



Analisis Penerapan Manajemen Lalu Lintas Menggunakan Terminal Booking System di PT XYZ

Muhammad Ariq Fauzi¹, Ma'ruf², Wenny Ananda Larasati³

¹²³Program Studi Logistik Kelautan, Universitas Pendidikan Indonesia

¹muhammadariqfauzi@upi.edu, ²maruf.lk@upi.edu, ³wenny.ananda@upi.edu

Abstrak

Penelitian ini mengkaji permasalahan antrean panjang pada area gerbang masuk PT XYZ, perusahaan bongkar muat yang beroperasi di Pelabuhan Tanjung Priok. Permasalahan tersebut terjadi akibat pola kedatangan truk yang tidak terjadwal dan cenderung terkonsentrasi pada periode open stack, sehingga menyebabkan kepadatan lalu lintas di terminal. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penerapan manajemen lalu lintas melalui Sistem Pemesanan Terminal (Terminal Booking System / TBS) dalam upaya meratakan distribusi kedatangan truk. Metode yang digunakan adalah Simulasi Kejadian Diskrit (Discrete Event Simulation) dengan bantuan perangkat lunak AnyLogic. Empat skenario dianalisis dalam penelitian ini, yaitu: skenario 1 sebagai kondisi eksisting sebelum penerapan TBS; skenario 2 dengan penerapan TBS sebesar 100% menggunakan tiga periode waktu pelayanan; skenario 3 dengan penerapan TBS sebesar 100% menggunakan enam periode waktu pelayanan; serta skenario 4 yang disusun berdasarkan kebutuhan operasional PT XYZ, yaitu 75% kedatangan truk untuk kegiatan penerimaan peti kemas penuh dan kosong serta pengiriman peti kemas penuh menggunakan TBS, sedangkan 25% kegiatan pengiriman peti kemas kosong tetap mendapatkan perlakuan khusus dengan penerapan TBS enam periode waktu pelayanan (1 periode = 4 jam). Hasil simulasi menunjukkan bahwa skenario 3 merupakan alternatif terbaik karena mampu menghasilkan distribusi kedatangan truk yang lebih merata dan konsisten pada kisaran 40–50 truk per periode. Selain itu, hasil skenario 4 mengindikasikan bahwa peningkatan efisiensi terminal tidak hanya ditentukan oleh pemerataan jadwal kedatangan melalui TBS, tetapi juga dipengaruhi secara signifikan oleh kapasitas dan kecepatan pelayanan operasional di dalam terminal.

Kata Kunci: Traffic Management, Terminal Booking System, Gate

1. Latar Belakang

Sebagai salah satu komponen utama dalam sistem transportasi laut, pelabuhan memiliki peran yang sangat penting dalam mendukung pertumbuhan dan perkembangan perekonomian nasional. Menurut Tri Mulyono (2018), pelabuhan tidak hanya berfungsi sebagai tempat perpindahan barang, tetapi juga berperan sebagai pusat kegiatan ekonomi dan perdagangan yang melibatkan berbagai badan usaha, seperti perusahaan pelayaran, jasa pengurusan transportasi (*freight forwarding*), pergudangan, keagenan, serta sektor pendukung lainnya. Selain itu, pelabuhan berfungsi sebagai simpul transportasi yang menghubungkan wilayah domestik dengan pasar global, sehingga mampu mendukung pergerakan barang dalam jumlah besar secara berkesinambungan. Oleh karena itu, tingkat kinerja operasional pelabuhan memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kelancaran distribusi barang dan aktivitas perdagangan.

Pelabuhan Tanjung Priok yang berlokasi di Jakarta merupakan pelabuhan utama di Indonesia yang memiliki peran strategis dalam mendukung kelancaran arus barang dan aktivitas perdagangan domestik maupun internasional. Salah satu fasilitas utama yang menunjang kegiatan tersebut adalah terminal peti kemas sebagai pusat aktivitas bongkar muat. Pelabuhan Tanjung Priok juga menjadi gerbang utama ekspor dan impor yang berpengaruh terhadap kelancaran rantai pasok nasional. Dengan dukungan kapasitas dan fasilitas yang dimiliki, pelabuhan ini mampu menangani sebagian besar aktivitas perdagangan Indonesia. Berdasarkan laporan Kementerian Perdagangan tahun 2025, Pelabuhan Tanjung Priok mencatat pangsa ekspor nonmigas sebesar 24% dan impor nonmigas sebesar 47%, yang menunjukkan peran dominannya dalam perdagangan internasional Indonesia.

Terminal peti kemas merupakan fasilitas pelabuhan yang berfungsi sebagai tempat pelaksanaan kegiatan bongkar muat peti kemas. Berdasarkan data *throughput* peti kemas Pelabuhan Tanjung Priok yang dipublikasikan oleh *The Shipping Gazette* dan *Lloyd's List* selama periode 2021–2025, volume arus peti kemas menunjukkan tren yang terus meningkat seiring dengan tingginya aktivitas perdagangan dan distribusi barang melalui pelabuhan tersebut.

Tabel 1.1 Throughput Peti kemas Pelabuhan Tanjung Priok

Tahun	Satuan	Throughput
2021	TEUs	6.849.227
2022	TEUs	7.232.436
2023	TEUs	7.290.000
2024	TEUs	7,827,000
2025	TEUs	8,300,000

Sumber: *The shippinggazette* dan *Lloyd's List*, data diolah penulis tahun 2026

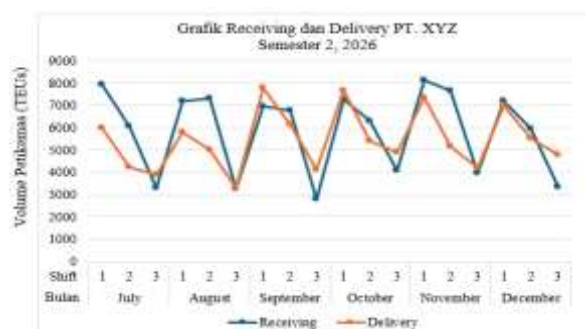
Menurut data throughput peti kemas di Pelabuhan Tanjung Priok, tren menunjukkan peningkatan dari tahun 2021 hingga 2025. Throughput sebesar 6.849.227 TEU tercatat pada tahun 2021, naik menjadi 7.232.436 TEU pada tahun 2022, naik lagi menjadi 7.290.000 TEU pada tahun 2023, dan naik lagi menjadi 7.827.000 TEU pada tahun 2024. Pada tahun 2025, throughput mencapai 8.300.000 TEU. Jumlah peti kemas yang meningkat menunjukkan bahwa pelabuhan semakin penting dalam mendukung arus perdagangan dan distribusi domestik dan internasional.

Di balik perannya yang strategis, operasional terminal peti kemas tidak terlepas dari berbagai kendala. Salah satu permasalahan yang sering ditemui adalah terjadinya kemacetan di area gerbang masuk pada saat kegiatan penerimaan dan pengiriman peti kemas. Kondisi ini umumnya disebabkan oleh tingginya volume aktivitas serta distribusi kedatangan truk yang tidak seimbang pada waktu tertentu, sehingga memicu antrean panjang dan kepadatan di sekitar terminal..

Sebagai upaya mengatasi kemacetan yang sering terjadi di kawasan Pelabuhan Tanjung Priok, diperlukan penerapan manajemen lalu lintas yang efektif. Salah satu metode yang banyak digunakan di terminal peti kemas adalah Sistem Pemesanan Terminal (*Terminal Booking System*) Sistem ini pertama kali diterapkan di Pelabuhan Los Angeles dan Long Beach pada awal tahun 2000 (Ramadhan & Wasesa, 2020). Melalui sistem tersebut, perusahaan angkutan atau pengemudi truk diwajibkan melakukan pemesanan jadwal kedatangan dalam periode waktu tertentu untuk kegiatan penerimaan maupun pengiriman peti kemas. Operator terminal kemudian membatasi jumlah kendaraan pada setiap periode waktu guna mengendalikan arus lalu lintas (Zhao & Goodchild, 2013). TBS pertama kali diterapkan di Terminal Peti Kemas Semarang (Rifqi & Mashudi, 2023). Mengatur jadwal pelayanan sehingga membantu meningkatkan efisiensi proses penerimaan dan pengiriman peti kemas serta mengurangi kemacetan (El Jasmine et al., 2025).

PT XYZ merupakan Perusahaan Bongkar Muat (PBM) di Pelabuhan Tanjung Priok. Perusahaan ini melayani kegiatan bongkar muat peti kemas domestik, meliputi stevedoring, cargodoring, dengan fasilitas utama berupa Dermaga Serbaguna Nusantara di Dermaga 208 dan 209. Namun, PT XYZ masih menghadapi berbagai kendala operasional yang umum terjadi di lingkungan Pelabuhan Tanjung Priok salah satunya kemacetan di area pintu masuk.

Waktu open stack dibuka oleh PT XYZ selama 5 hari sebelum kapal sandar dengan begitu truk akan datang secara acak dalam 5 hari tersebut, namun pada nyatanya terjadi penumpukan aktivitas pada jam dan shift tertentu di pintu masuk pelabuhan.



Gambar 1.1 Grafik penerimaan dan pengiriman per-shift, semester 2, 2026
PT. XYZ. Sumber: Data diolah pada tahun 2026.

Grafik di atas menunjukkan perbandingan volume kegiatan penerimaan dan pengiriman peti kemas per shift selama periode Juli hingga Desember 2025. Berdasarkan data tersebut, terlihat adanya ketidakseimbangan distribusi aktivitas antar shift, di mana volume kegiatan cenderung terkonsentrasi pada shift 1 dan shift 2, sedangkan pada shift 3 mengalami penurunan. Ketidakesesuaian antara volume kedatangan truk dan kapasitas

pelayanan gerbang masuk, serta penjadwalan yang masih bersifat dinamis, berpotensi menimbulkan berbagai dampak operasional, seperti meningkatnya *Truck Round Time* (TRT), terhambatnya akses menuju lapangan penumpukan, ketidakseimbangan pemanfaatan peralatan, peningkatan emisi kendaraan, kemacetan pada akses jalan pelabuhan. Permasalahan tersebut menunjukkan bahwa pengelolaan kegiatan penerimaan dan pengiriman peti kemas memerlukan dukungan teknologi informasi yang mampu mengatur distribusi kedatangan truk.

Sejumlah penelitian menunjukkan bahwa penerapan *Terminal Booking System* (TBS) memberikan dampak positif terhadap operasional terminal peti kemas. Rifqi dan Mashudi (2023) menemukan bahwa TBS dapat mengurangi waktu tunggu, mengoptimalkan penggunaan area penumpukan, dan memperlancar arus peti kemas. Putriyanti (2025) menyatakan bahwa TBS berkontribusi pada peningkatan kualitas pelayanan pelabuhan, sedangkan El Jasmine et al. (2025) menunjukkan bahwa sistem ini mampu mengurangi antrean, mempercepat pelayanan, dan memudahkan pengelolaan jadwal operasional.

Berdasarkan uraian latar belakang serta didukung oleh hasil penelitian terdahulu, peneliti tertarik untuk melakukan penelitian yang berjudul "Analisis Penerapan Manajemen Lalu Lintas Menggunakan Terminal Booking System di PT XYZ". Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penerapan *Terminal Booking System* (TBS) dalam menciptakan pemerataan distribusi kedatangan truk melalui pendekatan simulasi, sehingga dapat mengurangi kepadatan pada periode tertentu dan dapat menjadi masukan bagi PT XYZ dalam menentukan strategi implementasi TBS yang sesuai.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif deskriptif untuk menggambarkan dan menganalisis fenomena yang terjadi secara sistematis berdasarkan data numerik. Melalui pendekatan ini, data yang diperoleh dapat diolah dan dianalisis guna memberikan gambaran mengenai pola kedatangan truk, tingkat kepadatan operasional, serta pengaruh penerapan *Terminal Booking System* (TBS) terhadap distribusi kedatangan kendaraan di terminal.

Dalam penelitian ini, pendekatan kuantitatif deskriptif diterapkan melalui pengumpulan data produksi gerbang (*gate production*) PT XYZ. Data tersebut kemudian diolah dan dianalisis untuk memberikan gambaran mengenai kondisi kegiatan penerimaan dan pengiriman peti kemas, khususnya pada area gerbang masuk terminal. Selanjutnya, pendekatan kuantitatif digunakan dalam penyusunan model simulasi menggunakan metode Simulasi Kejadian Diskrit (*Discrete Event Simulation/DES*) dengan bantuan perangkat lunak AnyLogic. Hasil simulasi yang diperoleh kemudian dianalisis secara deskriptif menggunakan analisis kesenjangan (*gap analysis*) untuk membandingkan kondisi operasional sebelum dan sesudah penerapan *Terminal Booking System* (TBS), sehingga dapat diketahui pengaruh penerapan sistem tersebut terhadap kinerja operasional terminal.

Menurut Wainer (2017), Simulasi Kejadian Diskrit (*Discrete Event Simulation / DES*) merupakan metode pemodelan yang digunakan untuk merepresentasikan operasi suatu sistem melalui rangkaian kejadian yang terjadi secara terpisah pada waktu tertentu. Setiap kejadian tersebut menyebabkan perubahan kondisi atau status pada sistem yang sedang diamati. Sementara itu, Fishman (2001) menjelaskan bahwa Simulasi Kejadian Diskrit merupakan metode simulasi yang menggambarkan perilaku sistem melalui perubahan variabel status yang terjadi secara diskrit pada titik-titik waktu tertentu. Dengan demikian, metode ini cocok digunakan untuk menganalisis sistem yang mengalami perubahan kondisi akibat adanya kejadian atau aktivitas tertentu selama periode operasional.

Dalam penelitian ini, populasi yang digunakan adalah seluruh data produksi gerbang (*gate production*) yang mencakup aktivitas penerimaan dan pengiriman peti kemas di terminal peti kemas PT XYZ selama periode Juli hingga Desember 2025. Data tersebut merupakan seluruh catatan kendaraan yang melakukan transaksi penerimaan maupun pengiriman peti kemas melalui gerbang terminal pada periode penelitian.

Tabel 2.1 Data Produksi Gate in PT. XYZ

Bulan	Penerimaan (Unit)	Pengiriman (Unit)	Total (Unit)
Juli	10319	10633	20952
Agustus	9878	11353	21231
September	10993	12071	23064
Oktober	9673	14063	23735
November	13653	10630	24283
Desember	11319	11202	22521

Sumber: PT. XYZ

Sampel dalam penelitian ini ditentukan menggunakan teknik *purposive sampling*. Menurut Sugiyono (2023), *purposive sampling* merupakan teknik penentuan sampel berdasarkan pertimbangan atau kriteria tertentu yang sesuai dengan tujuan penelitian. Sampel yang digunakan berupa data historis *gate production* pada kegiatan penerimaan dan pengiriman peti kemas serta data kedatangan truk di terminal peti kemas PT XYZ selama bulan November 2025. Dari data tersebut dipilih hari dengan jumlah kedatangan truk tertinggi, sehingga diperoleh sampel sebanyak 1.223 truk yang digunakan sebagai input dalam model simulasi dan diterapkan pada seluruh skenario penelitian. Pemilihan bulan November didasarkan pada pertimbangan bahwa periode tersebut merupakan salah satu masa dengan tingkat aktivitas yang tinggi (*peak season*).

Pada tahap analisis, penelitian ini berfokus pada dua aspek utama, yaitu analisis kondisi antrean truk pada gerbang masuk terminal peti kemas saat ini dan analisis hasil simulasi setelah penerapan *Terminal Booking System* (TBS) menggunakan perangkat lunak AnyLogic. Kedua analisis tersebut dilakukan untuk mengevaluasi dampak penerapan TBS terhadap kinerja operasional terminal peti kemas.

Analisis pertama bertujuan untuk mengidentifikasi kondisi antrean dan kemacetan truk yang terjadi pada area gerbang masuk terminal. Data pendukung diperoleh melalui wawancara dengan Kepala Divisi Operation Planning & Control serta staf planner PT XYZ. Data yang terkumpul kemudian dianalisis untuk mengetahui karakteristik antrean, seperti jumlah kendaraan yang mengantre dan lama waktu tunggu pada kondisi operasional saat ini.

Analisis kedua dilakukan melalui pemodelan simulasi yang terdiri atas kondisi eksisting dan beberapa skenario penerapan TBS. Simulasi tersebut digunakan untuk mengevaluasi pengaruh penerapan TBS terhadap distribusi kedatangan truk dan tingkat antrean, serta untuk menentukan skenario yang paling efektif diterapkan di terminal peti kemas.

Menurut Blokdik (dalam Nugrohoputra, 2025), efektivitas suatu sistem dapat dievaluasi dengan membandingkan hasil simulasi terhadap kondisi aktual melalui analisis kesenjangan (*gap analysis*). Kim dan Ji (2018) menjelaskan bahwa *gap analysis* merupakan metode yang digunakan untuk mengidentifikasi perbedaan antara kondisi saat ini dan kondisi yang diharapkan, sehingga dapat menjadi dasar dalam penyusunan strategi perbaikan kinerja. Oleh karena itu, analisis ini digunakan untuk mengukur perubahan yang terjadi setelah penerapan TBS serta mengidentifikasi aspek operasional yang masih memerlukan peningkatan.

Penelitian ini menggunakan empat skenario simulasi yang disusun berdasarkan kebutuhan operasional serta rencana pengembangan PT XYZ di masa mendatang, yang diperoleh melalui hasil wawancara dengan pihak perusahaan. Skenario tersebut terdiri atas kondisi eksisting sebelum penerapan *Terminal Booking System* (TBS) dan beberapa skenario penerapan TBS sebagai alternatif perbaikan. Simulasi dilakukan untuk membandingkan kinerja masing-masing skenario sehingga dapat diketahui skenario yang paling efektif untuk diterapkan. Adapun skenario yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

Tabel 2.2 Skenario Penelitian

No	Skenario
1	Kondisi Terminal Peti kemas sebelum menerapkan <i>Terminal Booking System</i> (TBS)
2	Kondisi Terminal Peti kemas menerapkan <i>Terminal Booking System</i> (TBS) dengan 3 slot (1 Slot = 8 Jam)
3	Kondisi Terminal Peti kemas menerapkan <i>Terminal Booking System</i> (TBS) dengan 6 slot (1 Slot = 4 Jam)
4	Kondisi Terminal Petikemas menerapkan 75% kedatangan truk menggunakan <i>Terminal Booking system</i> untuk kegiatan penerimaan (<i>full & empty</i>), pengiriman <i>full</i> dan perlakuan khusus untuk 25% kegiatan pengiriman <i>empty</i> dan tetap menggunakan <i>Terminal Booking System</i> (TBS), Dengan penerapan <i>Terminal Booking System</i> (TBS) 6 slot (1 Slot = 4 Jam)

Sumber: Data diolah penulis tahun 2026

Skenario 2 dan skenario 3 disusun berdasarkan data sekunder yang berasal dari praktik penerapan *Terminal Booking System* (TBS) di terminal peti kemas lain. Sementara itu, skenario 4 dirancang berdasarkan hasil wawancara dengan pihak PT XYZ dan disesuaikan dengan kebutuhan serta rencana pengembangan layanan perusahaan di masa mendatang. Dalam skenario ini, PT XYZ berencana menyediakan layanan khusus bagi pelanggan (*customer*) atau pemilik barang (*shipper*) untuk kegiatan pengambilan peti kemas kosong (*empty container*). Melalui layanan tersebut, pelanggan dapat memilih peti kemas kosong secara langsung di lapangan penumpukan sesuai dengan kriteria yang dibutuhkan. Oleh karena itu, truk yang melakukan kegiatan pengambilan peti kemas kosong tidak melalui mekanisme TBS pada gerbang utama, melainkan menggunakan jalur masuk khusus dan tidak memerlukan *Container Movement Slip* (CMS).

Pembagian persentase pada skenario 4 didasarkan pada total volume kedatangan truk yang diasumsikan sebesar 100% dan terbagi ke dalam empat kategori kegiatan operasional, yaitu penerimaan peti kemas penuh, penerimaan

peti kemas kosong, pengiriman peti kemas penuh, dan pengiriman peti kemas kosong. Masing-masing kategori memiliki proporsi sebesar 25% dari total volume kedatangan. Dengan demikian, persentase 75% merupakan akumulasi dari tiga jenis kegiatan, yaitu penerimaan peti kemas penuh, penerimaan peti kemas kosong, dan pengiriman peti kemas penuh. Adapun persentase 25% sisanya merepresentasikan kegiatan pengiriman peti kemas kosong yang diperlakukan secara khusus dalam skenario ini.

Model simulasi dijalankan selama 24 jam untuk merepresentasikan operasional terminal dalam satu hari. Karena menggunakan pendekatan Simulasi Kejadian Diskrit yang bersifat stokastik, simulasi dilakukan sebanyak 10 replikasi dengan bilangan acak yang berbeda. Menurut Law (2014), penggunaan beberapa replikasi diperlukan untuk mengurangi pengaruh variasi acak dan menghasilkan estimasi kinerja sistem yang lebih representatif. Oleh karena itu, hasil analisis didasarkan pada nilai rata-rata dari seluruh replikasi.

3. Hasil dan Diskusi

Model simulasi kedatangan truk dibangun menggunakan fitur *schedule* pada AnyLogic. Pada kondisi eksisting, pola kedatangan truk mengacu pada data aktual tanggal 12 November 2025 untuk merepresentasikan probabilitas kedatangan kendaraan yang terjadi di lapangan. Sementara itu, pada skenario penerapan *Terminal Booking System* (TBS), pengaturan kedatangan dilakukan menggunakan interval waktu tertentu yang disesuaikan dengan masing-masing skenario. Skenario 2 membagi total 1.223 kedatangan truk ke dalam 3 slot waktu (1 slot = 8 jam), sedangkan skenario 3 membaginya ke dalam 6 slot waktu (1 slot = 4 jam). Pada skenario 4, sebanyak 75% kedatangan truk untuk kegiatan penerimaan peti kemas penuh dan kosong serta pengiriman peti kemas penuh diatur melalui TBS 6 slot, sedangkan 25% kegiatan pengiriman peti kemas kosong memperoleh perlakuan khusus. Pembagian tersebut didasarkan pada kebijakan PT XYZ yang memberikan fleksibilitas kepada pelanggan untuk memilih peti kemas kosong secara langsung di lapangan penumpukan.

3.1 Model Simulasi dan Analisis Skenario 1 (Kondisi Saat Ini)

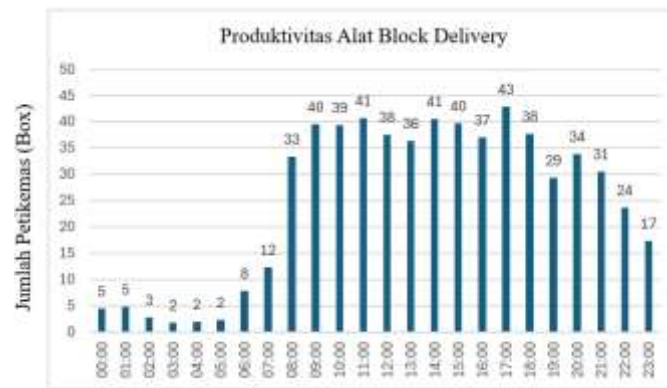
Berikut merupakan hasil dari simulasi dan analisis kedatangan truk

Tabel 3.1 Analisis Kedatangan Truk Pada Simulasi Skenario 1 (Kondisi Saat Ini)

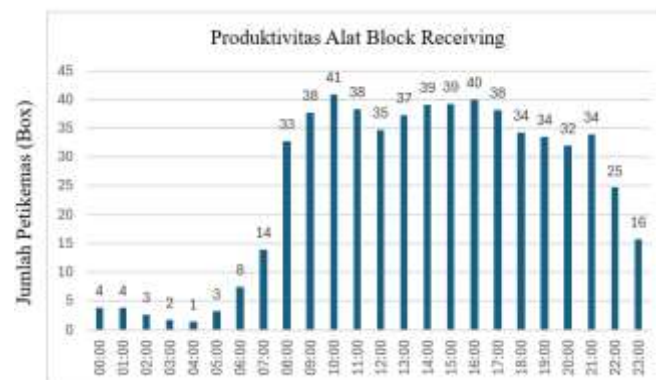
11/12/2025		
Jam	Jumlah Kedatangan Truk Per-Jam	Jumlah Kedatangan Truk Per-Jam Dari Hasil Simulasi
00:00	10	10
01:00	7	8
02:00	6	6
03:00	4	3
04:00	3	3
05:00	7	6
06:00	16	16
07:00	28	27
08:00	68	72
09:00	90	78
10:00	93	82
11:00	80	82
12:00	57	65
13:00	84	76
14:00	97	80
15:00	87	81
16:00	72	79
17:00	78	78
18:00	62	70
19:00	63	62
20:00	71	69
21:00	64	64
22:00	45	46
23:00	31	31

Sumber: Data diolah penulis tahun 2026

Berdasarkan data kedatangan truk, volume tertinggi terjadi pada rentang waktu 09.00–11.00, dengan puncak kedatangan pada pukul 11.00 sebanyak 82 truk. Selain itu, peningkatan kedatangan juga terjadi pada periode 14.00–17.00 dengan jumlah tertinggi pada pukul 15.00 sebanyak 81 truk, serta pada rentang waktu 20.00–21.00 yang mencapai puncaknya pada pukul 20.00 sebanyak 69 truk. Pola tersebut menunjukkan bahwa kepadatan kedatangan truk cenderung terjadi pada shift 1 hingga menjelang pergantian ke shift 2.



Gambar 3.1 Produktivitas Alat Pada Block Pengiriman
 Skenario 1 (Kondisi Saat Ini) Sumber: Data diolah penulis tahun 2026



Gambar 3.2 Produktivitas Alat Pada Block Penerimaan
 Skenario 1 (Kondisi Saat Ini) Sumber: Data diolah penulis tahun 2026

Berikut merupakan kondisi blok pengiriman dan penerimaan berdasarkan pola kedatangan truk pada kondisi eksisting. Pada kedua blok tersebut, produktivitas peralatan mulai meningkat sejak pukul 08.00, dengan tingkat produktivitas tertinggi terjadi pada rentang waktu 09.00–11.00. Puncak produktivitas pada blok pengiriman maupun penerimaan terjadi pada periode shift 1 hingga menjelang shift 2. Kondisi ini menunjukkan bahwa tingkat produktivitas peralatan di lapangan penumpukan memiliki hubungan yang sejalan dengan volume kedatangan truk melalui gerbang masuk terminal..

3.2 Validasi Model

Setelah simulasi dicoba dan didapatkan hasil maka dapat langsung dilakukan uji dengan menggunakan uji T-Test di Microsoft Office. Berikut merupakan hasil dari pengujian T-Test tersebut.

Tabel 3.2 Hasil Data Uji T-Test

	Jumlah Kedatangan Truk Per-Jam	Jumlah Kedatangan Truk Per-Jam Dari Hasil Simulasi
Mean	50.95833333	49.60416667
Variance	1097.259058	976.2760688
Observation	24	24
Pooled Variance	0.984708001	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	23	
t Stat	1.11837384	
P(T<=t) one-tail	0.13747636	
t Critical one-tail	1.713871528	
P(T<=t) two-tail	0.27495272	
t Critical two-tail	2.06865761	

Sumber: Data diolah penulis tahun 2024

Dari data hasil pengujian T-Test tersebut diterima atau valid karena hasil nilai *two-tail* lebih besar dari 0,05. Dimana pada nilai tersebut menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan antara hasil dari kondisi

kedatangan truk saat ini dan kondisi kedatangan truk pada hasil dari simulasi. Menurut Law (2014) dalam *Simulation Modeling and Analysis*, validasi model dilakukan dengan membandingkan keluaran simulasi dengan data sistem aktual. Apabila pada tingkat signifikansi $\alpha = 0,05$ tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara keduanya, maka model dapat dianggap mampu merepresentasikan kondisi sistem aktual secara akurat. Apabila nilai *two-tail* yang didapatkan lebih kecil dari 0,05 maka hal tersebut baru dapat dikatakan tidak valid.

3.3 Model Simulasi dan Analisis Skenario 2

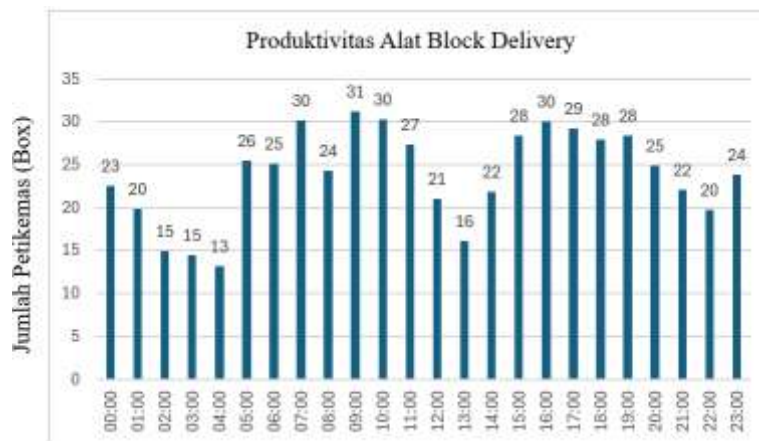
Setelah dilakukan simulasi selanjutnya dilakukan analisis terkait dengan kedatangan truk di pintu masuk melakukan perbandingan antara waktu kedatangan truk skenario 1 & skenario 2. Berikut merupakan hasil dari analisis kedatangan truk

Tabel 3.3 Analisis Kedatangan Truk Pada Simulasi Skenario 2

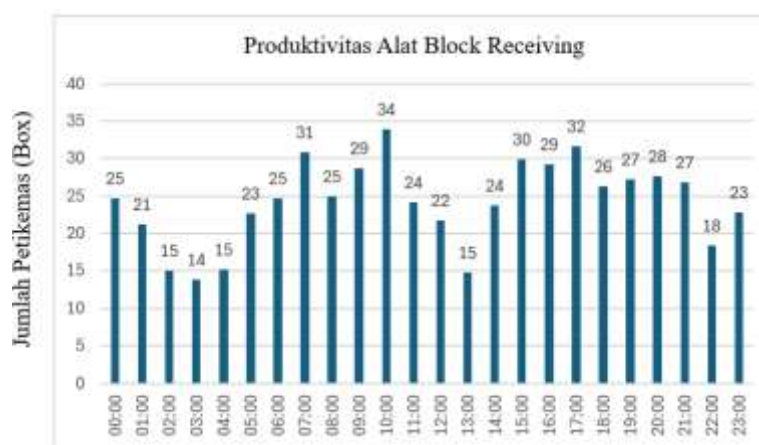
11/12/2025		
Jam	Jumlah Kedatangan Truk Skenario 1	Jumlah Kedatangan Truk Skenario 2
00:00	12	51
01:00	5	39
02:00	4	29
03:00	4	28
04:00	4	29
05:00	3	51
06:00	14	50
07:00	28	60
08:00	63	50
09:00	80	62
10:00	80	63
11:00	84	49
12:00	61	42
13:00	74	29
14:00	81	48
15:00	82	61
16:00	80	61
17:00	80	60
18:00	71	52
19:00	47	59
20:00	75	50
21:00	55	49
22:00	45	39
23:00	19	47

Sumber: Data diolah penulis tahun 2026

Berdasarkan hasil simulasi, volume kedatangan truk tertinggi terjadi pada rentang waktu 07.00–10.00 dengan puncak kedatangan pada pukul 10.00 sebanyak 63 truk. Peningkatan kedatangan juga terlihat pada periode 15.00–19.00, dengan jumlah tertinggi pada pukul 16.00 sebanyak 61 truk. Dibandingkan kondisi eksisting, antrean dan tingkat kemacetan mengalami penurunan pada beberapa periode waktu. Namun, distribusi kedatangan truk masih belum sepenuhnya merata. Peningkatan jumlah kedatangan terlihat pada saat pergantian slot waktu, yaitu sekitar pukul 08.00 dan 16.00. Pola tersebut sejalan dengan temuan Ginta dan Shin (2022) yang menyatakan bahwa salah satu faktor yang memengaruhi keberhasilan penerapan *Terminal Booking System* (TBS) adalah perbedaan jam operasional antara pelabuhan dan sektor industri. Pelabuhan umumnya beroperasi selama 24 jam, sedangkan sebagian besar pabrik hanya beroperasi dalam satu shift selama 8 jam, sehingga aktivitas pemesanan waktu kedatangan cenderung terkonsentrasi pada awal atau akhir jam operasional industri.



Gambar 3.3 Produktivitas Alat Pada Block Pengiriman
 Skenario 2. Sumber: Data diolah penulis tahun 2026



Gambar 3.4 Produktivitas Alat Pada Block Penerimaan
 Skenario 2. Sumber: Data diolah penulis tahun 2026

Berikut merupakan kondisi blok pengiriman dan blok penerimaan berdasarkan pola kedatangan truk pada skenario 2. Pada kedua blok tersebut, produktivitas peralatan mulai meningkat sejak pukul 07.00. Produktivitas tertinggi pada blok pengiriman terjadi pada rentang waktu 09.00–10.00 serta pukul 16.00, sedangkan pada blok penerimaan terjadi pada pukul 10.00 dan periode 15.00–18.00. Kondisi ini menunjukkan bahwa produktivitas peralatan di lapangan penumpukan masih memiliki hubungan yang sejalan dengan volume kedatangan truk melalui gerbang masuk terminal. Selain itu, peningkatan produktivitas cenderung terjadi pada waktu pergantian slot, sejalan dengan pola kedatangan truk pada skenario ini.

3.4 Model Simulasi dan Analisis Skenario 3

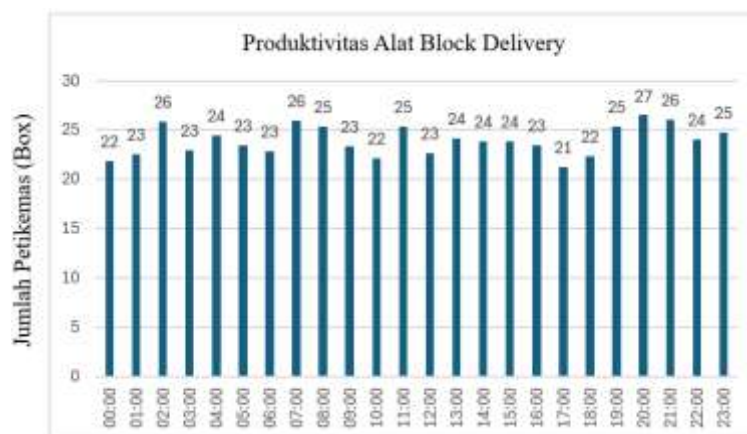
Setelah dilakukan simulasi selanjutnya dilakukan analisis terkait dengan kedatangan truk di pintu masuk melakukan perbandingan antara waktu kedatangan truk skenario 1 & skenario 3. Berikut merupakan hasil dari analisis kedatangan truk.

Tabel 3.4 Analisis Kedatangan Truk Pada Simulasi Skenario 3

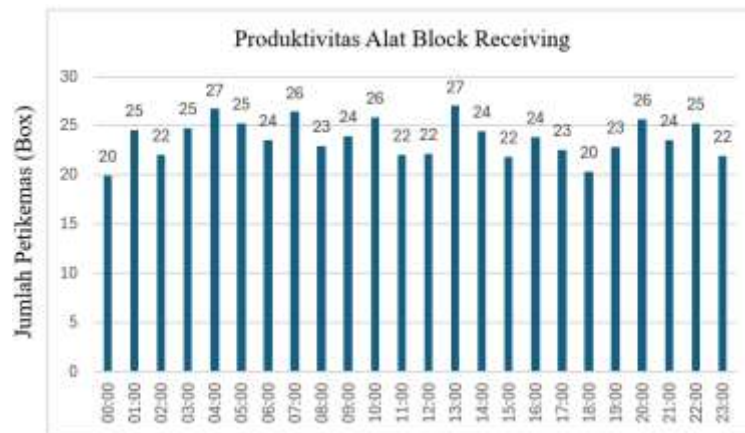
11/12/2025		
Jam	Jumlah Kedatangan Truk Skenario 1	Jumlah Kedatangan Truk Skenario 3
00:00	12	46
01:00	5	49
02:00	4	46
03:00	4	49
04:00	4	50
05:00	3	48
06:00	14	48
07:00	28	53
08:00	63	48
09:00	80	48
10:00	80	46
11:00	84	48
12:00	61	46
13:00	74	49
14:00	81	50
15:00	82	46
16:00	80	47
17:00	80	45
18:00	71	44
19:00	47	50
20:00	75	51
21:00	55	50
22:00	45	48
23:00	19	46

Sumber: Data diolah penulis tahun 2026

Berdasarkan hasil simulasi, volume kedatangan truk bergerak relatif konsisten pada kisaran 40–50 truk per jam. Jumlah kedatangan tertinggi selama periode simulasi 24 jam terjadi pada pukul 07.00 sebanyak 53 truk dan pukul 20.00 sebanyak 51 truk. Dibandingkan dengan dua skenario sebelumnya, waktu antrean dan tingkat kemacetan mengalami penurunan yang sangat signifikan. Hasil ini menunjukkan bahwa penerapan *Terminal Booking System* (TBS) dengan pembagian 6 slot waktu (1 slot = 4 jam) mampu mendistribusikan kedatangan truk secara lebih merata, sehingga mengurangi antrean dan meningkatkan kelancaran arus lalu lintas pada area gerbang masuk terminal..



Gambar 3.5 Produktivitas Alat Pada Block Pengiriman Skenario 3. Sumber: Data diolah penulis tahun 2026



Gambar 3.6 Produktivitas Alat Pada Block Penerimaan
Skenario 3. Sumber: Data diolah penulis tahun 2026

Berikut merupakan kondisi blok pengiriman dan blok penerimaan pada skenario 3. Hasil simulasi menunjukkan bahwa distribusi produktivitas pada kedua blok menjadi lebih merata dibandingkan skenario sebelumnya. Produktivitas pada periode ini hari yang sebelumnya rendah mengalami peningkatan hingga mencapai rata-rata di atas 20 truk per jam. Pola yang lebih stabil ini menunjukkan bahwa beban kerja pada blok pengiriman maupun blok penerimaan terdistribusi secara lebih konsisten selama waktu operasional. Selain itu, kondisi tersebut mengindikasikan peningkatan utilisasi peralatan serta penurunan potensi antrean pada jam sibuk. Produktivitas tertinggi pada blok pengiriman mencapai 27 per jam, sedangkan pada blok penerimaan juga mencapai 27 per jam.

3.5 Model Simulasi dan Analisis Skenario 4

Setelah dilakukan simulasi selanjutnya dilakukan analisis terkait dengan kedatangan truk di pintu masuk melakukan perbandingan antara pintu masuk (TBS) dan pintu masuk pengiriman *empty*. Berikut merupakan hasil dari analisis kedatangan truk.

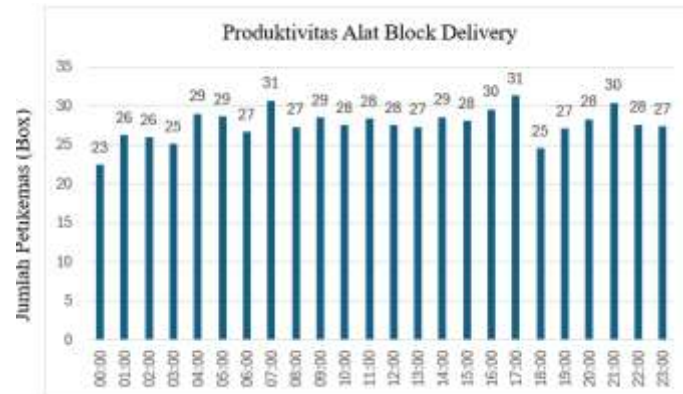
Tabel 3.5 Analisis Kedatangan Truk Pada Simulasi Skenario 4

11/12/2025		
Jam	Jumlah Kedatangan Truk "gate"	Jumlah Kedatangan Truk "gate delivery empty"
00:00	33	10
01:00	38	9
02:00	39	10
03:00	34	9
04:00	35	12
05:00	37	12
06:00	37	11
07:00	39	9
08:00	34	10
09:00	39	9
10:00	38	11
11:00	39	10
12:00	38	9
13:00	38	8
14:00	38	11
15:00	41	10
16:00	37	10
17:00	40	11
18:00	33	10
19:00	33	10
20:00	35	10
21:00	39	10
22:00	33	10
23:00	36	8

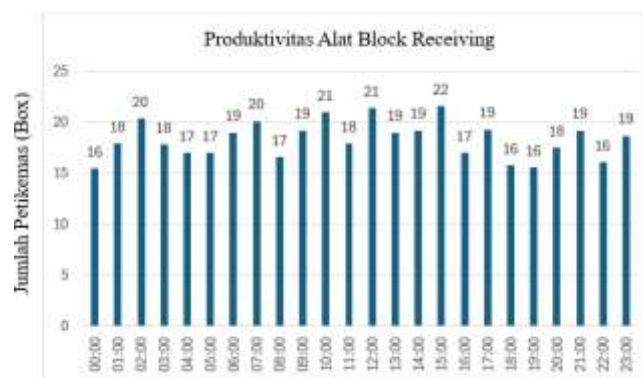
Data diolah penulis tahun 2026

Berdasarkan perbandingan antara data kedatangan truk dan hasil visualisasi simulasi, terlihat adanya kemacetan pada area pengiriman peti kemas kosong (*empty*) meskipun volume kedatangannya relatif rendah, yaitu sekitar 8–

10 truk per jam. Kondisi ini menunjukkan bahwa kepadatan yang terjadi tidak sepenuhnya dipengaruhi oleh jumlah kedatangan kendaraan, melainkan oleh proses pelayanan di dalam sistem. Perbedaan antara data produksi per jam dan kondisi yang ditampilkan simulasi mengindikasikan adanya ketidakseimbangan antara laju kedatangan dan waktu pelayanan (*service time*). Dengan demikian, kemacetan yang terjadi bukan disebabkan oleh kapasitas gerbang masuk, tetapi oleh layanan khusus pengambilan peti kemas kosong, di mana pelanggan diberikan kesempatan untuk memilih peti kemas secara langsung di lapangan penumpukan sehingga membutuhkan waktu pelayanan yang relatif lebih lama, yaitu sekitar 10 menit per transaksi.



Gambar 3.7 Produktivitas Alat Pada Block Pengiriman
Skenario 4. Sumber: Data diolah penulis tahun 2026



Gambar 3.8 Produktivitas Alat Pada Block Penerimaan
Skenario 4. Sumber: Data diolah penulis tahun 2026

Meskipun tingkat produktivitas yang dihasilkan tetap stabil, layanan tersebut menyebabkan waktu tunggu truk di dalam terminal menjadi lebih lama dibandingkan proses pelayanan biasa. Kondisi ini menjelaskan mengapa visualisasi simulasi menunjukkan adanya antrean pada area gerbang pengiriman peti kemas kosong, meskipun data produksi tidak memperlihatkan peningkatan volume yang signifikan. Waktu pelayanan tambahan sekitar 10 menit untuk proses pemilihan peti kemas mengakibatkan pergerakan truk menuju gerbang pengiriman menjadi lebih lambat, sehingga terjadi akumulasi kendaraan pada area tersebut..

3.6 Gap Analysis Seluruh Skenario

Dari semua hasil skenario simulasi di perlukan sebuah analisis yang dapat menjelaskan hasil dari empat skenario tersebut, Kemudian hasil dari penerapan sistem atau empat skenario tersebut akan dibandingkan dengan menggunakan *Gap Analysis* untuk mengetahui hasil sebelum dan sesudah diterapkan skenario tersebut.

Tabel 3.6 Data Perbandingan Kedatangan Truk Setiap Skenario

Jam	11/12/2025				
	Jumlah Kedatangan Truk Skenario 1	Jumlah Kedatangan Truk Skenario 2	Jumlah Kedatangan Truk Skenario 3	Jumlah Kedatangan Truk "gate" Skenario 4	Jumlah Kedatangan Truk "gate delivery empty" Skenario 4
00:00	10	51	46	33	10
01:00	8	39	49	38	9
02:00	6	29	46	39	10
03:00	3	28	49	34	9
04:00	3	29	50	35	12
05:00	6	51	48	37	12
06:00	16	50	48	37	11
07:00	27	60	53	39	9
08:00	72	50	48	34	10
09:00	78	62	48	39	9
10:00	82	63	46	38	11
11:00	82	49	48	39	10
12:00	65	42	46	38	9
13:00	76	29	49	38	8
14:00	80	48	50	38	11
15:00	81	61	46	41	10
16:00	79	61	47	37	10
17:00	78	60	45	40	11
18:00	70	52	44	33	10
19:00	62	59	50	33	10
20:00	69	50	51	35	10
21:00	64	49	50	39	10
22:00	46	39	48	33	10
23:00	31	47	46	36	8

Sumber: Data diolah penulis tahun 2026

Tabel 3.6 menyajikan perbandingan pola kedatangan truk pada tiga skenario simulasi untuk mengidentifikasi tingkat kemacetan di area gerbang masuk terminal. Skenario 1, yang merepresentasikan kondisi eksisting tanpa penerapan *Terminal Booking System* (TBS) dengan total 1.223 kedatangan truk, menunjukkan tingkat kemacetan tertinggi. Antrean terjadi pada periode 09.00–11.00 dan kembali meningkat pada pukul 14.00–21.00, yang mengindikasikan adanya konsentrasi kedatangan truk pada jam-jam tertentu, terutama pada shift 1 hingga menjelang shift 2.

Pada skenario 2, penerapan TBS dengan 3 slot waktu (1 slot = 8 jam) mulai memperbaiki distribusi kedatangan truk. Namun, kemacetan masih terjadi pada pukul 08.00–10.00 dan 15.00–19.00, yang menunjukkan bahwa kedatangan truk masih cenderung terkonsentrasi pada saat pergantian slot. Temuan ini sejalan dengan penelitian Ginta dan Shin (2022) yang menyatakan bahwa perbedaan jam operasional antara pelabuhan dan sektor industri dapat memengaruhi efektivitas implementasi TBS, sehingga aktivitas pemesanan waktu kedatangan cenderung terpusat pada awal atau akhir jam operasional industri.

Sementara itu, skenario 3 dengan pembagian 6 slot waktu (1 slot = 4 jam) mampu mengurangi kemacetan secara lebih signifikan. Antrean hanya terdeteksi pada pukul 07.00 dan 20.00, sehingga distribusi kedatangan truk menjadi lebih merata dibandingkan skenario sebelumnya. Hasil ini menunjukkan bahwa durasi slot yang lebih pendek memberikan fleksibilitas yang lebih baik dalam mengatur kedatangan truk dan mengurangi konsentrasi kendaraan pada periode tertentu.

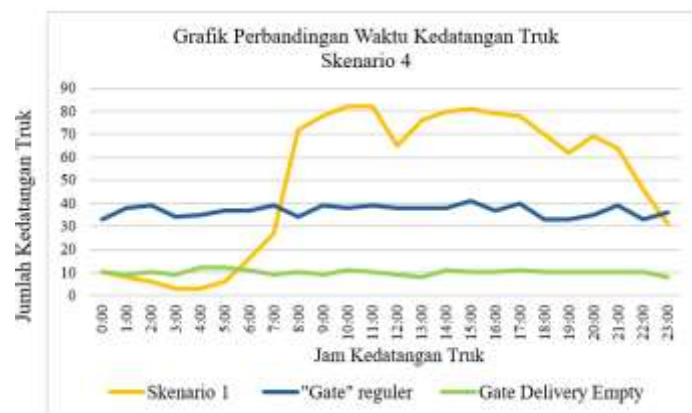
Berikut merupakan grafik perbandingan pada 3 skenario simulasi yang telah dijalankan.



Gambar 3.9 Grafik Perbandingan Waktu Kedatangan Truk Pada Setiap Skenario
Sumber: Data diolah penulis tahun 2026

Visualisasi pada grafik perbandingan waktu kedatangan truk memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai pengaruh masing-masing skenario terhadap stabilitas operasional terminal. Pada skenario 1 (tanpa *Terminal Booking System*), pola kedatangan truk menunjukkan fluktuasi yang tinggi, dengan volume yang relatif rendah pada beberapa periode namun meningkat tajam hingga mencapai lebih dari 80 truk per jam pada waktu tertentu. Kondisi ini mengindikasikan bahwa kedatangan truk masih terkonsentrasi pada jam-jam tertentu, terutama pada shift 1 dan shift 2.

Sebaliknya, skenario 2 dan skenario 3 menunjukkan pola kedatangan yang lebih stabil dan terkendali. Perbaikan paling signifikan terlihat pada skenario 3, di mana volume kedatangan bergerak relatif konsisten pada kisaran 40–60 truk per jam. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pembagian slot waktu selama 4 jam mampu mendistribusikan kedatangan truk secara lebih merata dengan mengalihkan sebagian volume dari periode padat ke periode yang sebelumnya memiliki tingkat kedatangan rendah. Secara keseluruhan, grafik ini menunjukkan bahwa penerapan *Terminal Booking System* (TBS) dapat meningkatkan keteraturan pola kedatangan truk dan mengurangi konsentrasi kendaraan pada jam-jam tertentu selama operasional terminal.



Gambar 3.10 Grafik Perbandingan Waktu Kedatangan Truk Skenario 4
Sumber: Data diolah penulis tahun 2026

Berdasarkan data pada Tabel 3.10 dan grafik kedatangan truk, skenario 4 menunjukkan performa yang paling baik dalam menciptakan distribusi kedatangan yang stabil dan merata. Namun, hasil visualisasi simulasi masih memperlihatkan adanya antrean pada area tertentu di dalam terminal. Kondisi ini menunjukkan bahwa meskipun pola kedatangan truk telah berhasil diatur melalui *Terminal Booking System* (TBS), kemacetan tetap dapat terjadi akibat faktor lain dalam proses operasional. Pada skenario 4, terdapat layanan khusus di lapangan penumpukan yang membutuhkan waktu pelayanan sekitar 10 menit per truk. Durasi pelayanan tersebut menyebabkan laju kendaraan yang keluar dari proses pelayanan lebih rendah dibandingkan laju kedatangannya, sehingga terjadi akumulasi kendaraan dan membentuk antrean. Temuan ini mengindikasikan bahwa efisiensi operasional terminal tidak hanya dipengaruhi oleh pemerataan jadwal kedatangan truk, tetapi juga oleh kapasitas dan kecepatan pelayanan (*service rate*) dalam sistem. Oleh karena itu, pengelolaan waktu pelayanan menjadi faktor penting untuk mencegah terjadinya *bottleneck* meskipun distribusi kedatangan kendaraan telah optimal.

4. Kesimpulan

Model simulasi telah dikembangkan dan dijalankan berdasarkan kondisi eksisting serta tiga skenario penerapan *Terminal Booking System* (TBS). Skenario 1 merepresentasikan kondisi operasional saat ini tanpa penerapan TBS. Skenario 2 menerapkan TBS dengan 3 slot waktu (1 slot = 8 jam), sedangkan skenario 3 menerapkan TBS dengan 6 slot waktu (1 slot = 4 jam). Adapun skenario 4 disusun sesuai kebutuhan operasional terminal, yaitu 75% kedatangan truk untuk kegiatan penerimaan peti kemas penuh dan kosong serta pengiriman peti kemas penuh diatur melalui TBS, sementara 25% kegiatan pengiriman peti kemas kosong memperoleh perlakuan khusus dengan tetap menggunakan pengaturan 6 slot waktu. Berdasarkan hasil simulasi, skenario 3 merupakan alternatif terbaik karena mampu menciptakan distribusi kedatangan truk yang lebih merata sepanjang waktu operasional. Pembagian slot selama 4 jam berhasil mengurangi konsentrasi kendaraan pada jam sibuk dengan mendistribusikan sebagian volume kedatangan ke periode yang sebelumnya memiliki tingkat aktivitas rendah. Sementara itu, skenario 4 menunjukkan pola kedatangan truk yang paling stabil berdasarkan data produksi dan hasil simulasi. Namun, masih ditemukan antrean pada blok pengiriman peti kemas kosong akibat durasi pelayanan yang lebih lama dibandingkan aktivitas lainnya. Temuan ini menunjukkan bahwa efisiensi operasional terminal tidak hanya dipengaruhi oleh pemerataan jadwal kedatangan melalui TBS, tetapi juga oleh kapasitas dan kecepatan pelayanan dalam sistem. Dengan demikian, pengelolaan waktu pelayanan menjadi faktor penting untuk menghindari terjadinya hambatan operasional (*bottleneck*) meskipun distribusi kedatangan truk telah berjalan optimal.

Referensi

1. Abdul Rahman, Ni Made Wirastika Sari, F., Mochamad Sugiarto, S., Abidin, Z., Irwanto, A. P. N., Indriana, Ladjin, N., Haryanto, E., Amane, A. P. O., Ahmadin, & Alaslan., A. (2022). Metode Penelitian Ilmu sosial.
2. Alfatih, A. (2021). Panduan Praktis Penelitian Deskriptif Kuantitatif. Universitas Sriwijaya, 1–4.
3. Allen, T. T. (2011). Introduction to Discrete Event Simulation and Agent-based Modeling: Voting Systems, Health Care, Military, and Manufacturing. Springer London.
4. Azab, A. E., & Eltawil, A. B. (2014). A Simulation Based Study Of The Effect Of Truck Arrival Patterns On Truck Turn Time In Container Terminals. 2(Cd).
5. Azab, A., Karam, A., & Eltawil, A. (2017). A Dynamic and Collaborative Truck Appointment Management System in Container Terminals. Icores, 85–95.
6. Balaka, M. Y. (2022). Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, Dan R&D. Bandung: CV Alfabeta. Metodologi Penelitian Pendidikan Kualitatif, 1, 130.
7. Banks, J. (2010). Discrete-event System Simulation.
8. Bnouachir, H., Semmar, A., & Systems, A. F. M. (2020). Intelligent Fleet Management System for Open Pit Mine. 11(5), 327–332.
9. Boyke, C. (2019). Perencanaan Pelabuhan dan Terminal. 3.
10. El Jasmine, S., Wani Sihalo, O., Ratnaningsih, D., Annas Amrullah, R., & Pelayanan Surabaya, P. (2025). Analisis Penerapan Terminal Booking System (TBS) Terhadap Kelancaran Arus Barang di Pelabuhan Utama Tanjung Priok. Romanda Annas Amrullah INNOVATIVE: Journal Of Social Science Research, 5, 7201–7209.
11. Febriani, S., & Wibowo, B. S. (2022). Pemetaan Perkembangan Alternatif Solusi Kemacetan di Terminal Pelabuhan. Talenta Conference Series ..., 5(2).
12. Fishman, G. (2001). Discrete-Event Simulation: Modeling, Programming, and Analysis. Springer New York.
13. Ginta, J., & Shin, J. (2022). Terminal Booking System Untuk Pelabuhan Tanjung Priok * Konsep dan Case Study. 16 June.
14. Grigoryev, I. (2025). AnyLogic.
15. Guan, C. Q. (2009). Analysis of marine container terminal gate congestion, truck waiting cost, and system optimization.
16. Hardani, Auliya, N. H., Andriani, H., Fardani, R. A., Ustiawaty, J., Utami, E. F., Sukmana, D. J., & Istiqomah, R. R. (2020). Metode Penelitian Kualitatif & Kuantitatif. In Journal of Logistics A: Mathematical and Theoretical (Vol. 44, Issue 8).
17. Harrell, C., Ghosh, B. K., & Bowden, R. (2004). Simulation Using ProModel. McGraw-Hill/Higher Education.
18. Jovanovic, R. (2018). Optimizing Truck Visits to Container Terminals with Consideration of Multiple Drays of Individual Drivers. Journal of Optimization, 2018(1).
19. Juna Eska, M. K., Zulfritri Yani, M. K., Riandana Afira, M. K., Devi Gusmita, M. K., & Febby Kesumaningtyas, M. K. (2023). Konsep dasar Pemodelan dan Simulasi.
20. Kementerian Sekretariat Negara Republik Indonesia. (2021). PM Nomor 50 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Pelabuhan Laut. 151(2), 10–17.
21. Kim, S., & Ji, Y. (2018). Gap Analysis.
22. Kusuma, S. D., Priyono, B., & Prawirosastro, C. L. (2025). Optimalisasi Produktivitas Reach Stacker Dalam Kegiatan Operasional 2024 Pada Pt Terminal Petikemas Surabaya. 4(12), 1903–1912.
23. Lange, A., Kreuz, F., Langkau, S., & Jahn, C. (2020). Defining the Quota of Truck Appointment Systems. In Data science in maritime and city logistics: : Data-driven Solutions for Logistics and Sustainability. Proceedings of the Hamburg International Conference of Logistics (HICL), Vol. 30, ISBN 978-3-7531-2347-9, epubli GmbH, Berlin.
24. Lange, A., Schwientek, A., & Jahn, C. (2017). Reducing Truck Congestion at Ports Classification and Trends.
25. Law, A. M. (2014). Simulation Modeling And Analysis.
26. Lintang, Y. mutiara. (2024). Analisis Faktor yang Mempengaruhi Standar Waktu Pelayanan Truck Round Time PT Terminal Peti Kemas Surabaya.
27. Lubis, M. D. F. (2026). Transformasi Digital berbasis Smart Port Revolution di Pelabuhan Tanjung Emas: Optimalisasi Logistik melalui Terminal Booking System M. Daffa Fahada Lubis. 8(2025), 255–277.
28. Nugrohoputra, M. A. (2025). Pengembangan Model Simulasi Untuk Evaluasi Kinerja Operasional Pelabuhan. September.
29. Ramadhan, F. I., & Wasesa, M. (2020). Agent-based Truck Appointment System for Containers Pick-up Time Negotiation. IJCCS (Indonesian Journal of Computing and Cybernetics Systems), 14(1), 81.

30. Rifqi, Z. F., & Mashudi, M. (2023). The Influence of Terminal Booking System (TBS), Yard Operation Plan (YOP), Turn Round Time (TRT) on Operational Effectiveness PT Pelindo Terimnal Peti Kemas Semarang. *Asian Journal of Logistics Management*, 2(2), 99–104.
31. Sargent, R. G. (2012). Verification and validation of simulation models. 7(1), 12–24.
32. Schröder, L. (2014). Port of Durban Container Terminal.
33. Sugiyono. (2023). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D* (Vol. 17).
34. Tri Mulyono. (2018). Pelabuhan.
35. Utama, D. R., Hamsal, M., Rahim, R. K., & Furinto, A. (2024). The effect of digital adoption and service quality on business sustainability through strategic alliances at port terminals in Indonesia. *Asian Journal of Shipping and Logistics*, 40(1), 11–21.
36. Utomo, K. S. (2015). *Infrastruktur Pelabuhan*. Unnes Press, 1, 1–196.
37. Wainer, G. A. (2017). *Discrete-Event Modeling and Simulation: A Practitioner's Approach*. CRC Press.
38. Zhao, W., & Goodchild, A. V. (2013). Using the truck appointment system to improve yard efficiency in container terminals. *Maritime Economics and Logistics*, 15(1), 101–119.