

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Pelabuhan memiliki peran penting dalam perpindahan barang melalui laut dan menjadi simpul utama dalam pergerakan barang dari dan ke wilayah domestik maupun internasional (Mulyono, 2023a). Sebagai simpul, peran pelabuhan dalam sislognas memerlukan fasilitas untuk kelancaran layanannya. Salah satunya adalah terminal kargo curah yang melayani bongkar muat barang dalam jumlah besar tanpa kemasan (curah cair dan kering seperti minyak, batu bara, biji-bijian), dengan fokus pada efisiensi waktu pelayanan dan manajemen operasional untuk mendukung kelancaran arus barang, berlawanan dengan kargo kemasan atau *general cargo* (Mulyono, 2018, 2023b). Termasuk salah satu terminal di Pelabuhan Tanjung Priok yaitu di Dermaga 004 Zona Nusantara 1 Wilayah 1 Domestik yang menangani kargo curah. Oleh karena itu, layanan bongkar muat kargo di seluruh terminal nonpetikemas yang dikelola, melalui “optimalisasi fasilitas dan peralatan pelabuhan serta didukung dengan penerapan sistem operasi yakni PTOS-M (Pelindo Terminal Operating System Multipurpose). Hal ini dilakukan untuk memastikan setiap proses layanan bongkar muat berjalan aman, efektif, dan efisien sehingga dapat mempersingkat *port stay* dan *cargo stay*,” (Humas Pelindo, 2025). Disisi lain, statistik Industri menunjukkan bahwa pasar transportasi kargo besar dan barang curah global diperkirakan tumbuh pada tingkat pertumbuhan sebesar 4,7% dari tahun 2024 hingga 2030 (For Insights Consultancy, 2025).

Efisiensi operasional pelabuhan sangat berpengaruh terhadap biaya logistik dan waktu distribusi barang di suatu negara. Studi yang dilakukan oleh (Qu et al., 2021) menjelaskan bahwa antrean truk yang panjang di terminal laut dapat meningkatkan waktu tunggu, menurunkan produktivitas, serta menambah biaya operasional perusahaan pelayaran dan logistik. Oleh karena itu, analisis terhadap sistem antrean di pelabuhan menjadi penting untuk memahami bagaimana kedatangan dan pelayanan kendaraan dapat memengaruhi efisiensi keseluruhan rantai pasok (Mulyono, 2025b). Oleh karena itu, mengurangi waktu putar balik truk di pelabuhan telah menjadi salah satu arah untuk meningkatkan perkembangan

pelabuhan di masa depan (Abdelmagid et al., 2022). Di sisi lain; waktu putar balik truk yang lebih lama di pelabuhan berarti lebih banyak emisi gas buang, sehingga pengurangan total waktu putar balik truk sangat penting untuk mendukung pengembangan pelabuhan hijau yang ramah lingkungan. (Azarkamand et al., 2020) menunjukkan bahwa distribusi waktu kedatangan yang tidak merata untuk sejumlah besar truk ke terminal lebih cenderung menyebabkan kemacetan lalu lintas yang parah di pelabuhan.

Operasional pelabuhan bersifat kompleks dengan ekosistemnya sangat terpengaruh oleh banyak faktor yang kompleks. Kompleksitas ini juga disebabkan oleh penanganan berbagai jenis kargo, kendala operasional seperti penurunan peralatan, kesalahan alokasi sumber daya pelabuhan, yang mengakibatkan waktu berlabuh yang lebih lama, yang mengacu pada lamanya waktu kapal berlabuh (Gülmez et al., 2025) termasuk waktu menganggur (*idle time*) dan waktu penanganan kargo atau waktu layanan (UNCTAD, 2023).

Data bongkar muat untuk muatan kargo semen di Dermaga 004 Zona Nusantara 1 Wilayah 1 Domestik selama Periode Juli – Agustus 2025 menunjukkan rata-rata waktu antar kedatangan truk selama 25,26 menit dengan layanan selama 29,45 menit (Data PTOS-M) yang membawa kargo semen untuk di muat pada kapal pengangkut semen yang dibangun pada tahun 2020 (berumur 5 tahun) dan saat ini berlayar di bawah bendera Indonesia (VesselFinder, 2025).

Produktivitas layanan aktual selama periode Juli – Agustus 2025 rata-rata 107,9 ton/jam sebesar waktu pemuatan dengan volume rata-rata 4027 ton memerlukan waktu pemuatan selama 38 jam dengan rata-rata waktu putar truk aktual di Pelabuhan selama 755,53 menit atau 12,59 jam jauh lebih lama dari yang ditetapkan selama 70 menit atau 10 kali dari waktu yang ditetapkan (Pedoman Mutu & Kebijakan Mutu Sistem Manajemen Mutu KSO TPK Koja 2017. ISO 9001:2015, 2017; Terminal Petikemas Koja, 2020). Oleh karena itu memerlukan simulasi untuk mendapatkan waktu layanan yang optimal sesuai dengan waktu antar kedatangan dengan melakukan simulasi model M/M/1 karena pemuatan dilayani dengan 1 alat muat *Vacuum Conveyer System*, dan tingkat kegunaan melebihi 100% sehingga

tidak dapat dihitung berapa banyak jumlah dan waktu antrean sesuai dengan model sistem antrian (Mulyono, 2025b).

Model antrean M/M/1 berurusan dengan sistem antrean yang memiliki satu server input Poisson, distribusi eksponensial untuk layanan, dan tidak ada batasan kapasitas sistem sementara pelanggan dilayani berdasarkan "siapa cepat dia dapat". Ini adalah salah satu model antrean yang paling sederhana dan paling umum digunakan (Mulyono, 2025b). Model ini melibatkan asumsi-asumsi berikut. Kedatangan dilayani berdasarkan siapa cepat dia dapat; tidak peduli berapa panjang antrean, setiap kedatangan menunggu untuk dilayani - yaitu, tidak ada yang mengingkari atau menolak; kedatangan tidak berubah dengan kedatangan sebelumnya, tetapi tingkat kedatangan rata-rata tidak berubah seiring waktu; kedatangan dijelaskan oleh distribusi probabilitas *poisson* dan berasal dari populasi yang luas atau tak terbatas; waktu layanan juga berbeda dan berbeda dari satu pelanggan ke pelanggan berikutnya, tetapi tingkat rata-ratanya diketahui; waktu layanan didasarkan pada distribusi probabilitas eksponensial negatif; dan rata-rata tingkat layanan lebih tinggi daripada rata-rata tingkat kedatangan.

Waktu layanan (*service time*) dalam model antrean adalah durasi yang dibutuhkan pelayan (*server*) untuk menyelesaikan pelayanan kepada satu pelanggan, yang bisa bersifat acak (terdistribusi eksponensial) atau tetap (deterministik) sedangkan waktu antar kedatangan (*interarrival time*) merupakan durasi waktu antara kedatangan dua pelanggan atau peristiwa secara berurutan dalam suatu sistem pelayanan biasanya terdistribusi *poisson*. (GeeksforGeeks, 2024; Sztrik, 2021; Thomopoulos, 2012).

Mekanisme permintaan layanan dapat dilihat dari waktu antar kedatangan (*time between arrival/TBA*) dan efisiensi operasional dapat dilihat dari waktu layanan (*time service/TS*) yang berdampak pada waktu *Truck Turnaround Time* (TRT) di Pelabuhan dan sebagai fungsi permintaan dan penawaran (Mulyono, 2025b). Jika rasio kegunaan lebih besar dari satu maka sistem tidak stabil. Data aktual menunjukkan rata-rata tingkat kegunaan sistem atau rasio utilitas, ρ untuk muatan kargo semen curah sebesar $1,184 > 1$ artinya sistem tidak stabil, sehingga

waktu menunggu atau antrian menjadi lama dan berdampak pada waktu putar truk (TRT).

Hasil penelusuran jurnal yang terkait TRT umumnya hanya mengkaji untuk terminal peti kemas, belum banyak yang mengkaji TRT dan waktu layanan serta lebih spesifik lagi untuk kargo curah kering terutama di Indonesia, yang belum ditemukan artikel yang menggunakan model antrean. Oleh karena itu menjadi menarik dan terbaru untuk mengkaji bagaimana melakukan optimasi melalui simulasi waktu layanan dan waktu antar kedatangan untuk kargo curah di Pelabuhan laut, secara khusus di PTP Cabang Tanjung Priok.

PTP Cabang Tanjung Priok ini mengoperasikan 2 Wilayah Operasional di Pelabuhan Tanjung Priok. Salah satu dermaga di Wilayah 1 Domestik PT Pelabuhan Tanjung Priok Cabang Tanjung Priok adalah Dermaga 004 Zona Nusantara 1 yang memuat kargo curah semen. Pelayanan truk berlangsung dengan satu fasilitas bongkar (*vacuum unloader*) dan sistem antrean *First In First Out (FIFO)*. *Vacuum unloader* adalah sistem yang menggunakan daya hisap untuk bongkar/muat material curah dari kontainer, seperti kantong, silo, atau truk, ke/dari kapal dengan produktivitas 200 – 300 ton/jam, namun demikian data actual menunjukkan hanya 109,70 ton/jam lebih kecil dari standar minimal 125 t/jam yang ditetapkan dalam (Peraturan Kepala Kantor Otoritas Pelabuhan Utama Tanjung Priok Nomor: HK.206/3/8/OP.TPK-22 Tentang Standar Kinerja Pelayanan Operasional Pelabuhan Pada Pelabuhan Tanjung Priok, 2022) yang artinya bahwa sistem tidak stabil dalam pengertian transportasi menunjukkan bahwa ada banyak antrean yang bisa menyebabkan kemacetan (Mulyono, 2025b) yang dibuktikan dengan TRT 755,33 menit (12,59 jam).

TRT berfungsi sebagai metrik kinerja penting untuk terminal kargo, memberikan umpan balik langsung pada kemacetan dan efisiensi pelabuhan (Chen, 2025). TRT di terminal kargo curah merupakan waktu total yang dibutuhkan truk untuk menyelesaikan aktivitas mulai dari gerbang (*gate in*) hingga selesai bongkar muat dan meninggalkan terminal (*gate out*). TRT mengukur efisiensi operasional terminal kargo curah, mencakup semua proses seperti administrasi, waktu tunggu, dan pekerjaan bongkar muat (Mulyono, 2025b) dan menjadi indikator kunci untuk

mengukur produktivitas terminal kargo curah dan untuk perbaikan proses di masa mendatang. Temuan simulasi untuk kargo peti kemas menunjukkan bahwa TRT di Pelabuhan Montréal rata-rata 88,2 menit, yang ditandai dengan kongesti internal yang signifikan. Penerapan Truck Appointment System mengurangi TRT menjadi 78,37 menit. (Nikdast, 2025; Nikdast & Awasthi, 2025). Studi lainnya (Huynh & Walton, 2005) untuk mengurangi waktu putar truk di terminal peti kemas laut menunjukkan hubungan yang erat antara waktu layanan dengan TRT untuk kargo peti kemas di pelabuhan Amerika menunjukkan, jika ada 100 truk yang dilayani maka waktu TRT sekitar 55 menit. Untuk kargo curah, di India rata-rata sekitar 1,96 – 4,12 hari (Planning Commission Government of India, 2007). Studi yang dilakukan (Nurchayoa et al., 2020) di Pelabuhan terminal Peti Kemas Selatan PT. Pelabuhan Tanjung Priok selama 48,72 - 99,28 menit. Di Port of Rotterdam - Belanda, TRT sekitar 1.9 - 2.3 jam untuk kargo peti kemas (Chen, 2025). Hasil penelitian lainnya untuk studi di PT Terminal Petikemas Surabaya untuk kargo peti kemas (Andriani et al., 2024; Karima, 2019) menunjukkan rata-rata TRT tahunan melebihi standar 30 menit yaitu 42,03 menit (2021), 41,66 menit (2022), dan 41,38 menit (2023) atau sekitar 30 – 60 menit (Putra et al., 2024).

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan sebelumnya, dapat dirumuskan masalahnya sebagai berikut:

- (1) Apakah waktu antar kedatangan di terminal kargo curah yang dimuat ke Kapal XYZ terdistribusi poisson dan waktu layanan di terminal kargo curah terdistribusi eksponensial?
- (2) Apakah waktu layanan hasil simulasi menggunakan MS Excel untuk model M/M/1 berbeda dengan waktu layanan aktual untuk kargo semen curah di Dermaga 004 Zona Nusantara 1 Wilayah 1 Domestik PT Pelabuhan Tanjung Priok Cabang Tanjung Priok?
- (3) Bagaimana hubungan antara waktu antar kedatangan dengan waktu layanan pada kargo semen curah di Dermaga 004 Zona Nusantara 1 Wilayah 1 Domestik PT Pelabuhan Tanjung Priok Cabang Tanjung Priok?

- (4) Bagaimana hubungan antara waktu layanan dengan waktu putar truk (TRT) untuk kargo semen curah di Dermaga 004 Zona Nusantara 1 Wilayah 1 Domestik PT Pelabuhan Tanjung Priok Cabang Tanjung Priok?

1.3. Batasan Masalah

Berdasarkan rumusan masalah, penelitian ini di batasi sebagai berikut:

- (1) Pengujian persyaratan analisis untuk melihat distribusi data poisson dan eksponential menggunakan uji Chi Square (χ^2) menggunakan alat bantu MS Excel.
- (2) Analisis simulasi model menggunakan M/M/1
- (3) Kargo curah dari data sekunder dari pencatatan data di Dermaga 004 Zona Nusantara 1 Wilayah 1 Domestik PT Pelabuhan Tanjung Priok Cabang Tanjung Priok.
- (4) Data waktu antar kedatangan dan *time service* berdasarkan data sekunder dari sistem PTOS-M (Pelindo Terminal Operating System – Multipurpose) selama periode 16 Juli – 23 Agustus 2025 untuk truk semen yang akan di muat ke kapal XYZ.
- (5) Waktu antar kedatang di hitung dari interval antar jam kedatangan dua truk.
- (6) Waktu layanan dihitung dari volume netto semen di bagi dengan produktivitas aktual.
- (7) Produktivitas aktual didapatkan dari total volume semen yang dimuat dibagi dengan lamanya waktu total pemuatan.

1.4. Tujuan Penelitian

Sesuai rumusan masalah dan batasannya bertujuan untuk:

- (1) Menguji distribusi data waktu antar kedatangan dan waktu layanan sesuai data kargo semen curah yang di muat ke Kapal XYZ.
- (2) Menganalisis hubungan antara waktu antar kedatangan dengan waktu layanan untuk kargo semen curah.

- (3) Menganalisis tingkat efisiensi sistem pelayanan truk atau waktu layanan yang optimal menggunakan simulasi model M/M/1 dan membandingkannya dengan data aktual untuk kargo semen curah.

1.5. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat manfaat teoritis, produktif, dan praktis, sebagai berikut:

1.5.1. Manfaat Teoritis

Menjadi landasan dalam pengembangan pembelajaran lebih lanjut yang berhubungan dengan model antrean untuk menganalisis waktu antar kedatangan dan waktu layanan pada terminal curah kering di Pelabuhan menggunakan model M/M/1 dan simulasi berdasarkan data aktual.

1.5.2. Manfaat Produktif

Membantu pengambilan keputusan yang lebih baik di setiap tahap operasional layanan terutama untuk menetapkan standar waktu layanan kargo curah kering (semen) di PT Pelabuhan Tanjung Priok, khususnya di Wilayah Operasional 1 Terminal Domestik.

1.5.3. Manfaat Praktis

Dapat digunakan oleh PT Pelabuhan Tanjung Priok, khususnya di Wilayah Operasional 1 Terminal Domestik, untuk mengevaluasi kinerja pelayanan truk pada kegiatan bongkar muat semen curah. Hasil perhitungan parameter sistem model antrean dapat menjadi dasar pertimbangan bagi manajemen dalam mengoptimalkan penggunaan fasilitas *vacuum unloader*, menentukan jadwal kedatangan truk, serta meningkatkan efisiensi operasional dermaga. Selain itu, hasil penelitian ini juga dapat menjadi bahan masukan bagi Perusahaan Bongkar Muat dalam menjaga kestabilan waktu pelayanan alat *vacuum* agar kapasitas sistem tetap efisien.