

## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Provinsi Kalimantan Timur saat ini memiliki dua buah Pelabuhan petikemas, yakni Pelabuhan Kariangau di Balikpapan, dan Pelabuhan Palaran di Samarinda. Untuk pelabuhan dan terminal peti kemas Palaran adalah terminal peti kemas yang pertama kali dibangun ditepi sungai, karena umumnya terminal petikemas dibangun di tepi laut. Saat ini fasilitas yang ada di pelabuhan Samudera Palaran yang berlokasi di Jl. Diponegoro, RT. 018, Kel. Bukuan, Kec. Palaran, Kalimantan Timur antara lain adalah dermaga sepanjang 270 m, gudang cfs seluas 3.000 m<sup>2</sup>, dan lapangan penumpukan seluas 7.7 HA, serta peralatan seperti 2 unit *Countainer Crane*, *Head truck* 10 unit, *RTG* 5unit, *Reachstaker* 1 unit, *Chassis* 20 unit, *forklift* 2 unit, dan *Weight Bridge* 1 unit. Adapun layout pelabuhan dapat dilihat pada Gambar 1.

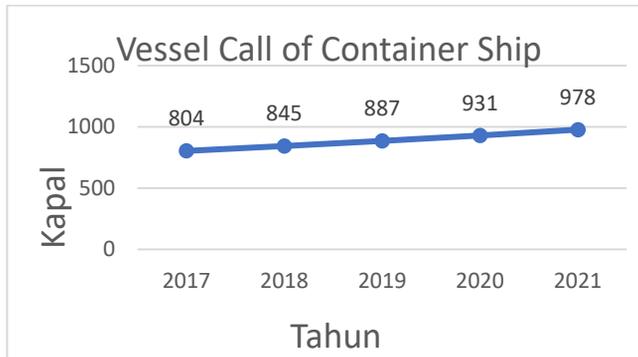


Pelabuhan Palaran. Sumber: <https://earth.google.com/web>

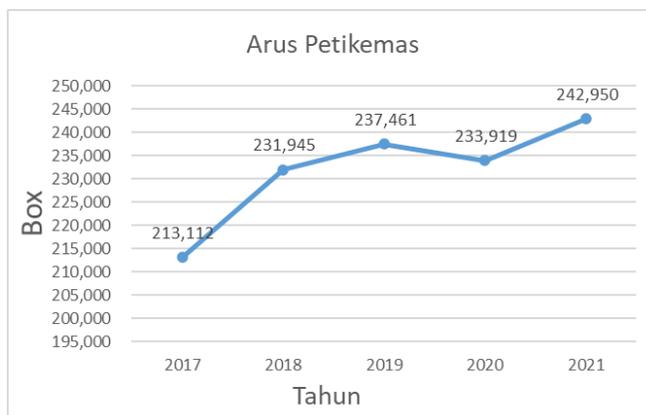


tahunnya arus peti kemas di Terminal Petikemas Samudera enaikan. Untuk kunjungan kapal mengalami kenaikan rata-rata un 2017 sampai 2021 yaitu sebanyak 804 kapal pada tahun 8 kapal pada tahun 2021. Untuk jumlah box yang dibongkar

muat di Pelabuhan Samudera palaran berjumlah 213,112 pada tahun 2017 dan pada tahun 2021 menjadi 242,950 box. Hal tersebut dapat dilihat pada grafik pertumbuhan petikemas dan kunjungan kapal di Terminal Petikemas Samudera Palaran pada Gambar 2 dan 3.



**Gambar 2.** Kunjungan kapal di Pelabuhan Samudera Palaran (2017-2021)  
Sumber: Terminal Petikemas Palaran



**Gambar 3.** Arus bongkar muat di Pelabuhan Samudera Palaran. Sumber: Terminal Petikemas Palaran



ahkannya Ibu Kota Negara (IKN) ke Kalimantan Timur, arus mas di pelabuhan Palaran dipastikan akan semakin meningkat bagai pusat baru pemerintahan dan pendorong pertumbuhan timur Indonesia, keberadaan IKN akan menciptakan lonjakan distribusi barang, serta perdagangan antar wilayah. Dalam an ini, pelabuhan perlu memastikan kapasitasnya tetap optimal tivititas bongkar muat di masa depan. Apabila kapasitas tidak

memadai, risiko kemacetan dan antrian panjang menjadi tak terhindarkan. Hal ini akan berdampak negatif, seperti peningkatan konsumsi bahan bakar oleh kapal yang menunggu dan alat yang beroperasi, inefisiensi tenaga kerja, dan pembengkakan biaya operasional. Dampak tersebut tidak hanya merugikan para penyewa tetapi juga mencederai reputasi pelabuhan sebagai simpul logistik yang strategis.

Untuk itu, Pelabuhan harus mengambil langkah proaktif, termasuk pengembangan infrastruktur, penerapan teknologi modern, dan optimasi peralatan bongkar muat. Berkaitan dengan itu perlu dilakukan penelitian terhadap fasilitas atau peralatan bongkar muat petikemas terutama terhadap volume (jumlah) kapasitasnya agar dapat mengantisipasi volume permintaan petikemas yang cenderung semakin meningkat dari tahun ke tahun berikutnya. Oleh karena itu penulis tertarik untuk menghitung produktivitas alat bongkar muat pada pelabuhan petikemas palaran dalam penelitian yang berjudul:

### **“Analisis Produktivitas Alat Bongkar Muat Pada Pelabuhan Samudera Palaran Samarinda”**

#### **1.2 Rumusan Masalah**

Meningkatnya jumlah penduduk di Kota Samarinda menyebabkan arus petikemas yang hampir tiap tahunnya meningkat di terminal Petikemas Palaran. Karena adanya peningkatan tersebut, tentunya perlu dilakukan evaluasi terhadap kinerja pelayanan operasional sesuai dengan standar kinerja pelayanan operasional pelabuhan Direktur Jenderal Perhubungan Laut. salah satu faktor yang sangat berpengaruh dalam kinerja operasional pelabuhan adalah produktivitas dari alat bongkar muat petikemas. Buruknya produktivitas dari peralatan bongkar muat petikemas akan merugikan berbagai pihak baik dari pihak pelabuhan maupun pihak pendistribusi barang. Adapun rumusan masalah yang akan dikaji dalam penelitian ini berdasarkan latar belakang diatas adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana Produktivitas peralatan bongkar muat petikemas di Terminal Petikemas Samudera Palaran dikaitkan dengan pertumbuhan arus container yang harus ditangani?
2. Berapa Kapasitas optimal peralatan bongkar muat petikemas yang sesuai dengan kebutuhan Terminal Petikemas Samudera Palaran untuk jangka tahun 2027, jangka menengah pada tahun 2032, dan jangka tahun 2047?



### 1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah yang telah dijelaskan diatas. Maka dapat disimpulkan tujuan dari penelitian ini diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Menghitung produktivitas peralatan bongkar muat di Terminal petikemas Samudera Palaran dikaitkan dengan pertumbuhan arus kontainer.
2. Menentukan kapasitas optimal peralatan bongkar muat petikemas yang sesuai dengan kebutuhan Terminal Petikemas Samudera Palaran untuk jangka pendek pada tahun 2027, jangka menengah pada tahun 2032, dan jangka panjang pada tahun 2047.

### 1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Menjadi bahan evaluasi bagi manajemen pelabuhan untuk peningkatan kinerja.
2. Menjadi bahan referensi bagi manajemen pelabuhan untuk rencana penambahan peralatan bongkar muat (investasi) jangka pendek dan jangka panjang.
3. Sebagai salah satu sumber atau rujukan dalam upaya pengembangan Ilmu kepelabuhanan dan berguna juga untuk menjadi referensi bagi akademisi yang melakukan kajian terhadap kinerja operasional pelabuhan.

### 1.5 Ruang Lingkup Penelitian

Untuk menghindari ruang lingkup yang terlalu luas, maka diperlukan pembatasan-pembatasan agar tujuan dari analisi ini akan lebih terarah. Batasan/ruang lingkup penelitian adalah:

1. Lokasi penelitian ini adalah Pelabuhan Petikemas Samudera Palaran Samarinda



gkar muat yang akan dikaji dalam penelitian ini adalah CC (Crane), HT (Head Truck), RTG (Rubber Tyred Gantry).

## 1.6 Penanganan Muatan Petikemas

Menurut (Triatmodjo, 2009) di pelabuhan terjadi perpindahan moda transportasi, yaitu dari angkutan laut ke angkutan darat dan sebaliknya. Agar perpindahan tersebut dapat berjalan dengan lancar aman dan efektif diperlukan penanganan muatan yang dilakukan oleh para pekerja dengan menggunakan peralatan yang tersedia di Pelabuhan, dimana jenis peralatan tergantung pada jenis muatan yang ditangani.

Adapun aktivitas bongkar muat yang ada dipelabuhan menurut (Lasse,2011) adalah sebagai berikut:

### a. *Stevedoring*

*Stevedoring* adalah pekerjaan membongkar barang dari kapal ke dermaga/tongkang/truk atau memuat barang dari dermaga/tongkang/truk ke dalam kapal sampai dengan tersusun dalam palka kapal dengan menggunakan derek kapal atau derek darat.

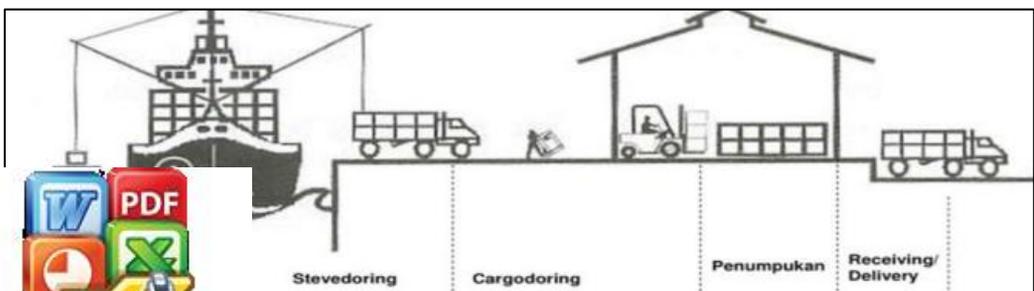
### b. *Cargodoring*

*Cargodoring* adalah pekerjaan membongkar barang dari tali/jalajala di dermaga dan mengangkut dari dermaga ke gudang/lapangan penumpukan barang atau sebaliknya.

### c. *Receiving/Delivery*

*Receiving/Delivery* adalah pekerjaan memindahkan barang dari timbunan/tempat penumpukan di gudang/lapangan penumpukan dan menyerahkan sampai tersusun di atas kendaraan di pintu gudang/lapangan penumpukan atau sebaliknya.

Aktivitas bongkar muat dalam pelabuhan dapat dilihat pada `Gambar 4.



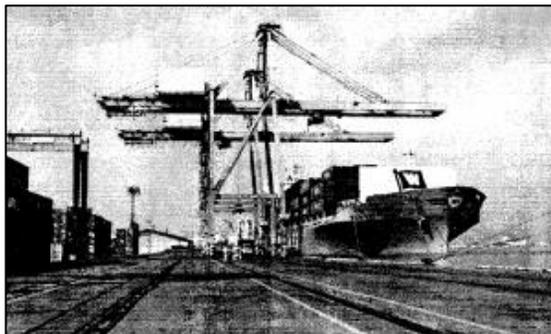
atan bongkar muat di Pelabuhan. Sumber: Lasse, Manajemen Kepelabuhanan.

## 1.7 Peralatan Bongkar Muat

Menurut Triatmodjo (2009), proses penanganan petikemas dimulai sejak petikemas ada di dalam kapal sampai ke tempat penampungan petikemas (Container Yard) atau sampai keluar dari terminal. Proses penanganan petikemas di luar perairan dapat menggunakan lebih dari satu jenis alat penanganan. Alat-alat penanganan petikemas yaitu antara lain:

### 1.7.1 *Gantry crane/quay container Crane*

Container Crane adalah mesin alat berat yang dirancang khusus untuk mengangkat, memuat, dan mengangkut kontainer besar dalam proses bongkar muat di pelabuhan dan fasilitas logistik. Alat ini menjadi perangkat penting dalam industri logistik yang memungkinkan pengiriman internasional barang-barang dalam jumlah besar. Crane ini memiliki 4 tiang penyangga utama berukuran besar dan lengan yang berada di posisi tengah untuk menahan beban container yang diangkat. Crane dilengkapi dengan sistem pengangkatan yang kuat, termasuk kait atau spreader (penjepit), yang digunakan untuk mengangkat kontainer dari atas kapal atau darat. Container crane memiliki peran kunci dalam meningkatkan efisiensi operasional pelabuhan. Alat ini dapat menangani kontainer dengan cepat, mempercepat proses bongkar muat kapal dan mengurangi waktu kapal berlabuh di pelabuhan. Hal ini mengurangi biaya operasional dan meningkatkan kapasitas pelabuhan. Gambar untuk container crane dapat dilihat pada Gambar 5.



ainer crane, sumber: Triatmodjo, Perencanaan Pelabuhan.

ma dalam operasi container crane adalah sebagai berikut:  
Crane harus diposisikan di atas kapal yang akan dimuat atau i melibatkan pergerakan crane di sepanjang rel atau pelataran uju kapal yang sesuai.

2. Pengangkatan spreader: Setelah crane berada di posisi yang tepat, operator mengangkat spreader (penjepit) dari tempat parkirnya. Spreader ini digunakan untuk menggenggam kontainer dengan aman.
3. Penurunan spreader: Operator menurunkan spreader menuju kontainer yang akan diangkat. Teknologi sensor dan kamera dapat digunakan untuk memandu operator agar spreader tepat menggenggam container.
4. Pengangkatan kontainer: Crane mengangkat kontainer dari dek kapal menggunakan spreader. Crane dilengkapi dengan winch atau motor pengangkat yang kuat untuk menahan dan mengangkat beban berat.
5. Penggeseran kontainer: Setelah kontainer diangkat dari kapal, crane dapat memindahkan ke sisi kapal atau menurunkan ke darat atau kendaraan pengangkut. Ini melibatkan pergerakan horizontal spreader.
6. Penurunan kontainer: Kontainer kemudian perlahan-lahan diturunkan ke tujuan akhir. Teknologi kontrol presisi memungkinkan operator untuk menurunkan kontainer dengan aman dan akurat.
7. Pengulangan proses: Selama proses bongkar muat, crane mengulangi langkah-langkah ini untuk setiap kontainer yang perlu diangkat atau dimuat.

### 1.7.2 Rubber tyred gantry

Rubber Tyred Gantry (RTG) crane adalah alat berat yang digunakan di pelabuhan untuk memindahkan dan menumpuk peti kemas di lapangan penumpukan (container yard). RTG dilengkapi dengan roda karet yang memungkinkannya bergerak bebas di area penumpukan. Menurut D.A. Lasse dalam bukunya, RTG adalah alat angkat yang bergerak menggunakan roda karet dan berfungsi untuk mengangkat, menaikkan, dan menurunkan peti kemas dari chassis head trailer ke lapangan penumpukan dan sebaliknya. Gambar RTG dapat dilihat pada Gambar 6.



tyred gantry, sumber: Triatmodjo, Perencanaan Pelabuhan.



Cara kerja RTG di Pelabuhan melibatkan beberapa tahapan utama antara lain:

1. Gerakan Hoist (Pengangkatan dan Penurunan): Spreader, yang dilengkapi dengan twist lock di keempat sudutnya, diturunkan di atas peti kemas. Twistlock mengunci peti kemas, memungkinkan pengangkatan yang aman. Motor hoist menggerakkan drum yang menggulung tali baja (wire rope) untuk mengangkat atau menurunkan peti kemas.
2. Gerakan Trolley (Transversal): Trolley bergerak maju atau mundur di sepanjang balok utama (main beam) untuk memposisikan peti kemas di lokasi yang diinginkan.
3. Gerakan Gantry (Longitudinal): Seluruh struktur RTG bergerak di sepanjang area penumpukan menggunakan roda karet, memungkinkan perpindahan antara baris peti kemas.

### 1.7.3 Trailer truck

Trailer truck disebut juga truk kontainer adalah kendaraan pengangkut petikemas terdiri dari kendaraan penarik (Tractor Head) dan kereta tempelan dimana petikemas ditempatkan. Petikemas yang dapat diangkat dengan truk petikemas adalah petikemas 20 kaki dengan konfigurasi sumbu trailer/kereta tempelan 1-2.2-2.2 dengan total 5 sumbu dan petikemas 40 kaki dengan konfigurasi sumbu 1-2.2-3.2 dengan total 6 sumbu yang dapat dilihat pada Gambar 7.



**Gambar 7.** Trailer truck, sumber: Triatmodjo, Perencanaan Pelabuhan.



### Jahulu

Peneliti kapasitas optimal alat penanganan muatan terminal dengan menggunakan metode antrian. Regresi linier digunakan petikemas yang akan datang, setelah itu menghitung

produktivitas dari alat bongkar muat yang diantaranya adalah container crane, rubber tyred gantry, dan headtruck. Kemudian melakukan optimasi kebutuhan alat untuk jangka panjang. Dari hasil analisis, menyimpulkan bahwa Container Crane dapat menangani bongkar dan muat sebanyak 25 Box/jam atau rata-rata 50 teus/jam. Sedangkan untuk Rubber Tyred Gantry dapat menangani bongkar sebanyak 18 Box/jam atau rata-rata 27.2 teus/jam dan muat sebanyak 17-21 box per/jam atau 27.4 teus/jam. Dan untuk Headtruck dapat menangani bongkar sebanyak 12 Box/jam atau rata-rata 24.2 teus/jam dan muat sebanyak 10 box per/jam atau 20.8 teus/jam. Sehingga perharinya CC dapat menangani kegiatan bongkar muat sebesar 2.100 teus, sedangkan RTG 1145.60 teus dan HT sebesar 945.74 teus

Yusrifah (2020) menganalisis produktivitas bongkar muat pada Pelabuhan Soekarno dengan menggunakan metode eektivitas dan time series. Hitungan kapasitas peralatan menunjukkan bahwa jumlah 1 unit crane kapasitas 25 Ton masih mencukupi untuk melayani barang umum sampai pada tahun 2035 dengan arus barang sebesar 758190 Ton. Akan tetapi pada tahun 2033, 2034, 2035 kapasitas alat bongkar muat yang tersedia sudah tidak mencukupi yaitu lebih besar dari 804000 Ton. Oleh karena itu disarankan untuk melakukan penambahan alat bongkar muat untuk pada tahun 2035.

## 1.9 Sistematika Penulisan

Gambaran secara terperinci keseluruhan isi dari tulisan ini dapat dilihat dari sistematika penulisan berikut ini:

### BAB I PENDAHULUAN

Dalam bab ini dikemukakan informasi secara keseluruhan dari penelitian ini yang berkenaan dengan latar belakang judul penelitian yang kemudian diturunkan pada rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, dan sistematika nakan dalam penelitian ini. Serta diuraikan dengan singkat ig digunakan sebagai dasar dalam penelitian ini serta kerangka



**BAB II METODE PENELITIAN**

Bab ini berisi lokasi dan waktu penelitian, jenis penelitian, jenis data, metode analisis.

**BAB III HASIL DAN PEMBAHASAN**

Bab ini berisikan hasil analisis data, hasil pengolahan serta pembahasannya.

**BAB IV KESIMPULAN**

Bab ini berisikan kesimpulan dari hasil pembahasan permasalahan yang diteliti, dan saran-saran yang direkomendasikan penulis.

**DAFTAR PUSTAKA**

Di bagian daftar pustaka ini berisi literatur-literatur yang menjadi sumber acuan penyelesaian penelitian.



## BAB II METODE PENELITIAN

### 2.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini berlokasi di Pelabuhan Petikemas Samudera Palaran yang terletak di Jalan Diponegoro, RT.018, Kelurahan Bukuan, Kecamatan Palaran, Kota Samarinda, Provinsi Kalimantan Timur. Waktu pengambilan data dilakukan selama 3 minggu pada bulan Juli 2022.

### 2.2 Jenis dan Sumber Data

#### 2.2.1 Data primer

Data primer diperoleh dari survei yang dilakukan dengan pengukuran secara langsung terhadap waktu oprasi alat per siklus pada masing-masing objek penelitian yaitu CC, RTG dan HT. Jumlah sampel yang diambil untuk tiap alat adalah sebanyak 264.

#### 2.2.2 Data sekunder

Data sekunder seperti jumlah box yang dibongkar muat dan data kunjungan kapal 5 tahun terakhir diperoleh dari Terminal Petikemas Palaran. kemudian data seperti jumlah penduduk dan PDRB diperoleh dari badan pusat statistik (BPS).

### 2.3 Metode Analisis Data

1. Menghitung Kinerja (Produktivitas) Menghitung waktu bongkar dan muat petikemas dari kapal ke dermaga (Stevedoring), dari dermaga ke lapangan penumpukan (Cargodoring) dan di lapangan penumpukan dengan cara survei lapangan.



muatan di masa depan.

analisa kecenderungan muatan dengan menggunakan data tahun terakhir.

menentukan model persamaan prediksi muatan.

- Memprediksi muatan 15 tahun yang akan datang dengan menggunakan metode regresi linier.
3. Menghitung jumlah petikemas yang tidak terlayani.
    - Menganalisis distribusi kedatangan petikemas.
    - Menganalisis distribusi pelayanan.
    - Menentukan model /formula untuk menghitung antrian menggunakan metode antrian
  4. Menghitung kapasitas optimal peralatan bongkar muat

Untuk lebih jelas mengenai metode analisis data dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Kerangka analisis

No	Kegiatan	Data	Metode	Output
1	Kinerja Alat Bongkar Muat	-Jumlah peti kemas yang di bongkar/muat -Waktu efektif kerja alat bongkar muat	Observasi langsung	Utilitas dan Produktivitas Alat Bongkar Muat (B/C/H)
2	Prediksi	-Data arus bongkar muat 5 tahun terakhir -Data PDRB dan jumlah penduduk 5 tahun terakhir	Regresi	Ramalan arus bongkar muat
3	Kapasitas Optimal	Panjang antrian dan waktu tunggu box pada tiap-tiap layanan peralatan bongkar muat	Antrian	Kapasitas yang Dibutuhkan

\* B/C/H = box/crane/hour

## 2.4 Metode Slovin

Sampel merupakan bagian dari populasi yang ingin diteliti. Penentuan jumlah sampel bertujuan untuk memperoleh keterangan mengenai objek penelitian dengan cara mengamati hanya sebagian dari populasi, suatu reduksi terhadap jumlah objek penelitian. Sampel penelitian meliputi sejumlah elemen (responden) yang lebih



n minimal sebanyak 30 elemen/responden. (Prasetyo, 2017).  
data bertujuan untuk mengetahui apakah data hasil pengukuran  
ercayaan dan tingkat ketelitian tertentu jumlahnya telah  
Pada tesis ini digunakan perhitungan Slovin untuk menghitung  
ple dari suatu populasi dengan tingkat akurasi yang diinginkan.  
ngan Slovin adalah sebagai berikut:

$$n = \frac{N}{(1 + Ne^2)} \quad (1)$$

dimana:

n = Jumlah sampel

N = Jumlah populasi

e = error tolerance

Tingkat toleransi kesalahan (margin of error), biasanya dalam bentuk desimal (misalnya 0,05 atau 5%). Nilai margin of error (e) bergantung pada tingkat akurasi yang diinginkan, semakin kecil nilai e semakin besar jumlah sample yang dibutuhkan.

## 2.5 Produktivitas Alat Bongkar Muat

Produktivitas alat bongkar muat merupakan indikator kunci dalam menilai efisiensi operasional suatu Pelabuhan. "Gurning dan Budiyanto (2007) mendeskripsikan produktivitas bongkar muat diukur berdasarkan tingkat kemampuan dan kecepatan dalam menangani pembongkaran barang dari kapal ke darat atau sebaliknya". Secara umum produktivitas dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$\text{Produktivitas Alat} = \frac{\text{Jumlah Muatan yang dibongkar/ muat}}{\text{waktu efektif bongkar/ muat}} \quad (2)$$

Rumus diatas mengukur jumlah muatan yang ditangani (box) per satuan waktu oleh peralatan bongkar muat. Semakin tinggi nilai produktivitas, maka semakin efisien peralatan tersebut.

## 2.6 Peramalan

Peramalan atau *forecasting* adalah kegiatan memprediksikan peristiwa – peristiwa masa depan dengan teknik analisa perhitungan yang dilakukan dengan pendekatan



antitatif menggunakan referensi data – data di masa lalu. akan menjadi 3 kategori menurut batasan waktunya, yaitu:

angka Pendek

jangka pendek biasa digunakan untuk merencanakan penjadwalan kerja, dan tingkat produksi. Pada umumnya

peramalan jangka pendek memiliki durasi waktu kurang dari tiga bulan hingga satu tahun.

- b. Peramalan jangka menengah biasa digunakan untuk merencanakan penjualan, perencanaan dan penganggaran produksi, penganggaran kas, dan menganalisis berbagai rencana operasi. Peramalan jangka menengah biasanya berjangka waktu tiga bulan hingga tiga tahun.
- c. Peramalan Jangka Panjang

Peramalan jangka panjang biasa digunakan untuk merencanakan produk baru, pengeluaran modal, lokasi fasilitas, atau ekspansi serta penelitian dan pengembangan. Peramalan jangka panjang memiliki rentang waktu antara tiga tahun hingga lima tahun. (Yustika,2022)

### 2.6.1 Metode geometrik

Metode peramalan geometrik sering digunakan untuk memproyeksikan pertumbuhan populasi atau variable lain yang mengalami pertumbuhan eksponensial. Rumus untuk metode geometri adalah sebagai berikut:

$$P_n = P_0 \times (1 + r)^n \quad (3)$$

di mana,  $P_n$  adalah Jumlah penduduk atau nilai yang diproyeksikan pada tahun ke- $n$ ,  $P_0$  adalah jumlah penduduk atau nilai awal,  $r$  adalah laju pertumbuhan per priode (dalam desimal), dan  $n$  adalah jumlah periode waktu antara  $P_0$  dan  $P_n$ .

Metode ini sering digunakan dalam proyeksi jumlah penduduk. Menurut Indriyani dan Rakhmawati dalam jurnal "Perbandingan Metode Aritmatik, Metode Least Square pada Proyeksi Jumlah Penduduk", metode geometric mengasumsikan bahwa pertumbuhan penduduk terjadi secara eksponensial dengan laju pertumbuhan tetap.

### 2.6.2 Metode regresi linier berganda



regresi Linier Berganda adalah metode statistik yang digunakan lai variabel *dependen* ( $Y$ ) berdasarkan dua atau lebih variabel ...,  $X_n$ ). Persamaan umum regresi linier berganda adalah:

$$Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + \dots + b_nX_n + e$$

(4)

di mana,  $Y$  adalah variable *dependen* (variable yang diprediksi), kemudian untuk  $X_1$ ,  $X_2$ , sampai  $X_n$  adalah variable *independen* (variable predictor),  $b_0$  adalah intersep (konstanta),  $b_1$ ,  $b_2$ , sampai  $b_n$  adalah koefisien regresi (mengukur pengaruh masing-masing  $X$  terhadap  $Y$ ), dan  $e$  adalah residual atau error (selisih antara nilai aktual dan prediksi).

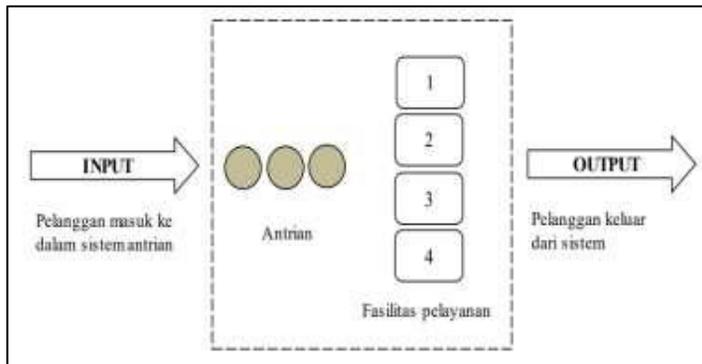
Pada penelitian ini untuk proyeksi trafik bongkar muat barang digunakan jumlah penduduk dan nilai PDRB sebagai variabel independent atau variabel bebas ( $X_1$  dan  $X_2$ ), untuk mendapatkan proyeksi jumlah box yang akan di bongkar dan muat ( $Y$ ). Hal ini dikarenakan jumlah penduduk akan mempengaruhi kebutuhan akan ketersediaan barang. Sedang PDRB merupakan pendapatan nasional yang diukur dari sisi pengeluaran yaitu jumlah pengeluaran konsumsi, investasi, pengeluaran pemerintah dan ekspor-impor barang. PDRB yang digunakan adalah PDRB total dengan harga konstan dari segala lapangan usaha/industri. Proyeksi trafik arus bongkar muat yang akan diramalkan adalah untuk jangka pendek (2027), jangka menengah (2032), dan jangka panjang (2047).

## 2.7 Metode Antrian

Pada penelitian ini metode antrian digunakan untuk mengetahui banyaknya petikemas yang mengantri persatuan waktu serta lamanya petikemas tersebut dalam antrian sebelum dapat dilayani oleh alat bongkar muat yang tersedia. Model antrian yang digunakan adalah model antrian  $M/M/s$ : Sistem dengan kedatangan Poisson, waktu pelayanan eksponensial, dan  $s$  server. Pemilihan model antrian ini berdasarkan hasil pengamatan sebagaimana dilakukan pada pelabuhan-pelabuhan lainnya (Jinca, 2011). Dimana distribusi kedatangan mengikuti distribusi poisson dan distribusi pelayanan adalah eksponensial.

Sistem antrian *multi-server single-phase* adalah sistem dengan 2 atau lebih fasilitas pelayanan (*server*) yang berjalan secara paralel, di mana pelanggan dilayani dalam satu tahapan proses. Untuk lebih jelasnya mengenai sistem multi-server single-phase dapat dilihat pada Gambar 8.





**Gambar 8.** Model antrian multi-channel single-phase. Sumber: Rambe dkk., Analisis Model Antrian Multi Channel-Single Phase. <http://doi.org/10.54373/imeij.v5i1.780>

Pada penelitian ini input atau pelanggan yang masuk ke dalam sistem adalah box petikemas, untuk antrian adalah jumlah box petikemas yang mengantri, dan untuk fasilitas pelayanan (*server*) adalah peralatan bongkar muat yaitu 2-unit untuk CC, 5-unit untuk RTG, dan 10-unit untuk HT. Tingkat utilisasi server atau alat ( $\rho$ ) dapat dihitung melalui persamaan:

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu s} \quad (5)$$

Untuk probabilitas tidak ada box dalam sistem antrian ( $P_0$ ) dihitung melalui persamaan:

$$P_0 = \frac{1}{\left(\sum_{n=0}^{s-1} \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n}{n!}\right) + \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^s}{s!} \times \frac{1}{1-\rho}} \quad (6)$$

Untuk rata-rata box dalam sistem ( $L$ ) dihitung melalui persamaan:

$$L = \frac{(\lambda \mu) \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^s}{(s-1)! (S\mu - \lambda)^2} \times P_0 + \frac{\lambda}{\mu} \quad (7)$$



k rata-rata jumlah box dalam antrian atau panjang antrian ( $L_q$ ) i persamaan:

$$Lq = L - \frac{\lambda}{\mu} \quad (8)$$

Untuk rata-rata waktu box dalam sistem ( $W$ ) adalah waktu sejak box datang, mengantri, dan selesai dilayani oleh alat dapat dihitung dengan persamaan:

$$W = \frac{L}{\lambda} \quad (9)$$

Sedangkan untuk rata-rata waktu box berada di dalam antrian ( $Wq$ ) dapat dihitung dengan persamaan:

$$Wq = \frac{Lq}{\lambda} \quad (10)$$

di mana,  $\lambda$  merepresentasikan laju kedatangan pelanggan ke dalam sistem antrian (pelanggan per satuan waktu),  $\mu$  adalah tingkat pelayanan (jumlah pelanggan yang dilayani per satuan waktu), dan  $s$  adalah jumlah server atau jumlah alat bongkar muat.

