

OPTIMASI MODEL PENUGASAN BERDASARKAN PERAMALAN LAYANAN KAPAL TUNDA DI PELABUHAN TANJUNG PERAK MENGGUNAKAN METODE *BACKPROPAGATION*

Umi Masruroh Kusman¹, Abdulloh Hamid², Dian Candra Rini Novitasari³,
Wika Dianita Utami⁴, Indra Ariyanto Wijaya⁵

^{1,2,3,4} Department of Mathematics, UIN Sunan Ampel Surabaya, Indonesia

⁵ Department of POCC, Pelabuhan Tanjung Perak, Surabaya, Indonesia
doelhamid@uinsby.ac.id

ABSTRAK

Indonesia merupakan negara kepulauan terbesar di dunia. Pemanfaatan laut yang optimal berpotensi meningkatkan perekonomian negara. Pelabuhan Tanjung Perak adalah pelabuhan terbesar dan tersibuk kedua di Indonesia. Efisiensi penggunaan kapal tunda berpengaruh signifikan terhadap operasional pelabuhan. Penelitian ini mengusulkan metode *backpropagation* untuk melakukan peramalan permintaan pelayanan kapal tunda, kemudian hasil peramalan dimasukkan ke dalam model penugasan untuk mengetahui optimalisasi penggunaan kapal tunda berdasarkan tingkat kesibukan kapal tunda, waktu tunggu layanan, dan jumlah antrian. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder, yaitu data permintaan pelayanan kapal tunda pada bulan Januari 2019 – Mei 2022 yang dibedakan menjadi tiga, yaitu permintaan kapal kecil, sedang, dan besar. Hasil peramalan menggunakan metode *backpropagation* menghasilkan nilai MAPE sangat baik dibawah 10%. permintaan pelayanan terbanyak oleh kapal kecil dan besar terjadi pada bulan Juni dengan masing-masing sebanyak 2215 dan 51 permintaan, kemudian untuk kapal sedang permintaan terbanyak terjadi pada bulan Januari dengan jumlah permintaan mencapai 451. Sedangkan, permintaan terkecil pada kapal kecil terjadi pada bulan Februari dan September dengan jumlah permintaan 2141, kemudian permintaan terkecil dari kapal sedang terjadi pada bulan Juli dengan permintaan sebanyak 421, dan permintaan terkecil pada kapal besar terjadi pada bulan Januari dengan jumlah permintaan sebanyak 47. Hasil penugasan pada kapal tunda mencapai tingkat optimal dengan mengoperasikan 13 kapal tunda setiap harinya.

Keyword : *Backpropagation, Kapal Tunda, MAPE, Optimasi, Peramalan.*

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara kepulauan terbesar di dunia, dimana sebagian besar wilayahnya berupa lautan [1]. Sektor kelautan di Indonesia mampu menyumbang 30% dari PDB (Produk Domestik Bruto) nasional [2]. Indonesia dapat memanfaatkan laut sebagai sarana transportasi yang ekonomis dan terjangkau, seperti pelabuhan. Pelabuhan Tanjung Perak adalah pelabuhan terbesar dan tersibuk kedua di Indonesia. Hal tersebut disebabkan karena Pelabuhan Tanjung Perak menjadi gerbang masuk Indonesia bagian Timur dan meningkatnya ekspor maupun impor barang dari dan menuju wilayah Jawa Timur [3]. Oleh karena itu, Pelabuhan Tanjung Perak harus menyediakan pelayanan yang baik.

Salah satu fasilitas pelayanan di Pelabuhan Tanjung Perak adalah kapal tunda. Kapal tunda merupakan kapal dengan karakteristik tertentu yang digunakan untuk membantu kapal-kapal besar dalam berolah gerak di Pelabuhan [4]. Penundaan kapal diwajibkan bagi kapal yang memiliki panjang diatas 70 Meter [5]. Banyaknya kapal yang masuk ke Pelabuhan Tanjung Perak membuat kapal tunda harus berbanding lurus dengan kapal yang masuk tersebut, sehingga kapal yang akan masuk tidak menunggu lama untuk dilayani oleh kapal tunda di pelabuhan Tanjung Perak [6]. Oleh sebab itu,

pengoptimalan penggunaan kapal tunda sangat penting untuk meminimalisasi jumlah antrian yang terjadi di Pelabuhan Tanjung Perak.

Optimalisasi penggunaan kapal tunda dapat diketahui dengan meramalkan jumlah permintaan pelayanan kapal tunda, yang kemudian akan dimasukkan dalam suatu model untuk mengetahui tingkat optimalisasinya [7]. Beberapa penelitian yang melakukan optimalisasi dengan menggunakan metode penugasan antara lain, penelitian yang dilakukan Zeng et al dalam mengoptimalkan penugasan mobil untuk menekan penyebaran virus covid-19 [8]. Selain itu, penelitian yang dilakukan Sindar dan Zandrato menerapkan model penugasan untuk menentukan alokasi tugas kepanitiaan [9]. Kemudian penelitian yang dilakukan Rifa dan Yuliawati menggunakan model penugasan untuk mengalokasikan kapal [10].

Salah satu metode yang dapat digunakan dalam melakukan peramalan adalah metode *backpropagation*. Metode *Backpropagation* adalah metode yang menggunakan konsep cara kerja otak. Metode *Backpropagation* dipilih karena pembelajaran *Backpropagation* dengan cepat menghitung pembaruan sinaptik menggunakan koneksi umpan balik untuk mengirimkan sinyal kesalahan [11]. Selain itu, metode *Backpropagation* juga dapat mengoptimalkan

Bobot dan bias yang akan digunakan dalam peramalan. Bobot dioptimalkan untuk memperkecil kesalahan *error* [12]. Beberapa penelitian yang menggunakan metode *Backpropagation* untuk peramalan adalah antara lain, penelitian yang dilakukan oleh Thoriq meramalkan jumlah permintaan produksi di sebuah perusahaan manufaktur yang menghasilkan nilai MAPE sebesar 5,7134% [13]. Selain itu, penelitian yang dilakukan oleh Airlangga, Rachmat, dan Lapihu tentang peramalan produksi beras di Indonesia dengan membandingkan 2 metode yaitu, *Backpropagation* dan *Exponential Smoothing*, hasilnya metode *Backpropagation* merupakan metode yang paling tepat digunakan dalam penelitian tersebut, dengan memperoleh nilai MAPE sebesar 1,5% [14].

Berdasarkan uraian di atas penelitian ini menggunakan metode *Backpropagation* untuk peramalan dan membentuk model penugasan untuk mengetahui optimalisasi kapal tunda dengan berdasarkan banyaknya antrian, lama waktu tunggu antrian dan tingkat kesibukan pada kapal tunda. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi pertimbangan perusahaan tersebut dalam mengambil keputusan dan dapat menjadi pengingat bahwa pengoptimalisasian dalam sebuah perusahaan memang sangat diperlukan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Kapal Tunda

Kapal tunda memiliki karakteristik tertentu yang digunakan untuk mendorong, menarik, menggandeng, mengawal (*escort*), dan membantu (*assist*) kapal yang berolah gerak di alur pelayaran, daerah labu jangkar maupun kolam pelabuhan [4]. Kapal tunda mampu menjamin keselamatan kapal-kapal yang berolah gerak di alur pelayaran, daerah labu jangkar ataupun kolam pelabuhan. Proses penundaan kapal dapat menggunakan satu hingga tiga kapal tunda, tergantung panjang kapal yang dilayani [15]. Hal tersebut telah diatur dalam peraturan menteri perhubungan nomor PM 57 Tahun 2020.

Tabel 1. Peraturan menteri perhubungan nomor PM 57 Th 2020

Kapal		Kapal tunda	
Jenis kapal	Panjang kapal (m)	jumlah kapal tunda (unit)	Daya total minimal (HP)
Kecil	<70-150	1	2.000
Sedang	151-250	2	6.000
Besar	>250	3	11.000

Pelayanan penundaan kapal diwajibkan untuk kapal yang memiliki panjang diatas 70 meter, tetapi diperbolehkan untuk kapal yang memiliki panjang dibawah 70 meter mengajukan permohonan

pelayanan kapal tunda. Tujuannya tetap sama, yaitu menjamin keselamatan kapal.

2.2. Normalisasi dan Denormalisasi

Normalisasi data berguna supaya rentang data tetap seimbang dalam proses perhitungan [16]. Normalisasi dan denormalisasi menggunakan metode *Min-Max Scaler*. Persamaan yang digunakan dalam normalisasi *Min-Max Scaler* adalah sebagai berikut:

$$x' = \frac{x_i - x_{min}}{x_{max} - x_{min}} \tag{1}$$

Dimana x' merupakan data normalisasi, x_i merupakan data asli ke- i , x_{min} merupakan data minimum, dan x_{max} merupakan data maksimum.

Denormalisasi adalah proses merubah data yang telah dinormalisasi untuk merubahnya ke rentang data asli. Rumus yang digunakan dalam denormalisasi adalah:

$$x'' = y(x_{max} - x_{min}) + x_{min} \tag{2}$$

Dimana x'' merupakan data denormalisasi, y merupakan data output, x_{min} merupakan data minimum, x_{max} merupakan data maksimum.

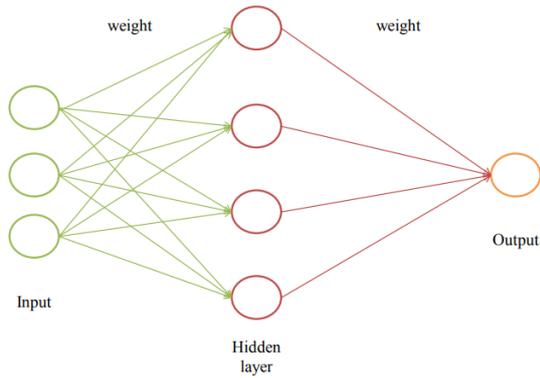
2.3. Optimalisasi

Optimalisasi merupakan suatu langkah untuk menjadikan sesuatu (desain, sistem, atau keputusan) menjadi lebih sempurna, fungsional, atau efektif [17]. Optimalisasi dapat dicapai dengan melakukan model-model atau algoritma seperti Model Penugasan (*Assignment Model*). Model penugasan bertujuan untuk mengalokasikan suatu subjek ke dalam suatu objek tertentu dengan berdasarkan kemampuan subjek [9].

2.4. Backpropagation

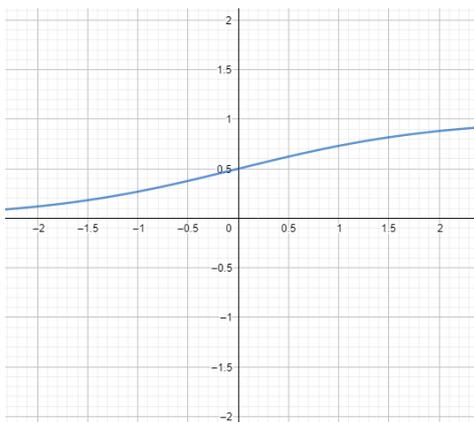
Metode Jaringan Syaraf Tiruan adalah metode perhitungan yang merepresentasikan cara kerja otak manusia. Proses jaringan syaraf tiruan menggunakan bobot sinaptik untuk menentukan aktivitas saraf, kemudian aktivitas saraf menentukan keluaran jaringan, dan keluaran jaringan menentukan kesalahan jaringan [11].

Metode jaringan syaraf tiruan *backpropagation* adalah sebuah model sistematis pada jaringan syaraf tiruan dengan pembelajaran terawasi [18]. Metode *Backpropagation* melibatkan tiga lapisan, yaitu: lapisan input, tempat data diperkenalkan ke jaringan; lapisan tersembunyi, di mana data diproses; dan lapisan output, di mana hasil dari input yang diberikan diproduksi [19]. Dalam *backpropagation* juga terdapat bobot yang berguna untuk mendapatkan nilai error paling rendah [20].



Gambar 1. Arsitektur Metode *Backpropagation*

Fungsi aktivasi dalam *backpropagation* harus memenuhi syarat berikut, yaitu : kontinu, terdiferensial dengan mudah dan merupakan fungsi yang tidak turun [12]. Fungsi sigmoid biner merupakan salah satu fungsi yang memenuhi syarat tersebut. Sigmoid biner memiliki range [0,1], diberikan fungsi $f(x) = \frac{1}{1+e^{-x}}$ dengan turunan $f'(x) = \frac{e^{-x}}{(1+e^{-x})^2}$. Gambar 2 menunjukkan grafik fungsi sigmoid biner.



Gambar 2. Fungsi Aktivasi sigmoid biner

Tahapan dalam metode *backpropagation* terdiri dari 2 tahap, yaitu *forward-pass* dan *backward-pass*. Pada tahap *forward-pass* dilakukan proses penghitungan hidden layer, sedangkan pada tahap *backward-pass* dilakukan untuk mengupdate nilai bobot dari masing-masing hidden layer [21]. *Pseudo code* akan ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Algoritma *Backpropagation*

Pseudo code backpropagation
While error < galat error atau maksimum epoch < nilai epoch
For i=1:data
Hitung jaringan, $z_{in_j} = \sum_{i=1}^n x_i v_{ij} + v_{oj}$
Hitung setiap elemen pada hidden layer, $Z_j = \frac{1}{1+e^{-z_{in_j}}}$
Hitung jaringan yang menuju output layer, $y_{in_k} = \sum_{j=1}^n Z_j w_{jk} + w_{ok}$
Hitung nilai output, $Y_k = \frac{1}{1+e^{-y_{in_k}}}$
Hitung faktor koreksi error, $\delta_k = (T_k - Y_k)f'(Y_k)$

Hitung koreksi bobot elemen output, $\Delta w_{jk} = \alpha \delta_k z_j$
Hitung koreksi bias output, $\Delta w_{ok} = \alpha \delta_k$
Hitung semua koreksi error, $\delta_{in_j} = \sum \delta_k w_{jk}$
Hitung nilai aktivasi koreksi error, $\delta_j = \delta_{in_j} f'(z_{in_j})$
Hitung koreksi bobot elemen hidden, $\Delta v_{ij} = \alpha \delta_j x_i$
Hitung koreksi error bias elemen hidden, $\Delta v_{oj} = \alpha \delta_j$
Update bobot pada elemen output, $w_{jk}(\text{baru}) = w_{jk}(\text{lama}) + \Delta w_{jk}$
Update bias pada elemen output, $w_{ok}(\text{baru}) = w_{ok}(\text{lama}) + \Delta w_{ok}$
Update bobot pada elemen hidden, $v_{ij}(\text{baru}) = v_{ij}(\text{lama}) + \Delta v_{ij}$
Update bias pada elemen output, $v_{oj}(\text{baru}) = v_{oj}(\text{lama}) + \Delta v_{oj}$
End
Hitung error dengan MSE
end

Dimana x_i merupakan elemen input ke-i, z_j adalah elemen hidden layer ke-j, Y_k merupakan elemen output ke-k, v_{ij} adalah bobot jaringan antara *input layer* dan *hidden layer*, v_{oj} merupakan bias jaringan antara *input layer* dan *hidden layer*, w_{ij} adalah bobot jaringan antara *hidden layer* dan *output*, w_{ok} merupakan bias jaringan antara *hidden layer* dan *output*, α adalah *learning rate*, δ merupakan *error*, dan T_k adalah vektor hasil yang diinginkan.

2.5. Mean Absolute Percentage Error (MAPE)

MAPE adalah metode untuk mengevaluasi hasil peramalan. MAPE menghasilkan nilai kesalahan berupa persen [22]. Rumus MAPE dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$MAPE = \frac{\sum \left| \frac{y_i - \check{y}_i}{y_i} \right| (100\%)}{n} \quad (3)$$

Dimana y_i merupakan data asli ke-i, \check{y}_i merupakan data peramalan ke-i, dan n merupakan jumlah data.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan data sekunder, yaitu data permintaan pelayanan kapal tunda dari bulan Januari 2019 – Mei 2022 yang di bedakan menjadi 3 jenis kapal yaitu, kapal kecil, sedang, dan besar. Pedoman klasifikasi panjang kapal terdapat pada Tabel 1. Tabel permintaan kapal tunda yang telah diklasifikasikan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Data permintaan pelayanan kapal tunda

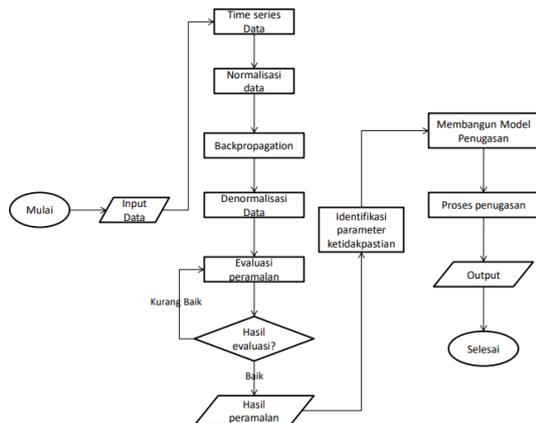
Bulan	Jenis kapal		
	Kecil	Sedang	Besar
Januari 2019	2036	437	52
Februari 2019	2293	415	46
...
Mei 2022	1890	418	30

Penelitian ini melalui 2 tahap, yaitu peramalan dan optimasi. Pada tahap peramalan data terlebih dahulu di normalisasi menggunakan Persamaan (1). Kemudian data dijadikan *time series* untuk mengetahui pola data. Selanjutnya data dibagi menjadi 2 yaitu, data latih dan data uji. Pada tahap peramalan *backpropagation* parameter pengujian adalah arsitektur jaringan. Perhitungan peramalan dapat dilihat pada Tabel 2. Kemudian hasil peramalan di evaluasi dengan menggunakan rumus MAPE pada Persamaan (3). Setelah didapatkan nilai MAPE yang diinginkan, langkah selanjutnya adalah mengidentifikasi parameter ketidakpastian. Hal tersebut penting dikarenakan merupakan kunci dalam mengembangkan model yang sedekat mungkin dengan kondisi sebenarnya [21]. Penelitian ini menggunakan waktu antar kedatangan dan durasi pelayanan sebagai parameter ketidakpastian.

Hasil peramalan dan parameter ketidakpastian kemudian dimasukkan kedalam teori antrian untuk mengetahui tingkat optimalisasi pada kapal tunda dengan membangun beberapa skenario. Skenario yang dibuat adalah sebagai berikut:

1. Skenario 1 yaitu, 11 kapal tunda dioperasikan setiap hari
2. Skenario 2 yaitu, 12 kapal tunda dioperasikan setiap hari
3. Skenario 3 yaitu, 13 kapal tunda dioperasikan setiap hari

Setelah dibangun skenario model dievaluasi dengan menggunakan metode penugasan. Hasil evaluasi akan menunjukkan banyaknya antrian yang menunggu, lama waktu tunggu, dan tingkat kesibukan dari masing-masing kapal tunda. Gambar 3 menunjukkan alur penelitian.



Gambar 3. Flowchart Peramalan dan Optimasi Kapal Tunda

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tahap awal penelitian adalah pengumpulan data, kemudian diolah menjadi data *time series* untuk mengetahui pola data, selanjutnya dinormalisasi dan dibagi menjadi 2, yaitu data latih dan data uji. Data latih digunakan sebagai proses pembelajaran jaringan untuk mengetahui pola data,

kemudian dilakukan proses pengujian data untuk mengetahui evaluasi peramalannya.

Tabel 4. (a) Data *Time Series* kapal kecil. (b) Data *Time Series* kapal sedang. (c) Data *Time Series* kapal besar

	Data/ke	X1	X2	...	X12	Target
(a)	1	2036	2293	...	2144	2092
	2	2293	2564	...	2092	2044

	29	2128	2266	...	2360	1890
(b)	1	437	415	...	468	442
	2	415	467	...	442	421

	29	402	448	...	481	418
(c)	1	52	46	...	66	66
	2	46	54	...	66	48

	29	46	47	...	32	30

Tabel 5. (a) Data Normalisasi kapal kecil. (b) Data Normalisasi kapal sedang. (c) Data Normalisasi kapal besar

	Data/ke	X1	X2	...	X12	Target
(a)	1	0.3107 05	0.6462 14	...	0.4516 97	0.3838 12
	2	0.6462 14	1	...	0.3838 12	0.3211 49

	29	0.4308 09	0.6109 66	...	0.7336 81	0.1201 04
(b)	1	0.6748 47	0.5398 77	...	0.8650 31	0.7055 21
	2	0.5398 77	0.8588 96	...	0.7055 21	0.5766 87

	29	0.4601 23	0.7423 31	...	0.9447 85	0.5582 82
(c)	1	0.5925 93	0.4814 81	...	0.8518 52	0.8518 52
	2	0.4814 81	0.6296 3	...	0.8518 52	0.5185 19

	29	0.4814 81	0.5	...	0.2222 22	0.1851 85

Tabel 5 merupakan kelanjutan proses dari Tabel 4. Terdapat variable X1 sampai X12 yang menunjukkan pola data diambil dari 12 data pertama. Kemudian variable target di dapat dari data selanjutnya, yaitu data ke 13, dan seterusnya.

Data normalisasi kemudian diproses menggunakan metode *backpropagation* untuk melakukan peramalan. Parameter yang digunakan untuk mengetahui model terbaik jaringan adalah arsitektur jaringan. *Hidden layer* yang digunakan dalam penelitian ini berjumlah satu. Jumlah node adalah parameter pengujiannya. Jumlah node didapat dengan *trial error* berdasarkan jumlah node di beberapa penelitian terdahulu.

Tabel 6. Hasil evaluasi peramalan

Jenis Kapal	Arsitektur			MAPE
	Input	Jumlah Node	Output	
Kecil	12	3	1	4.9765
	12	10	1	1.5601
	12	28	1	4.9816
	12	45	1	6.444
Sedang	12	3	1	1.6856
	12	10	1	2.4666
	12	28	1	6.4251
	12	45	1	10.8802
Besar	12	3	1	8.9749
	12	10	1	11.1385
	12	28	1	28.0198
	12	45	1	49.1205

Arsitektur terbaik dapat diketahui dengan melihat nilai MAPE terkecil. Pada Tabel 6 terlihat bahwa, untuk kapal kecil arsitektur terbaik adalah 12-10-1 dengan nilai MAPE 1.5601. Sedangkan pada kapal sedang 12-3-1 merupakan arsitektur terbaik dengan nilai MAPE 1.6856. Kemudian pada kapal besar arsitektur terbaik adalah 12-3-1 dengan nilai MAPE 8.9749. Hasil peramalan dapat dilihat pada Tabel 7.

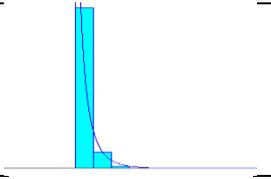
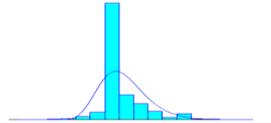
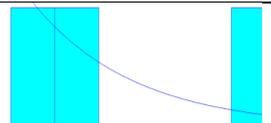
Tabel 7. Hasil peramalan permintaan pelayanan kapal tunda Tahun 2023

Bulan	Jenis kapal			Rata-rata
	Kecil	Sedang	Besar	
Januari	2193	451	47	897
Februari	2141	439	48	876
Maret	2144	435	49	876
April	2143	431	48	874
Mei	2179	438	49	888.7
Juni	2215	431	51	899
Juli	2162	421	50	877.7
Agustus	2172	427	49	882.7
September	2141	432	49	874
Oktober	2176	430	50	885.3
November	2160	428	50	879.3
Desember	2130	431	49	870
Rata-rata	2163	432.8	49.1	881.6

Berdasarkan Tabel 7 permintaan pelayanan terbanyak oleh kapal kecil dan besar terjadi pada bulan Juni dengan masing-masing sebanyak 2215 dan 51 permintaan, kemudian untuk kapal sedang permintaan terbanyak terjadi pada bulan Januari dengan jumlah permintaan mencapai 451. Sedangkan, permintaan terkecil pada kapal kecil terjadi pada bulan Februari dan September dengan jumlah permintaan 2141, kemudian permintaan terkecil dari kapal sedang terjadi pada bulan Juli dengan permintaan sebanyak 421, dan permintaan terkecil pada kapal besar terjadi pada bulan Januari dengan jumlah permintaan sebanyak 47.

Berdasarkan Tabel 6 Evaluasi peramalan dari ketiga kapal tersebut menghasilkan nilai MAPE dibawah 10%. Artinya dapat dikatakan hasil peramalan sangat baik, sehingga proses optimalisasi pada kapal tunda dapat lanjut ke tahap 2. Hasil identifikasi parameter waktu antar kedatangan dan waktu durasi layanan menggunakan data historis, masing-masing dapat dilihat pada Tabel 8 beserta hasil peramalan yang telah dilakukan.

Tabel 8. (a) Waktu antar kedatangan. (b) Waktu pelayanan. (c) Hasil peramalan tahun 2023

	Data Summary	Grafik
(a)	Distribusi: Weibull Rata-rata (Jam) : 0.313 Minimal (Jam) : 0.00 Maximal (Jam) : 23.5	
(b)	Distribusi: Lognormal Rata-rata (Jam) : 0.633 Minimal (Jam) : 0.00 Maximal (Jam) : 3.17	
(c)	Distribusi: Exponential Rata-rata (Unit) : 882 Minimal (Unit) : 47 Maximal (Unit) : 2215	

Hasil identifikasi parameter ketidakpastian dan hasil peramalan kemudian dimasukkan pada model penugasan dengan menerapkan skenario yang telah dibangun. Penelitian ini menggunakan *software Arena* untuk melihat model penugasan yang optimal. Hasilnya akan menunjukkan rata-rata waktu tunggu antrian, jumlah antrian, dan tingkat kesibukan pada kapal tunda. Skenario dikatakan optimal ketika rata-rata waktu tunggu antrian dan jumlah antrian rendah, sedangkan rata-rata tingkat kesibukan kapal tunda tinggi [7]. Hasil penugasan dengan menerapkan skenario yang telah dibuat dapat dilihat pada Tabel 9 dan Tabel 10.

Berdasarkan Tabel 9 dan Tabel 10 hasil penugasan optimal diperoleh dengan menerapkan skenario 3. Dapat dilihat pada Tabel 9 nilai rata-rata antrian serta waktu tunggu yang dihasilkan pada skenario 3 lebih baik dibandingkan dengan skenario 1 dan 2. Skenario 3 menghasilkan nilai rata-rata antrian 8 dengan waktu tunggu 21 menit. Tingkat kesibukan pada kapal tunda paling tinggi diperoleh dari skenario 3 dengan mengoperasikan 13 kapal tunda.

Tabel 9. Rata-rata Antrian dan Waktu Tunggu

Skenario ke-	1	2	3
Antrian	17	14	8
Waktu Tunggu (menit)	61	42	21

Tabel 10. Rata-rata tingkat kesibukan Kapal Tunda (dalam persen)

Skenario ke-	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13
1	13	17	14	13	12	97	12	15	15	11	14	-	-
2	17	15	19	17	15	96	19	17	14	14	12	23	-
3	22	27	18	24	20	95	23	21	19	28	16	34	21

Berdasarkan hasil penelitian di atas dapat disimpulkan bahwa model penugasan optimal adalah dengan mengoperasikan 13 kapal tunda. Pengoperasian 13 kapal tunda setiap hari dapat meminimumkan jumlah antrian dan waktu tunggu antrian. Saat ini perusahaan mengoperasikan 12 kapal tunda, dengan menambah 1 kapal tunda setiap harinya perusahaan akan mencapai optimal dalam pelayanan kapal tunda untuk tahun depan.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, metode *backpropagation* dapat dengan baik melakukan peramalan permintaan pelayanan kapal tunda yang di klasifikasikan menjadi 3, yaitu kapal kecil, sedang, dan besar. Arsitektur terbaik untuk permintaan kapal kecil adalah 12-10-1, dengan nilai MAPE 1.5601. Sedangkan permintaan pada kapal sedang memperoleh nilai MAPE sebesar 1.6856 dengan arsitektur 12-3-1. Kemudian permintaan kapal besar dengan arsitektur 12-3-1 dengan nilai MAPE sebesar 8.9749. Permintaan penundaan pada kapal kecil terbanyak pada bulan November dengan permintaan sebanyak 2215. Kemudian permintaan penundaan kapal sedang terbanyak pada bulan Juni dengan permintaan sebanyak 451. Kemudian permintaan penundaan pada kapal besar terbanyak pada bulan November dengan permintaan sebanyak 51. Rata-rata permintaan penundaan kapal untuk kapal kecil, sedang, dan besar masing-masing adalah 2166, 434, 49. Menambah 1 unit kapal tunda menjadi 13 kapal tunda untuk beroperasi setiap harinya dapat diperoleh optimalisasi pelayanan kapal tunda dengan jumlah antrian sedikit dan lama waktu tunggu relatif singkat, serta tingkat kesibukan pada kapal tunda yang tinggi.

Dalam penelitian ini parameter uji coba pada tahap peramalan hanya menggunakan jumlah node yang terdapat pada hidden layer. Pada penelitian selanjutnya dapat menambahkan parameter uji coba seperti yang dilakukan oleh Nur Azizah et al. yang menambahkan *learning rate* sebagai parameter uji coba [23].

DAFTAR PUSTAKA

[1] D. Haryadi, “Studi Potensi Dan Teknologi Energi Laut Di Indonesia,” *J. Online Mhs. Bid. Tek. Elektro*, vol. 1, no. 1, 2019.
 [2] M. N. Prasetya, “Membangun Kembali Budaya Maritim Indonesia: Melalui Romantisme Negara (Pemerintah) dan Civil Society,” *J. PIR Power Int. Relations*, vol. 1, no. 2, pp. 176–187, 2018.

[3] M. F. Syarifuddin, M. A. Musadieg, and E. Yulianto, “Pentingnya Pelabuhan Tanjung Perak Bagi Perekonomian Jawa Timur (Studi pada PT. PELINDO III Tanjung Perak Surabaya),” *J. Adm. Bisnis*, vol. 35, no. 1, 2016.
 [4] L. Zou, Z. Zou, and Y. Liu, “CFD-based predictions of hydrodynamic forces in ship-tug boat interactions,” *Ships Offshore Struct.*, vol. 14, no. sup1, pp. 300–310, 2019.
 [5] Y. VINA, “Prosedur Pelayanan Jasa Penundaan Kapal Oleh Kt. Jayanegara 308 Di Pt. Pelindo Marine Service Tanjung Perak Surabaya,” *KARYA TULIS*, 2019.
 [6] S. Zuhri, S. Anwar, and A. Adriyanto, “Tata Kelola Pelayaran Di Alur Pelayaran Barat Surabaya (APBS) Guna Mendukung Tugas Operasi Koarmada II,” *Strateg. Pertahanan Laut*, vol. 5, no. 2, 2020.
 [7] A. Ramadanti, D. C. R. Novitasari, I. Wijaya, V. T. P. Swindiarto, and W. Utami, “Optimization Of Tug Services In Tanjung Perak Port Using Assignment Model Based On Forecasting Results Of Tug Services,” *BAREKENG J. Il. Mat. Ter.*, vol. 16, no. 1, pp. 263–270, 2022.
 [8] J. Zeng, D. Wang, G. Zhang, Y. Yu, and Z. Cai, “Passenger-to-Car Assignment Optimization Model for High-Speed Railway with Risk of COVID-19 Transmission Consideration,” *Math. Probl. Eng.*, vol. 2021, 2021.
 [9] A. Sindar and R. N. Zendrato, “Optimasi Penugasan Pegawai Menggunakan Metode Hungarian,” *J. Innov. Inf. Technol. Appl. Nomor*, vol. 1, pp. 16–24, 2019.
 [10] F. A. S. Rifa and E. Yuliawati, “Optimalisasi Pengiriman Semen Curah Melalui Jalur Laut Menggunakan Algoritma Transportasi dan Penugasan,” *J. Teknol. dan Manaj.*, vol. 2, no. 1, pp. 7–12, 2021.
 [11] T. P. Lillicrap, A. Santoro, L. Marris, C. J. Akerman, and G. Hinton, “Backpropagation and the brain,” *Nat. Rev. Neurosci.*, vol. 21, no. 6, pp. 335–346, 2020.
 [12] E. Siregar, H. Mawengkang, E. B. Nababan, and A. Wanto, “Analysis of Backpropagation Method with Sigmoid Bipolar and Linear Function in Prediction of Population Growth,” in *Journal of Physics: Conference Series*, 2019, vol. 1255, no. 1, p. 12023.
 [13] M. Thoriq, “Peramalan Jumlah Permintaan Produksi Menggunakan Jaringan Saraf Tiruan Algoritma Backpropagation,” *J. Inf. dan*

- Tekno.*, vol. 1, no. 2, pp. 27–32, 2022.
- [14] G. Airlangga, A. Rachmat, and D. Lapihu, “Comparison of exponential smoothing and neural network method to forecast rice production in Indonesia,” *TELKOMNIKA (Telecommunication Comput. Electron. Control.*, vol. 17, no. 3, pp. 1367–1375, 2019.
- [15] S. Hardjono, “Analisa Daya Mesin Dan Bollard Pull Kapal Tunda Untuk Kapal Peti Kemas Post-Panamax Di Pelabuhan Kalibaru,” *War. Penelit. Perhub.*, vol. 28, no. 3, pp. 158–170, 2018.
- [16] D. A. Nasution, H. H. Khotimah, and N. Chamidah, “Perbandingan Normalisasi Data untuk Klasifikasi Wine Menggunakan Algoritma K-NN,” *CESS (Journal Comput. Eng. Syst. Sci.*, vol. 4, no. 1, pp. 78–82, 2019.
- [17] Revaldo W. Sondakh, Sarah Sambiran, and Alfon Kimbal, “Optimalisasi Dinas Perdagangan Dalam Meningkatkan Pendapatan Asli Daerah Kota Bitung,” *J. Eksek.*, vol. 3, no. 3, p. 3, 2019.
- [18] N. Priandila, “Penerapan Metode Backpropagation Untuk Memprediksi Jumlah Sampah (Studi Kasus: DLH Kab. Langkat),” in *Seminar Nasional Informatika (SENATIKA)*, 2022, vol. 6, no. 3, pp. 906–918.
- [19] S. P. Siregar and A. Wanto, “Analysis of artificial neural network accuracy using backpropagation algorithm in predicting process (forecasting),” *IJISTECH (International J. Inf. Syst. Technol.*, vol. 1, no. 1, pp. 34–42, 2017.
- [20] F. D. N. Fitri, A. P. Kusuma, and S. N. Budiman, “Implementasi Algoritma Backpropagation Untuk Memprediksi Penjualan Keripik (Studi Kasus: Rumah Industri Keripik Age Enak),” *JATI (Jurnal Mhs. Tek. Inform.*, vol. 6, no. 2, pp. 782–789, 2022.
- [21] R. M. Firzatullah, “Menggunakan Sistem Pendukung Keputusan Penentuan Uang Kuliah Tunggal Universitas XYZ Menggunakan Algoritma Backpropagation,” *PETIR*, vol. 14, no. 2, pp. 170–180, 2021.
- [22] V. Kusuma, A. Privadi, A. L. S. Budi, and V. L. B. Putri, “Photovoltaic power forecasting using recurrent neural network based on bayesian regularization algorithm,” in *2021 IEEE International Conference in Power Engineering Application (ICPEA)*, 2021, pp. 109–114.
- [23] A. Nur Azizah, D. C. R. Novitasari, P. K. Intan, F. Setiawan, and G. I. Permata Sari, “Prediction of Salinity Based on Meteorological Data Using the Backpropagation Neural Network Method,” *Indones. J. Mar. Sci. Kelaut.*, vol. 26, no. 3, 2021.