

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Logistik maritim dibentuk oleh kombinasi fungsi *transshipment* dan layanan maritim di pelabuhan. Pelabuhan termasuk terminal didalamnya memiliki peranan penting dalam sistem logistik nasional karena menjadi simpul utama dalam pergerakan barang dari dan ke wilayah domestik maupun internasional (Mulyono, 2018a). Menurut regulasi di Indonesia (Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia No 57 Tahun 2020 Tentang Perubahan Kedua Atas Peraturan Menteri Perhubungan Nomor PM 51 Tahun 2015 Tentang Penyelenggaraan Pelabuhan Laut, 2020), jenis terminal pelabuhan dikategorikan berdasarkan hierarki dan fungsi, seperti Terminal Penumpang (untuk orang) dan Terminal Barang (untuk kargo), yang terbagi lagi menjadi terminal peti kemas (*container*), curah cair/kering (*bulk*), hingga *multipurpose*. Termasuk salah satu terminal di Pelabuhan Tanjung Priok yaitu di Dermaga 006 Zona Nusantara 1 Wilayah 1 Domestik.

Sebagian besar terminal kini mengambil langkah-langkah untuk meningkatkan *throughput* dan kapasitas pelabuhan (Huynh & Walton, 2005), yakni melakukan efisiensi dalam operasi bongkar muat kargo. 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).

Terminal pelabuhan maritim atau laut, yang menangani kargo dan melayani moda transportasi laut dan darat dengan intensitas yang bervariasi dari waktu ke waktu, beroperasi sebagai sistem layanan massal di mana proses pemberitahuan dan pemenuhan kebutuhan biasanya terjadi secara acak. Permasalahan utamanya adalah untuk menentukan efektivitasnya yang diukur dari efisiensi operasional dan profitabilitas (Grzelakowski & Karaś, 2022). 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). Disisi lain, tujuan bongkar muat kapal adalah: memastikan distribusi barang berjalan lancar; mendukung kelancaran rantai pasok nasional maupun internasional; mengurangi *dwelling time* (waktu tunggu kontainer di pelabuhan); dan menekan biaya logistik agar harga barang tetap kompetitif (PT Salam Pacific Indonesia Lines, 2025). Faktor-faktor yang mempengaruhi waktu B/M yaitu: Jenis Kargo: Curah kering (seperti biji-bijian) butuh waktu bongkar muat lebih lama (2-3 hari) dibanding kontainer standar; jarak: rute domestik (antar-pulau) sekitar 3-14 hari, internasional (asia-eropa) bisa 30-45 hari atau lebih lama; moda transportasi: kapal laut (*bulk carrier*) lebih lambat, pesawat lebih cepat namun lebih mahal untuk volume besar; dan proses di pelabuhan: waktu untuk bongkar muat (*handling*) dan dokumen di pelabuhan bisa memakan waktu berhari-hari.

Waktu layanan (*service time*) dalam model antrean waktu layanan 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, 2021a; 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). TRT berfungsi sebagai metrik kinerja penting untuk terminal kontainer, memberikan umpan balik langsung pada kemacetan dan efisiensi pelabuhan (Chen, 2025). Penelitian yang dilakukan di PSA Genova Pra' *container terminal* yang terletak di Bacino Portuale di Pra' di Genova, Italia, menunjukkan waktu layanan untuk peti kemas untuk muat peti kemas sebesar 4,867 menit (Carboni et al., 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.

Produktivitas muat kargo curah dengan crane rata-rata 3 menit per siklus dengan kapasitas 5 Ton setiap siklus yang menunjukkan sekitar 100 ton/jam (Muis et al., 2024). Data awal dari pencatatan di Dermaga Nusantara 1 Pelabuhan Tanjung Priok, untuk kargo curah semen yang di muat kapal MV Homanzan, untuk penanganan kargo curah semen yang didapatkan selama Juli – September 2025, produktivitas rata-rata 53,82 ton/jam dengan TBA 46,72 menit, TRT 949,344 menit, dan TS = 58,52 menit.

TRT diukur dari truk masuk (*gate in*) hingga keluar (*gate out*) di Pelabuhan. 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). TRT di PT. Terminal Petikemas Surabaya lebih dari 30 menit (Yunus et al., 2022). 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).

Standar Pelayanan peti kemas di *Gate In* < 3 menit dan Pelayanan *Gate Out* < 3 dengan jangka waktu yang diperlukan dalam memberikan pelayanan selama 70 menit rata-rata (Terminal Petikemas Koja, 2020). Studi kajian untuk waktu penyelesaian sistem pada kargo peti kemas dengan pendekatan terpusat (*centralized truck appointment system/CTAS*) dan desentralisasi (*decentralized truck appointment system/DTAS*) menunjukan bahwa dengan *Truck Appointment System* (TAS) menurunkan rata-rata TRT dari 88,2 menjadi 78,37 menit. (Riaventin et al., 2024). Waktu antar kedatangan truk di terminal dari hasil studi di port of Koper, Slovenia (Baldouski et al., 2025) sekitar 60 menit untuk populasi 200 truk yang membawa peti kemas. Studi lainnya yang dilakukan di Terminal kontainer Gdańsk terletak di Teluk Gdańsk, di pelabuhan kota Gdańsk, Polandia utara, menunjukan waktu layanan rata-rata untuk peti kemas selama 23,619 menit (Moszyk & Deja, 2023). Waktu antar kedatangan rata-rata 10 menit per truk untuk kargo curah di Australian Port dengan waktu layanan selama 22 menit per truck (Neagoe et al., 2018) Waktu layanan truk dapat dikurangi dari 100 menjadi 40 menit melalui teori antrean untuk mengoptimalkan kedatangan truk (Neagoe et al., 2021). Melalui simulasi menunjukkan waktu layanan dapat dikurangi hingga 23%, terutama melalui pengurangan waktu tunggu (Neagoe et al., 2019).

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 noveltynya untuk mengkaji bagaimana melakukan optimasi melalui simulasi waktu layanan dan waktu antar kedatangan untuk kargo curah di Pelabuhan laut.

Salah satu entitas yang memiliki peran penting dalam sistem logistik laut di Indonesia adalah PT Pelabuhan Tanjung Priok (PT PTP), yang merupakan anak perusahaan dari Sub Holding PT Pelindo Multi Terminal (SPMT) di bawah naungan PT Pelabuhan Indonesia (Persero). PT PTP memiliki 11 cabang yang tersebar di wilayah Pelindo Regional 2, dengan kegiatan utama pada pelayanan kargo non-petikemas atau *general cargo*. Di antara 11 Cabang yang dimiliki oleh PT PTP ini, salah satunya adalah PTP Cabang Tanjung Priok. (PT Pelindo Multi Terminal, 2024).

PTP Cabang Tanjung Priok ini mengoperasikan 2 Wilayah Operasional di Pelabuhan Tanjung Priok, (Anas & Sembiring, 2019) adapun Wilayah yang dioperasikan oleh PTP Cabang Tanjung Priok ini terdiri dari dua Wilayah Operasional antara lain Wilayah Operasional 1 Terminal Domestik dan Wilayah Operasional 2 Terminal Internasional, untuk kargo yang di layani di 2 wilayah PTP Cabang Tanjung Priok ini antara lain adalah *General Cargo, Dry Bulk, Liquid Bulk, Bag Cargo*, dan *Special Cargo*. Salah satu dermaga di Wilayah 1 Domestik PT Pelabuhan Tanjung Priok Cabang Tanjung Priok adalah Dermaga 006 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 umumnya lebih dari 200 – 300 ton/jam (Putri et al., 2025).



Gambar 1.1 Antrean Truk di Lingkungan PT Pelabuhan Tanjung Priok
(Sumber: PT PTP)

Melalui simulasi pemodelan, seperti model antrean (Neagoe et al., 2019) akan didapatkan waktu yang optimal dalam layanan atau *service time* sesuai dengan waktu antar kedatangan (*time between arrival*). Model matematis sistem antrean seperti M/M/1 digunakan untuk menggambarkan hubungan antara tingkat kedatangan truk (λ) dan waktu layanan (μ) pada satu fasilitas pelayanan seperti terminal, dengan disiplin layanan *First In First Out* atau *First In First Service* (T. Mulyono, 2025b), model ini sesuai digunakan untuk sistem dengan satu server (satu kapal atau alat muat dan distribusi waktu kedatangan terdistribusi *poisson* serta pelayanan yang bersifat eksponensial. Syarat utama model M/M/1 agar sistem stabil maka waktu layanan lebih besar dari waktu kedatangan. Dari data awal menunjukkan bahwa TBA 46,720 menit lebih kecil dari TS = 58,52 menit dengan produktivitas sebesar 53,82 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 (T. Mulyono, 2025b) yang dibuktikan dengan TRT 949,344 menit (15,82 jam).

Penelitian ini memiliki urgensi tinggi mengingat aktivitas bongkar muat *general cargo*, khususnya komoditas semen curah, merupakan kegiatan vital di pelabuhan yang memengaruhi kelancaran rantai pasok industri semen nasional.

Ketidakefisienan dalam sistem operasional tersebut dapat mengakibatkan peningkatan *truck round time* (TRT), penurunan produktivitas perangkat kerja, serta peningkatan biaya logistik secara menyeluruh.

Berdasarkan hasil penelusuran literatur, kajian mengenai *Truck Round Time* (TRT) pada umumnya masih berfokus pada terminal peti kemas. Hingga saat ini, penelitian yang membahas TRT dan waktu pelayanan pada terminal kargo curah kering, khususnya di Indonesia, masih sangat terbatas dan belum ditemukan artikel yang menerapkan pemodelan sistem antrean secara spesifik. Oleh karena itu, kebaruan (*novelty*) dalam penelitian ini terletak pada upaya optimasi sistem melalui simulasi waktu pelayanan (*service time*) dan waktu antar kedatangan (*inter-arrival time*) pada aktivitas operasional kargo curah di pelabuhan laut guna mencapai efisiensi yang lebih tinggi.

Selain itu, sistem pelayanan pada PTP Wilayah 1 Domestik saat ini diidentifikasi berada dalam kondisi tidak stabil, yang ditunjukkan oleh rasio utilitas (ρ) bernilai lebih dari 1. Angka tersebut mengindikasikan bahwa laju kedatangan armada truk telah melampaui kapasitas pelayanan yang tersedia, sehingga memicu terjadinya antrean panjang serta akumulasi kendaraan yang menghambat efisiensi operasional pelabuhan serta berpotensi menimbulkan kerugian waktu dan biaya operasional yang besar.

Dengan melakukan analisis sistem antrean model M/M/1 melalui pendekatan statistik dan simulasi, penelitian ini menjadi penting untuk mengidentifikasi penyebab ketidakseimbangan antara kedatangan dan pelayanan, serta memberikan gambaran kuantitatif mengenai efisiensi sistem. Hasil penelitian dapat digunakan sebagai dasar perencanaan peningkatan kapasitas fasilitas, penjadwalan kedatangan truk, dan optimasi produktivitas bongkar muat semen curah.

1.2. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk:

1. Menguji distribusi data waktu antar kedatangan dan waktu layanan sesuai data kargo semen curah yang di muat di MV Handi Dermaga 006 Zona Nusantara 1 Wilayah 1 Domestik PT Pelabuhan Tanjung Priok Cabang Tanjung Priok
2. Menganalisis hubungan antara waktu antar kedatangan dengan waktu layanan untuk kargo semen curah di Dermaga 006 Zona Nusantara 1 Wilayah 1 Domestik PT Pelabuhan Tanjung Priok Cabang Tanjung Priok. karakteristik sistem antrean truk pada kegiatan bongkar muat semen curah di Dermaga 006 Zona Nusantara 1 Wilayah 1 Domestik PT Pelabuhan Tanjung Priok Cabang Tanjung Priok, berdasarkan data waktu kedatangan (*Gate In*) dan waktu keberangkatan (*Gate Out*) yang tercatat dalam sistem PTOS-M (*Pelindo Terminal Operating System – Multipurpose*).
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 di Dermaga 006 Zona Nusantara 1 Wilayah 1 Domestik PT Pelabuhan Tanjung Priok Cabang Tanjung Priok dan menganalisis parameter utama sistem antrean yang meliputi tingkat kedatangan (λ), tingkat pelayanan (μ), tingkat utilisasi fasilitas (ρ), jumlah rata-rata truk dalam antrean (Lq) dan dalam sistem (Ls), serta waktu tunggu rata-rata dalam antrean (Wq) dan waktu rata-rata dalam sistem (Ws) menggunakan model M/M/1 FIFO.

1.3. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan dari tujuan penelitian yang telah diuraikan, kegiatan bongkar muat semen curah di Dermaga 006 Zona Nusantara 1 Wilayah 1 Domestik PT Pelabuhan Tanjung Priok Cabang Tanjung Priok yang dilakukan dengan satu fasilitas bongkar (vacuum unloader) dan menggunakan sistem antrean First In First Out (FIFO), maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Apakah waktu antar kedatangan di terminal kargo curah terdistribusi Poisson dan waktu layanan di terminal kargo curah terdistribusi eksponensial?
2. Apakah waktu layanan hasil simulasi model M/M/1 berbeda dengan waktu layanan aktual untuk kargo semen curah di Dermaga 006 Zona Nusantara 1 Wilayah 1 Domestik PT Pelabuhan Tanjung Priok Cabang Tanjung Priok?
3. Bagaimana hubungan antara waktu antar kedatangan dengan waktu layanan untuk kargo semen curah di Dermaga 006 Zona Nusantara 1 Wilayah 1 Domestik PT Pelabuhan Tanjung Priok Cabang Tanjung Priok?

1.4. Batasan Masalah

Berdasarkan tujuan penelitian dan rumusan masalah sebelumnya, agar penelitian tetap fokus dan sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan, maka batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Waktu antar kedatangan di hitung dari interval antar jam kedatangan dua truk.
2. Waktu layanan dihitung dari volume *netto* semen di bagi dengan produktivitas aktual.
3. Produktivitas aktual didapatkan dari total volume semen yang dimuat dibagi dengan lamanya waktu total pemuatan.

1.5. Manfaat Penelitian

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

1.5.1 Manfaat Teoritis

Hasil penelitian ini dapat menjadi landasan dalam pengembangan pembelajaran atau penerapan media pembelajaran lebih lanjut yang berhubungan dengan model antrean, khususnya dalam menganalisis waktu antar kedatangan dan waktu layanan pada terminal curah kering di pelabuhan.

1.5.2 Manfaat Produktif

Penelitian ini memberikan manfaat dalam mendukung pengambilan keputusan operasional, khususnya dalam menetapkan standar waktu layanan kargo curah kering (semen) di PT Pelabuhan Tanjung Priok, terutama pada Wilayah Operasional 1 Terminal Domestik.

1.5.3 Manfaat Praktis

Secara praktis, hasil penelitian ini 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 antrean seperti tingkat utilisasi (ρ), waktu tunggu rata-rata dalam antrean (Wq), dan waktu rata-rata dalam sistem (Ws) dapat menjadi dasar bagi manajemen dalam mengoptimalkan penggunaan fasilitas vacuum unloader, menentukan jadwal kedatangan truk, serta meningkatkan efisiensi operasional dermaga. Selain itu, hasil penelitian ini dapat menjadi masukan bagi PBM di BUP PT PTP (Pelindo Group) dalam menjaga kestabilan waktu pelayanan alat bongkar muat untuk kargo curah semen sehingga kinerja alat seperti Vacuum Unloader dapat menjaga kapasitas di sistem tetap efisien.