



ISSN 2338-0322

## JURNAL TEKNIK PERKAPALAN

Jurnal Hasil Karya Ilmiah Lulusan S1 Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro

# Analisis Antrian dan Waktu Tunggu Terminal Peti Kemas Semarang

Fikri Arrasyid<sup>1)</sup>, Wilma Amiruddin<sup>2)</sup>, Ahmad Firdhaus<sup>3)</sup>

Laboratorium Kapal-Kapal Kecil dan Perikanan

Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

\*<sup>1)</sup>e-mail : fikriarrasyid@students.undip.ac.id

### Abstrak

Waktu tunggu kapal diartikan sebagai jumlah waktu yang dihabiskan sejak permohonan pengajuan tambat setelah kapal tiba di lokasi pelabuhan sampai kapal di gerakkan menuju tambatan. Peningkatan arus peti kemas di Terminal Peti Kemas Semarang (TPKS) per tahunnya berbanding lurus dengan peningkatan jumlah kapal yang dapat menimbulkan antrian kapal apabila tidak dilakukan penyesuaian pada fasilitas pelabuhan. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis antrian kapal yang terjadi di Terminal Peti Kemas Semarang (TPKS) pada kondisi aktual serta kondisi mendatang serta simulasi untuk menentukan jumlah server paling optimal. Model antrian yang berlaku di Terminal Peti Kemas adalah model Multiple Channel Single Phase. Penelitian ini menggunakan 2 metode analisis, yaitu metode peramalan dengan menggunakan Triple Exponential Smoothing untuk mengetahui jumlah kedatangan kapal di masa mendatang serta metode analisis antrian untuk mengetahui waktu tunggu dan utilitas server antrian yang terjadi di Terminal Peti Kemas Semarang pada kondisi aktual serta kondisi mendatang. Berdasarkan hasil analisis antrian pada Terminal Peti Kemas Semarang (TPKS) jumlah server paling optimal untuk menampung kedatangan kapal hingga tahun 2026 adalah 5 server.

**Kata Kunci :** Waktu Tunggu, Utilitas Server, Multi Channel Single Phase.

## 1. PENDAHULUAN

Pelabuhan merupakan pintu gerbang untuk masuk ke suatu daerah tertentu dan sebagai prasarana penghubung antar daerah, antar pulau, bahkan antar negara. Pelabuhan berperan sebagai terminal yang mempertemukan moda transportasi baik *intermodal* maupun *multimodal*, mendorong lancarnya transaksi perdagangan serta perindustrian bagi pembangunan ekonomi[1].

Proses antrian atau *queueing process* adalah suatu proses yang berhubungan dengan kedatangan seorang pelanggan pada suatu fasilitas pelayanan, kemudian menunggu dalam suatu baris antrian jika semua pelayanannya sibuk dan akhirnya meninggalkan fasilitas tersebut[2].

Antrian kapal berdasarkan Surat Keputusan Jenderal Perhubungan Laut Nomor UM.002/38/18/DJPL-11 tahun 2011 diartikan sebagai jumlah waktu sejak permohonan

pengajuan tambat setelah kapal tiba di lokasi sampai kapal di gerakkan menuju tambatan[3].

Berdasarkan data arus peti kemas tahun 2017-2021 terdapat kenaikan arus peti kemas secara signifikan di Terminal Peti Kemas Semarang setiap tahunnya, hal ini berbanding lurus dengan jumlah kedatangan kapal setiap tahunnya. Hal ini apabila tidak diimbangi dengan peningkatan fasilitas bongkar muat untuk menampung peningkatan jumlah kedatangan kapal dapat menimbulkan antrian kapal di Terminal Peti Kemas Semarang sehingga mengakibatkan waktu tunggu kapal semakin besar.

Model antrian yang berlaku di Terminal Peti Kemas Semarang adalah model antrian *Multi Channel Single Phase* yaitu sistem dimana terdapat satu jenis layanan dalam sistem antrian tersebut, namun terdapat lebih dari satu pemberi layanan[4].

Penelitian mengenai antrian kapal di lakukan di Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya dengan

menggunakan model antrian *Multi Channel Single Phase* mendapatkan hasil bahwa Terminal Jamrud Utara dan Barat sudah tidak memenuhi standar dengan waktu tunggu sebesar 46,20 jam dan utilitas pelabuhan sebesar 124% [5].

Penelitian mengenai pengaruh pelayanan pandu dan produktivitas *crane* dengan menggunakan Regresi Linear Berganda yang dilakukan di Terminal Peti Kemas Semarang (TPKS) menunjukkan bahwa produktivitas *crane* dan jasa pemanduan mempengaruhi waktu tunggu sebesar 27,6%. Koefisien regresi untuk jasa pandu adalah sebesar 0,63 sehingga apabila ada peningkatan waktu jasa pandu selama 1 jam maka waktu tunggu meningkat sebesar 0,63 jam [6].

Penelitian mengenai antrian kapal di Pelabuhan Banten mendapatkan hasil waktu tunggu yang terjadi dengan menggunakan 3 *server* antrian adalah 57,33 menit. Penambahan 2 *server* menjadi 5 menurunkan waktu tunggu yang terjadi menjadi 34,66 menit [7].

Penelitian mengenai antrian kapal di Pelabuhan Soekarno-Hatta Makassar mendapatkan hasil rata-rata waktu tunggu adalah 5,92 menit, rata-rata waktu pelayanan adalah 169 menit dan rata-rata waktu kosong adalah 0,0044 menit. Peningkatan fasilitas perlu dilakukan walaupun antrian masih tergolong normal dikarenakan tingginya tingkat kegunaan dermaga yang ditunjukkan dengan waktu kosong yang rendah [8].

Penelitian ini ditujukan untuk mengetahui waktu tunggu yang terjadi di Terminal Peti Kemas Semarang pada kondisi aktual dan kondisi 5 tahun mendatang untuk mengetahui skenario paling optimal agar tidak terjadi waktu tunggu yang tinggi di Terminal Peti Kemas Semarang. Analisis masalah pada penelitian ini menggunakan permalan untuk memprediksi jumlah kedatangan kapal pada tahun 2022-2026 dan metode analisis antrian untuk mengetahui utilitas *server* antrian serta lama waktu tunggu (*waiting time*) kapal di Terminal Peti Kemas Semarang.

## 2. METODOLOGI

### 2.1. Data Penelitian

Objek penelitian ini bertempat di Terminal Peti Kemas Semarang, data yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari data primer dan data sekunder.

#### a. Data Primer

Data primer adalah data yang didapatkan dari hasil pengamatan peneliti di Terminal Peti Kemas. Pengamatan dilakukan pada 5 kapal yang bersandar di Terminal Peti Kemas Semarang. Data 5 kapal hasil observasi ditunjukkan pada Tabel 1

Tabel 1. Data Kapal Hasil Observasi

No	Nama Kapal	Berthing Time (Menit)	Working Time (Menit)	Moves	Alat
1.	Meratus Amurang	803	703	357	2
2.	Trader	824	757	972	3
3.	Meratus Bonang	637	564	364	2
4.	NYK Daniella	882	693	522	2
5.	Fortune	587	360	121	1

#### b. Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang didapatkan dari hasil wawancara dengan pihak pegawai Terminal Peti Kemas Semarang. Data sekunder terdiri dari Data Arus Peti Kemas 2017-2021 yang ditunjukkan pada Tabel 2, Data Waktu Bongkar Muat Kapal tahun 2017-2021 yang ditunjukkan pada Tabel 3 dan Data Spesifikasi Kapal yang ditunjukkan pada Tabel 4

Tabel 2. Data Arus Peti Kemas 2017-2021

Tahun	Ships Call Internasional	Ships Call Domestik
2017	605	211
2018	608	193
2019	524	225
2020	520	376
2021	519	377

Tabel 3. Data Waktu Bongkar Muat Pelabuhan 2017-2021

Tahun	Berthing Time Internasional (Jam)	Berthing Time Domestik (Jam)
2017	17,76	18,66
2018	17,98	10,23
2019	16,43	10,05
2020	16,23	8,92
2021	18,37	11,10

Tabel 4. Data Spesifikasi Kapal

No	Rata-Rata Panjang Kapal	Rata-Rata Jumlah Peti Kemas
1	167,32	552,48

### 2.2. Analisa Permasalahan

#### a. Validasi Data Penelitian

Validasi data antara data kinerja operasional pelabuhan dari pihak TPKS dan data kinerja operasional dari hasil observasi peneliti.

## b. Forecasting

Forecasting/peramalan adalah memprediksikan satu atau beberapa peristiwa di masa mendatang. Forecasting merupakan hal penting yang dapat diterapkan dalam banyak bidang seperti, bisnis dan industri, pemerintahan, ekonomi, ilmu lingkungan, ilmu medis, ilmu sosial, ilmu politik dan ilmu keuangan

Peramalan diklasifikasikan menjadi peramalan jangka pendek, jangka menengah dan jangka panjang. Peramalan jangka pendek menggunakan periode waktu harian, mingguan, dan bulanan untuk meramalkan kejadian dalam periode waktu yang sama. Peramalan jangka menengah menggunakan periode satu tahun atau dua tahun untuk meramalkan kejadian dalam periode yang sama. Peramalan jangka panjang menggunakan periode beberapa tahun untuk meramalkan kejadian dalam periode yang sama[9].

### 1. Triple Exponential Smoothing

Exponential Smoothing adalah metode peramalan rata-rata bergerak yang melakukan pembobotan menurun secara eksponensial terhadap nilai observasi yang lebih tua. Metode peramalan yang digunakan untuk data yang berpola trend dan musiman adalah metode *Triple Exponential Smoothing*. Metode ini didasarkan atas tiga persamaan yaitu persamaan stationer, *trend*, dan musiman. Rumus *Triple Exponential Smoothing* adalah sebagai berikut[10].

1) Pemulusan Keseluruhan

$$S_t = \alpha \frac{X_t}{SN_{t-1}} + (1 - \alpha)(S_{t-1} + T_{t-1}) \quad (1)$$

2) Pemulusan Musiman

$$T_t = \beta(S_t - S_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1} \quad (2)$$

3) Pemulusan Trend

$$SN_t = \gamma \left( \frac{X_t}{S_t} \right) + (1 - \gamma)SN_{t-1} \quad (3)$$

4) Peramalan

$$F_{t+m} = S_t + T_t m \quad (4)$$

Dimana  $\alpha, \beta, \gamma$  adalah nilai parameter *Exponential* dengan nilai antara 0 dan 1,  $S_t$  adalah nilai pemulusan keseluruhan,  $X_t$  adalah data aktual pada waktu ke- $t$ ,  $T_t$  adalah nilai pemulusan musiman,  $SN_t$  adalah nilai pemulusan *trend*,  $F_{t+m}$  adalah nilai peramalan dan  $m$  adalah periode di masa mendatang

Penelitian ini menggunakan bantuan *software* Microsoft Excel dalam proses peramalan jumlah

kedatangan kapal tahun 2022-2026 dengan metode *Exponential Triple Smoothing*.

### 2. Confidence Interval (Interval Kepercayaan)

Interval Kepercayaan adalah rentang nilai numerik untuk menentukan rentang nilai sebuah populasi dengan tingkat kepercayaan tertentu. Interval kepercayaan digunakan untuk memberikan perkiraan jumlah populasi dengan menghitung ketidakpastian pada nilai tersebut. Rumus interval kepercayaan adalah sebagai berikut[11].

$$X \pm z \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (5)$$

Dimana  $X$  adalah nilai rata-rata sampel,  $z$  adalah nilai *confidence*,  $\sigma$  adalah standar deviasi, dan  $n$  adalah jumlah sampel yang diamati.

## c. Analisa Antrian

Model antrian yang berlaku pada pelabuhan Terminal Peti Kemas Semarang adalah *Multiple Channel Single Phase* yaitu model antrian yang terdiri dari satu jenis layanan, namun memiliki lebih dari satu pemberi layanan[4].

1) Jumlah Server ( $M$ )

$$M = \frac{\text{Panjang Dermaga} + 10\%LOA}{\text{panjang kapal} + 10\%LOA} \quad (6)$$

2) Arrival rate ( $\lambda$ )

$$\lambda = \frac{\text{Jumlah total kapal}}{\text{Jumlah hari}} \quad (7)$$

3) Service Rate ( $\mu$ )

Rumus rata-rata waktu pelayanan tiap kapal

$$\Omega = \frac{\text{Total waktu pelayanan kapal}}{\text{Jumlah kapal}} \quad (8)$$

Setelah didapat waktu rata-rata pelayanan kapal maka *service rate* dapat dicari dengan rumus berikut:

$$\mu = \frac{1}{\Omega} \quad (9)$$

4) Server Utilization ( $\rho$ )

$$\rho = \frac{\lambda}{M\mu} \quad (10)$$

5) Peluang tidak terdapat satupun kapal dalam sistem ( $P_0$ )

$$P_0 = \frac{1}{\left[ \sum_{n=0}^{M-1} \frac{(\lambda/\mu)^n}{n!} \right] + \frac{(\lambda/\mu)^M}{M!} \frac{M\mu}{M\mu - \lambda}} \quad (11)$$

6) Rata-rata banyaknya kapal dalam sistem (Ls)

$$L_s = \frac{\lambda\mu(\lambda/\mu)^M}{(M-1)!(M\mu-\lambda)^2} P_0 + \frac{\lambda}{\mu} \quad (12)$$

7) Waktu rata-rata kapal dalam sistem (Ws)

$$W_s = \frac{\mu(\lambda/\mu)^M}{(M-1)!(M\mu-\lambda)^2} P_0 + \frac{1}{\mu} \quad (13)$$

8) Jumlah kapal yang menunggu di antrian (Lq)

$$L_q = L_s - \frac{\lambda}{\mu} \quad (14)$$

9) Rata-rata waktu tunggu kapal (Wq)

$$W_q = W_s - \frac{1}{\mu} \quad (15)$$

Dimana  $P_0$  merupakan peluang tidak terdapat satupun kapal di dalam *server*,  $L_s$  merupakan jumlah rata-rata kapal di dalam sistem,  $L_q$  merupakan jumlah rata-rata kapal di dalam antrian,  $\rho$  adalah *server utilization* dermaga Peti Kemas Semarang,  $W_s$  merupakan rata-rata lama kapal di dalam sistem, Dimana  $W_q$  merupakan waktu tunggu kapal di antrian,  $P_0$  merupakan peluang tidak terdapat satupun kapal di dalam *server*,  $\lambda$  merupakan *arrival rate* Terminal Peti Kemas Semarang,  $M$  merupakan jumlah *server* antrian yang berlaku pada Terminal Peti Kemas Semarang, dan  $\mu$  merupakan *service rate* Terminal Peti Kemas Semarang.

10) Kebutuhan Dermaga

Berdasarkan aturan *International Maritime Organization* (IMO) penentuan panjang dermaga diperoleh dengan rumus berikut.

$$L_p = n(Loa) + (n - 1)10\%Loa \quad (16)$$

Dimana  $n$  adalah jumlah kapal yang bersandar dan  $Loa$  adalah panjang rata-rata kapal sandar.

#### d. Simulasi Antrian

Simulasi antrian dilakukan dengan memvariasikan jumlah *server* antrian yang digunakan di Terminal Peti Kemas Semarang. Tujuan dari simulasi ini adalah untuk mengetahui

jumlah *server* antrian yang memenuhi standar yang telah ditetapkan pada Surat Keputusan Jenderal Perhubungan Laut Nomor UM.002/38/18/DJPL-11 tahun 2011

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Validasi Data Penelitian

*Berthing time* atau waktu pelayanan kapal dapat diketahui dengan cara menghitung selisih waktu sandar dan waktu keberangkatan dari kapal tersebut. Waktu *berthing time* kapal hasil observasi ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Berthing Time Kapal Hasil Observasi

No	Nama Kapal	Berthing Time (Menit)	Berthing Time (Jam)
1	Meratus Amurang	803	13,38
2	Trader	824	13,73
3	Meratus Bontang	637	10,61
4	NYK Daniella	882	14,7
5	Fortune	587	9,78

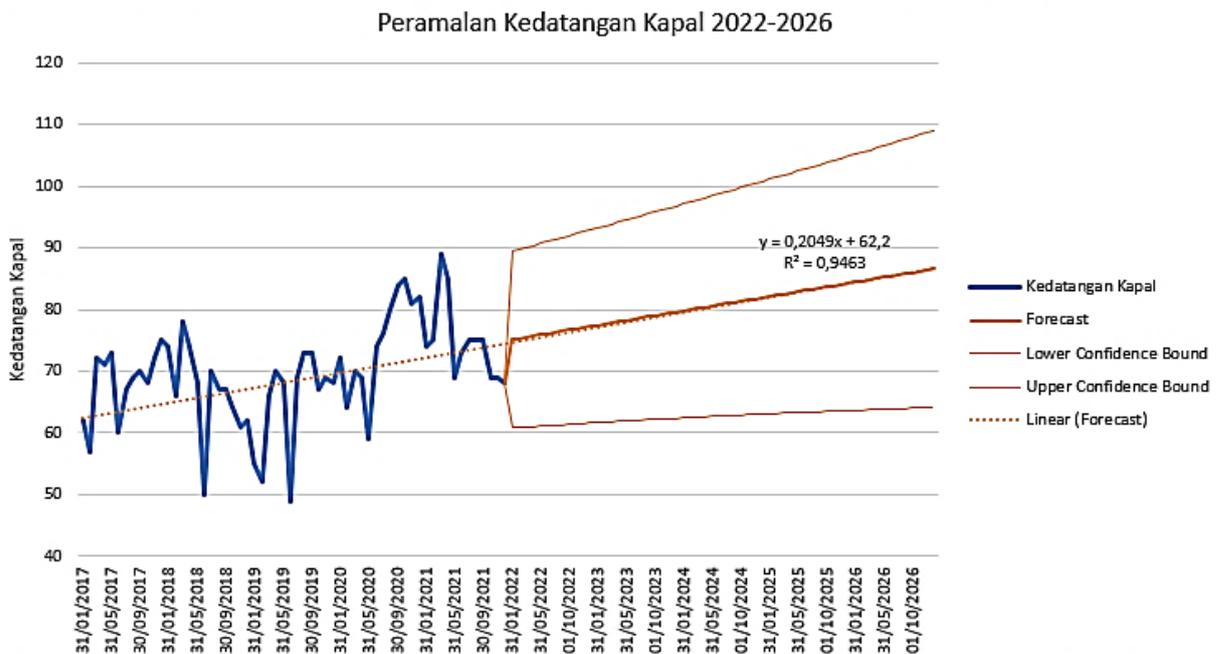
Berdasarkan data *Berthing Time* dari tiap kapal dapat dilakukan perhitungan untuk mencari rata-rata waktu pelayanan kapal di Terminal Peti Kemas Semarang.

$$\Omega = \frac{13,38 + 13,73 + 10,61 + 14,71 + 9,78}{5} = 12,44 \text{ jam}$$

Apabila dibandingkan dengan data waktu pelayanan yang didapatkan dari PT Pelindo Peti Kemas tahun 2021 dimana waktu pelayanan jalur internasional yaitu 18,37 jam dan waktu pelayanan domestik yaitu 11,1 jam, didapatkan rata-rata waktu pelayanan pada tahun 2021 adalah 14,735 jam. Terdapat perbedaan rata-rata waktu pelayanan dikarenakan perbedaan jumlah data yang dihitung untuk rata-rata tersebut memiliki perbedaan yang cukup besar.

#### 3.2. Permalan Kedatangan Kapal

Data kedatangan kapal tahun 2017-2021 diolah dengan metode *Triple Exponential Smoothing* dengan bantuan Microsoft Excel untuk mengetahui jumlah kedatangan kapal tahun 2022-2026. Data yang digunakan untuk meramalkan kedatangan kapal di masa mendatang menggunakan periode bulan, sehingga data yang digunakan sebanyak 60 data. Hasil peramalan jumlah kedatangan kapal ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Permalan Kedatangan Kapal 2022-2026

Nilai parameter eksponensial yang digunakan pada peramalan dengan *Triple Exponential Smoothing* dari kedatangan kapal adalah  $\alpha = 0,13$ ,  $\beta = 0,00$ , dan  $\gamma = 0,00$ . Nilai  $\beta$  dan  $\gamma$  bernilai 0 dikarenakan tidak terdiksi adanya pola *trend* maupun musiman dari data sebelumnya sehingga pola permalan kapal bersifat linear. Persamaan linear dari grafik peramalan kedatangan kapal pada Gambar 1 adalah

$$y = 62,2 + 0,2409x$$

Standar deviasi yang didapatkan dari data kedatangan kapal tahun 2017-2021 adalah 8,02. Nilai konstanta dari persamaan di atas adalah 62,2 dan koefisien untuk variabel  $x$  adalah 0,2409. Variabel  $x$  pada persamaan tersebut adalah periode bulan pada tahun 2022-2026. Nilai  $R^2$  dari persamaan di atas adalah 0,94 atau 94% dimana hal ini menunjukkan periode bulan mempengaruhi kedatangan kapal sebesar 94%.

Nilai *Upper Confidence Bound* dan *Lower Confidence Bound* didapatkan dari hasil selisih atas dan selisih bawah nilai *Confidence Interval* dengan nilai hasil permalan. Nilai ini menunjukkan rentang interval kepercayaan hasil peramalan kedatangan kapal di masa mendatang. Jumlah kedatangan kapal tahun 2022-2026 ditunjukkan pada tabel 6.

Tabel 6. Prediksi Kedatangan Kapal 2022-2026

Tahun	Kedatangan Kapal
2021	896
2022	914
2023	942
2024	970

2025	998
2026	1026

Perbandingan antara jumlah kedatangan kapal internasional pada tahun 2021 dan 2026 menunjukkan peningkatan sebesar 14,51% atau sebesar 130 kapal.

### 3.3. Analisis Waktu Tunggu Kondisi Aktual

Perhitungan waktu tunggu Terminal Peti Kemas menggunakan perhitungan model antrian *Multiple Channel Single Phase*. Perhitungan waktu tunggu menggunakan data kedatangan kapal dan data *berthing time*. Hasil perhitungan waktu tunggu kondisi aktual di Terminal Peti Kemas Semarang ditunjukkan pada Tabel 7.

Tabel 7. Waktu Tunggu Kondisi Aktual

Uraian	Unit	Hasil
Jumlah <i>Server</i>		3
Arrival Rate	Kapal/Hari	2,45
Service Rate	Kapal/Hari	1,62
<i>Server Utilization</i>		133,27%
Peluang Antrian Kosong		27,37%
Jumlah Kapal dalam Sistem	Kapal	1,82
Lama Waktu dalam Sistem	Hari	0,74
	Jam	17,83
Jumlah Kapal dalam Antrian	Kapal	0,31
Waktu Tunggu Kapal	Hari	0,13
	Jam	3,09

Berdasarkan perhitungan pada tabel 7, waktu tunggu di Pelabuhan Terminal Peti Kemas Semarang adalah 3,48 jam dan waktu tunggu tersebut masih belum memenuhi standar Direktorat Jenderal Perhubungan yaitu 1 jam. Tingkat kegunaan dermaga atau utilitas dermaga yang terjadi pada tahun 2021 adalah 133,27%.

Kenaikan jumlah kedatangan kapal berdasarkan hasil permalan dapat berdampak juga pada kenaikan waktu tunggu apabila tidak disertai dengan penambahan jumlah *server* antrian. Waktu tunggu yang akan terjadi pada tahun 2022-2026 apabila tidak disertai dengan penambahan jumlah *server* antrian di Terminal Peti Kemas ditunjukkan pada Tabel 8.

Tabel 8. Waktu Tunggu dan Utilitas Dermaga 3 *Server*

Tahun	Waktu Tunggu (Jam)	Utilitas Antrian (Persen)
2021	3,10	133,27
2022	3,17	137,46
2023	3,59	141,67
2024	4,07	145,88
2025	4,60	150,09
2026	5,21	154,31

Tabel 8 menunjukkan bahwa waktu tunggu dan utilitas server mengalami peningkatan seiring dengan meningkatnya jumlah kedatangan kapal.

### 3.4. Simulasi 4 *Server*

Simulasi pertama yaitu dengan penambahan 1 *server* dari *server* yang sudah tersedia di Terminal Peti Kemas Semarang yaitu 4 *server*. Hasil perhitungan dengan menggunakan 4 *server* ditunjukkan pada Tabel 9.

Tabel 9. Waktu Tunggu dan Utilitas Dermaga 4 *Server*

Tahun	Waktu Tunggu (Jam)	Utilitas Antrian (Persen)
2021	0,48	99,95
2022	0,50	103,09
2023	0,56	106,25
2024	0,63	109,41
2025	0,70	112,57
2026	0,79	115,73

Hasil yang didapatkan dari perhitungan pada Tabel 9 menunjukkan bahwa simulasi dengan menggunakan 4 *server* dapat menurunkan waktu tunggu Terminal Peti Kemas Semarang sesuai dengan standar yang telah ditetapkan oleh Direktorat Jenderal Perhubungan yakni 1 jam.

Utilitas dermaga yang akan terjadi dengan menggunakan 4 *server* berada pada rentang 99% hingga 115%

### 3.5. Simulasi 5 *Server*

Simulasi kedua yaitu dengan penambahan 2 *server* dari *server* yang sudah tersedia di Terminal Peti Kemas Semarang yaitu 5 *server*. Hasil perhitungan dengan menggunakan 5 *server* ditunjukkan pada Tabel 10.

Tabel 10. Waktu Tunggu dan Utilitas Dermaga 5 *Server*

Tahun	Waktu Tunggu (Jam)	Utilitas Antrian (Persen)
2021	0,09	80,85
2022	0,09	82,47
2023	0,10	85,06
2024	0,12	87,53
2025	0,13	90,05
2026	0,15	92,58

Hasil yang didapatkan dari perhitungan pada Tabel 10 menunjukkan bahwa simulasi dengan menggunakan 5 *server* dapat menurunkan waktu tunggu Terminal Peti Kemas Semarang sesuai dengan standar yang telah ditetapkan oleh Direktorat Jenderal Perhubungan yakni 1 jam. Utilitas dermaga yang akan terjadi dengan menggunakan 5 *server* berada pada rentang 80% hingga 92%.

### 3.6. Waktu Tunggu 1 Jam

Standar waktu tunggu yang ditetapkan di Terminal Peti Kemas Semarang dalam Surat Keputusan Jenderal Perhubungan Laut Nomor UM.002/38/18/DJPL-11 tahun 2011 adalah 1 jam. Jumlah server yang dibutuhkan agar waktu tunggu yang terjadi tepat 1 jam ditunjukkan pada Tabel 11.

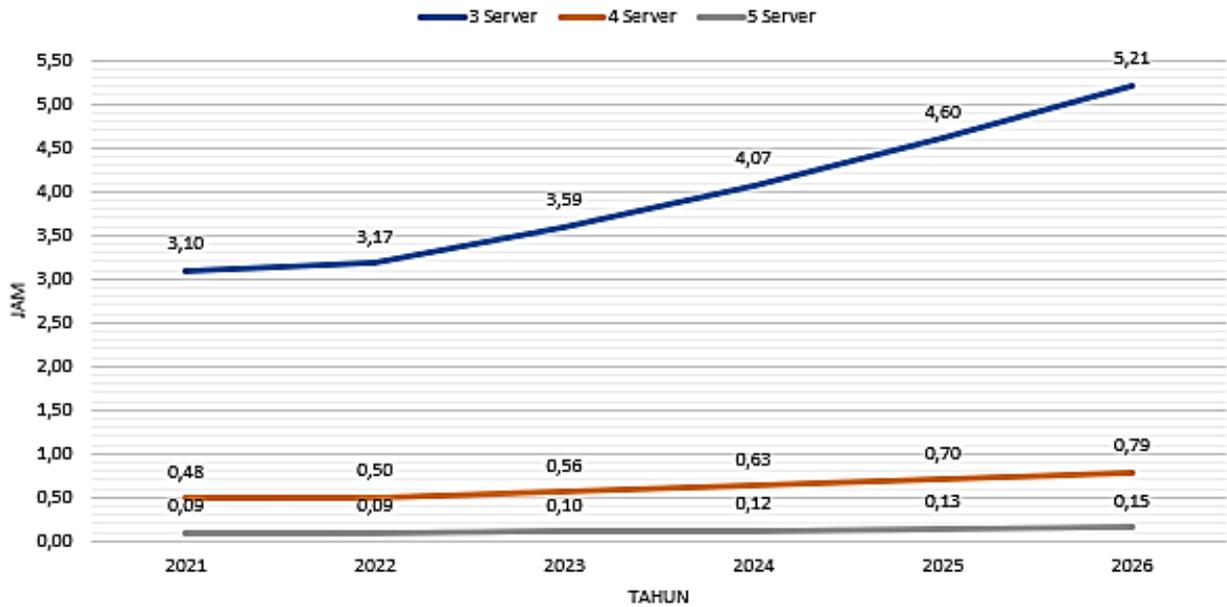
Tabel 11. Jumlah Server pada Waktu Tunggu 1 Jam

Tahun	Jumlah Server
2021	3,8
2022	3,81
2023	3,85
2024	3,89
2025	3,92
2026	3,95

### 3.7. Grafik Hasil Perhitungan

Hasil perhitungan waktu tunggu dan utilitas dermaga dengan menggunakan 3,4 dan 5 server ditunjukkan pada Gambar 2 dan Gambar 3.

## Waktu Tunggu Tahun 2021-2026

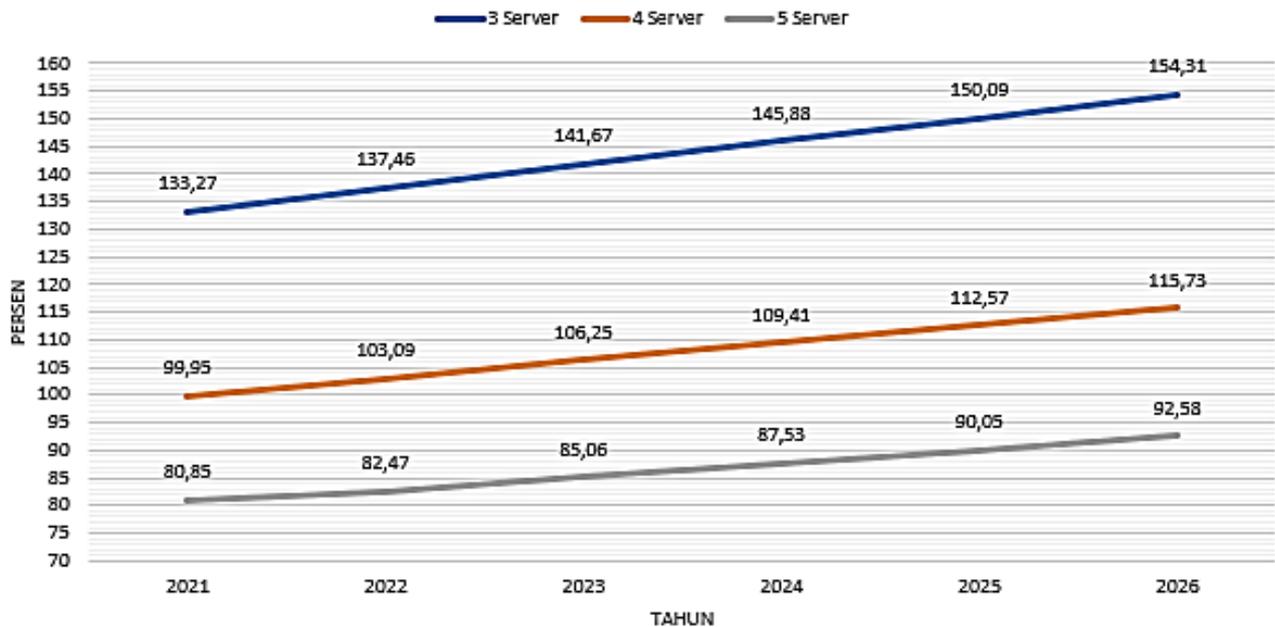


Gambar 2. Waktu Tunggu Tahun 2021-2026

Gambar 2 menunjukkan bahwa penambahan server dari 3 server menjadi 4 server dapat menurunkan waktu tunggu sebesar 4,62 jam pada

tahun 2021. Penambahan server dari 4 server menjadi 5 server dapat menurunkan waktu tunggu sebesar 0,39 jam pada tahun 20

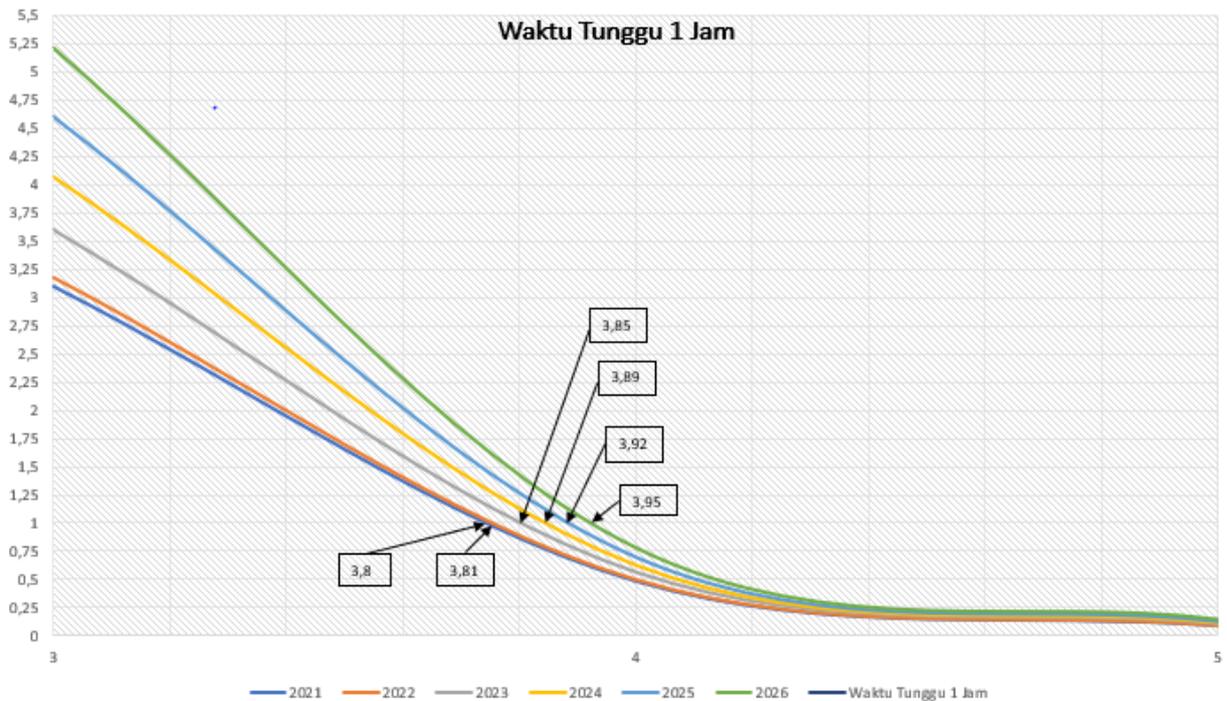
## Utilitas Server



Gambar 3 Utilitas Server Antrian Tahun 2021-2026

Gambar 3 menunjukkan utilitas server antrian di Terminal Peti Kemas dengan menggunakan 3 server cukup tinggi yaitu berada di angka 133% hingga 154%. Penambahan server menjadi 4 server

dapat menurunkan utilitas server antrian hingga di rentang 99% hingga 115%. Peningkatan server menjadi 5 server dapat menurunkan utilitas server hingga di rentang 80% hingga 92%



Gambar 4. Jumlah Server pada Waktu Tunggu 1 Jam

Gambar 4 menunjukkan jumlah server yang dibutuhkan agar waktu tunggu yang terjadi di Terminal Peti Kemas Semarang tepat berada di waktu satu jam.

### 3.8. Kebutuhan Dermaga

Panjang dermaga dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 16 dengan asumsi rata-rata panjang kapal adalah 167,32 m. persamaan untuk menghitung panjang dermaga yang dibutuhkan untuk menampung 4 server adalah sebagai berikut.

$$L_p = 4(167,32) + (4 - 1)10\%167,32 = 719,4$$

Panjang dermaga untuk 4 server adalah 719,47 m atau 720 m. Kebutuhan panjang dermaga untuk menampung 5 server adalah sebagai berikut

$$L_p = 5(167,32) + (5 - 1)10\%167,32 = 903,52$$

Panjang dermaga untuk 5 server adalah 903,52 m atau 905 m.

### 3.9. Pembahasan

Hasil yang didapatkan pada penelitian ini adalah penambahan jumlah server atau panjang dermaga dapat mengurangi waktu tunggu kapal di Terminal Peti Kemas Semarang. Penambahan jumlah server dari 3 menjadi 4 server dapat menurunkan waktu tunggu sebesar 4,42 jam pada

tahun 2026, sedangkan penambahan jumlah server dari 4 server menjadi 5 server hanya menurunkan waktu tunggu sebesar 0,64 jam pada tahun 2026. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Ramadhan[13], dan Hoerunisa[14] dimana penambahan server pertama dapat menurunkan waktu tunggu cukup besar dan penambahan server selanjutnya tidak terlalu besar.

Penelitian ini menunjukkan bahwa waktu tunggu dipengaruhi dengan ketersediaan dermaga, hal ini sesuai dengan hasil penelitian Perdana dimana ketersediaan dermaga memberikan sumbangan efektif 13,25 % dari jumlah total sumbangan 53,09% yang terdiri dari beberapa faktor[5], penelitian oleh Nawawi menyebutkan juga bahwa pengaruh penjadwalan kapal, jasa pemanduan, cuaca dan kesiapan alat bongkar memiliki pengaruh sebesar 97,3% terhadap *waiting time*[15].

Solusi jumlah server paling tepat adalah dengan 5 server, dimana waktu tunggu yang terjadi sudah sesuai dengan standar dan utilitas server antrian masih dibawah 100%.

## 4. KESIMPULAN

Permalan kedatangan kapal dengan menggunakan *Triple Exponential Smoothing* pada data tahun 2017-2021 mendapatkan hasil peningkatan jumlah kapal sebanyak 130 kapal pada tahun 2026 apabila dibandingkan dengan jumlah kedatangan kapal pada tahun 2021.

Berdasarkan analisis antrian di Terminal Peti Kemas pada tahun 2022-2026, dapat disimpulkan

penambahan *server* menjadi 5 *server* dapat adalah solusi paling optimal dimana waktu tunggu yang terjadi sudah sesuai dengan standar Direktorat Jenderal Perhubungan Laut dan utilitas server antrian masih dibawah 100%. Panjang dermaga yang dibutuhkan untuk menampung 5 *server* adalah 905 m.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. A. Lasee, *Manajemen Kepelabuhanan*. Jakarta: Rajawali Press, 2014.
- [2] D. Gross, J. F. Shortle, J. M. Thompson, and C. M. Harris, *Fundamentals of Queueing Theory*. New Jersey: John Wiley and Sons, 2008.
- [3] Direktorat Jenderal Perhubungan Laut, *Standar Kinerja Pelayanan Operasional Pelabuhan*. Indonesia, 2011.
- [4] L. Hilier, *Introduction to Operations Research*, 2nd ed. Yogyakarta: Penerbit Andi, 2008.
- [5] F. A. Perdana, “Karakteristik Antrian Kapal dan Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Waktu Tunggu Kapal (Waiting Time) di Pelabuhan Tanjung Perak,” *Rekayasa Sipil*, vol. 11, no. 3, 2017.
- [6] Y. L. Romawan, “The Influence of Crane and Pilotage Service Toward Vessel Waiting Time at Terminal Petikemas Semarang Branch Pelabuhan Indonesia III,” *Business and Admission, State Polytechnic of Semarang*, vol. 22, no. 2, pp. 119–128, 2021.
- [7] N. Djamal and H. E. Maulana, “Analisis Antrian Kapal di dermaga 5 Pelabuhan Banten,” *INTECH Teknik Industri Universitas Serang*, vol. 4, no. 1, pp. 33–37, 2018.
- [8] J. Matasik, Khaeruddin, and A. Ribal, “Simulasi Antrian di Pelabuhan (Studi Kasus : Pelabuhan Soekarno),” *Hasanuddin University Repository*, 2016.
- [9] D. C. Montgomery, C. J. Jennings, and M. Kulahci, *Introduction to Time Series Analysis and Forecasting*, 2nd ed. New Jersey: John Wiley & Sons Inc., 2015.
- [10] S. Makridakis, S. C. Wheelwright, and V. E. McGee, *Metode dan Aplikasi Peramalan*, vol. 1. Jakarta: Erlangga, 1999.
- [11] G. Casella and R. L. Berger, *Statistical Inference*, 2nd ed. Pacific Grove: Duxbury Press, 2002.
- [12] S. Singgih, *Metode Peramalan Bisnis Masa Kini dengan Minitab dan SPSS*. Jakarta: PT Elex Media Komputindo, 2009.
- [13] J. D. Ramadhan, F. Agus, and I. F. Astuti, “Simulasi Sistem Antrian dengan Metode Multiple Channel Single Phase,” *Prosiding Seminar Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi*, vol. 2, no. 1, 2017.
- [14] I. Hoerunisa and Sukanta, “Penerapan Model Antrian Multi Channel Single Phase pada SPBU Sempu Jurong Cikarang Utara,” *Jurnal Pendidikan dan Aplikasi Industri*, vol. 8, no. 1, 2021.
- [15] C. I. Nawawi, S. Anwar, T. Supriatiningsih, and I. Purnaningratri, “Analysis of The Influence of Ship Scheduling, Guideline Services, Weather, and Loading Equipment Readiness on Ship Waiting Time in Port,” *Asian Journal of Aquatic Sciences*, vol. 5, no. 3, pp. 440–446, 2022.