal of Education*, 1(2), 39–48. https://scholar.google.com/scholar?hl=id&as_sdt=0%2C5&q=Analisis+Dan+interpretasi+Data+Kuantitatif&btnG=#:~:text=%5BPERNYATAAN%5D
- Thompson et al. (2024). Applying queueing theory to evaluate wait-time-savings of triage algorithms. *Queueing Systems*. <https://doi.org/10.1007/s11134-024-09927-w>
- Urrahmi et al. (2023). Analisis indikator penilaian produktivitas tenaga kerja konstruksi gedung di kota banda aceh. *JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil*, 6(1), 31–38. <https://journal.untar.ac.id/index.php/jmts/article/view/20803>
- Zhao et al. (2025). Bottleneck analysis in multi-stage service delivery using the

theory of constraints. *Asia Pacific Journal of Marketing and Logistics*, 1–16.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1108/APJML-09-2024-1345>