

Analisis Pelayanan Tambat Kapal Terhadap Antrian di Terminal Peti Kemas Pelabuhan Tanjung Priok Dengan Pendekatan Algoritma Sequential Searching

Sita Anisiah Sholihah¹, Wahyono Bimarso², Nadaa Haniyah³

^{1,2}Institut Transporatasi dan Logistik Trisakti, Jakarta, Indonesia

Email: ¹nadaahaniyah@gmail.com

Abstrak. Lama waiting time kapal di Pelabuhan Tanjung Priok dengan rata-rata lama pelayanan kapal di Terminal mencapai 0,50 jam untuk kapal pengangkut barang dalam negeri dan 0,46 jam untuk kapal pengangkut barang luar negeri. Dengan pendekatan Algoritma Sequential Searching dengan pembuatan model menggunakan aplikasi simulasi Arena bertujuan untuk mengetahui model simulasi apa yang dapat mengoptimalkan pelayanan tambat kapal sehingga dapat meminimalkan waktu tunggu kapal dalam antrian menggunakan pendekatan untuk mencari ukuran kapal yang dapat sandar ke tiga tambatan pada terminal petikemas pelabuhan tanjung priok sehingga pelayanan tambat kapal dapat optimal. Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan masih tidak optimalnya pelayanan tambat kapal terhadap kapal kecil dengan rata-rata sebesar 153,61 jam, dan masih terjadi waktu tunggu yang tinggi dengan sebesar dengan rata-rata 52,59 jam, dan setelah dilakukan model simulasi untuk pelayanan tambat kapal terdapat penurunan rata-rata waktu pelayanan dari 47,47 jam menjadi 29,72 jam yakni sebesar 37,37%. Penurunan waktu tersebut menandakan bahwa simulasi yang digunakan untuk penambatan dengan 3 tambatan optimal.

Kata kunci: Antrian, Sequential Searching, Simulasi Arena, Tambat.

Abstract. The length of waiting time for ships at Tanjung Priok Port with an average length of service for ships at the Terminal reaches 0.50 hours for ships carrying domestic goods and 0.46 hours for ships carrying goods abroad. With the Sequential Searching approach algorithm with a manufacturing model using the Arena simulation application, the aim is to find out what simulation model can optimize mooring ships so that they can find ship waiting times in the queue using an approach to find ship sizes that can be used at the Tanjung Priok port container terminal so that ship mooring services can be optimal. Based on the analysis carried out it is still not optimal for mooring services for small ships with an average of 153.61 hours, and there is still a high waiting time with an average of 52.59 hours, and after a simulation model for mooring services has been carried out there is a decrease in the average service time from 47.47 hours to 29.72 hours, which is 37.37%. The decrease in time indicates that the simulation used for tethering with 3 moorings is optimal.

Keywords: Queue, Sequential Searching, Arena Simulation, Mooring.

1. PENDAHULUAN

Transportasi laut menjadi transportasi utama dibidang perdangan yang merupakan salah satu sarana transportasi yang sangat murah dibandingkan moda transportasi lainnya dan dapat meningkatkan kegiatan ekspor dan impor serta perdagangan domestic. Angkutan barang yang dilakukan melalui moda transportasi laut menjadi lebih efisien sehingga peran pelabuhan dan dermaga. Terminal Pelabuhan merupakan sistem dinamis yang kompleks yang memiliki elemen penghubung sehingga bisa dikatakan sebagai peran penting dalam rantai transportasi laut karena efisiennya yang menjadikan pelabuhan untuk bertahan dalam dunia pelayaran yang kompetitif (Al-Refaie & Abedalqader, 2021).

Pelabuhan Tanjung Priok merupakan pelabuhan terbesar di DKI Jakarta yang dikelola oleh PT. Pelabuhan Indonesia (Persero) Regional 2 Cabang Tanjung Priok (PT. Pelindo II). Terdapat kenaikan jumlah arus kunjungan kapal di seluruh terminal peti kemas pada tahun 2020 mencapai 11.876 unit dan tahun 2021 mencapai 12.457 unit, maka perlu ditunjang dengan penyedia fasilitas yang memadai. Salah satu fasilitas yang berpengaruh untuk menunjang terminal pelabuhan adalah dermaga.

Kepadatan pada aktivitas pelayanan kapal fasilitas pendukung seperti dermaga harus bisa memuat kapal yang masuk sehingga tidak terjadinya antrian pada kapal, antrian yang panjang dapat membawa dampak pada sektor wilayah dengan tertahannya bahan pokok yang dibawa untuk di distribusikan.. Adanya antrian kapal dapat mengakibatkan tingginya waktu tunggu (waiting time), lama waiting time kapal di Pelabuhan Tanjung Priok dengan rata-rata lama pelayanan kapal di Terminal mencapai 0,50 jam untuk kapal pengangkut barang dalam negeri

dan 0,46 jam untuk kapal pengangkut barang luar negeri. Proses penyandaran kapal di Pelabuhan Tanjung Priok menggunakan pola First Come First Served, namun masih ada beberapa jenis kapal yang harus dilayani terlebih dahulu seperti ukuran kapal yang lebih kecil masih dalam antrian maka pelayanan pada kapal tersebut akan didahulukan jika ukuran kapal mencukupi dengan lokasi tempat bertambat sehingga tidak perlu menunggu dalam antrian, prinsip tersebut dikatakan Service Priority (Damastuti & Aisjah, 2015). Service Priority juga dapat dilakukan apabila suatu agen telah memiliki dermaga pelabuhan sendiri, maka kapal tersebut akan dilayani untuk tambat terlebih dahulu.

Kedatangan kapal secara bersamaan dan acak membuat permasalahan yang timbul dalam pelabuhan merupakan masalah yang kompleks sehingga perlu adanya perencanaan pada lokasi dermaga dengan menggunakan suatu algoritma genetika. Algoritma genetika yang dipakai merupakan metode algoritma sequential searching untuk meminimalkan waktu pelayanan dalam pencarian ukuran kapal yang tambat sehingga pelayanan tambat kapal dapat optimal dan mengurangi adanya antrian di pelabuhan. Pelayanan tambat dapat terlihat optimal dibantu dengan simulasi Arena.

2. LANDASAN TEORI

Pelabuhan

Berdasarkan Undang - Undang No. 17 tahun (2008), “Pelabuhan adalah tempat yang terdiri atas daratan dan/atau perairan dengan batas-batas tertentu sebagai tempat kegiatan pemerintahan dan kegiatan pengusahaan yang dipergunakan sebagai tempat kapal bersandar, naik turun penumpang, dan/atau bongkar muat barang, berupa terminal dan tempat berlabuh kapal yang dilengkapi dengan fasilitas keselamatan dan keamanan pelayaran dan kegiatan penunjang pelabuhan serta sebagai tempat perpindahan intra-dan antarmoda transportasi”. Pelabuhan juga bisa diartikan sebagai suatu lingkungan kerja terdiri dari area daratan dan perairan dilengkapi dengan fasilitas tempat berlabuh dan bertambatnya kapal, untuk terlaksananya bongkar muat serta turun naiknya penumpang, dari suatu moda transportasi laut (kapal) ke moda transportasi lainnya atau sebaliknya (Mandi, 2015, p.5).

Dermaga

Triatmodjo (2009, p.195) mendefinisikan bahwa dermaga adalah bangunan di pelabuhan yang digunakan untuk merapat dan bertambatnya kapal yang akan melakukan bongkar muat barang dan menaik turunkan penumpang. Bentuk dan dimensi dermaga tergantung pada jenis dan ukuran kapal yang bertambat pada dermaga. Di belakang dermaga terdapat apron dan fasilitas jalan. Apron merupakan daerah yang terletak diantara sisi dermaga dan sisi depan gudang (pada terminal barang umum) atau container yard (pada terminal petikemas) yang terdapat

pengalihan kegiatan kaal ke keiatan angkutan darat (kereta api, truk).

Pelayanan Kapal

Menurut Triatmodjo, (2009, p.375) waktu pelayanan kapal dibedakan menjadi dua, yaitu waktu kapal berada di perairan dan waktu kapal bersandar di tambatan, dengan komponen sebagai berikut.

1. Postpone time (PT) yaitu waktu tertunda selama kapal berada di perairan pelabuhan antara lokasi lego jangkar dari sebelum sampai sesudah melakukan kegiatan di pelabuhan.
2. Waiting time (WT) atau waktu tunggu. Waktu dimana kapal menunggu datangnya bantuan pandu dan kapal tunda untuk masuk ke pelabuhan samai bertambat di dermaga.
3. Approach time (AT) atau waktu pelayanan pemanduan merupakan waktu yang diperlukan kapal mulai dari lepas jangkar sampai mengikat tali di dermaga dan sebaliknya.

Service time atau waktu pelayanan di tambatan merupakan waktu yang dihitung sejak ikat tali di tambatan sampai lepas tali, dengan komponen sebagai berikut.

1. Turn Round Time (TRT) atau waktu pelayanan kapal merupakan jumlah waktu selama kapal berada di pelabuhan dihitung mulai kapal tiba di lokasi lego jangkar luar perairan sampai kapal berangkat menuju lokasi lego jangkar.
2. Not Operating Time (NOT) atau waktu tidak bekerja, seperti waktu istirahat waktu menunggu buruh, waktu persiapan bongkar muat dan persiapan kapal berangkat.
3. Effective time (ET) atau waktu efektif merupakan jumlah waktu sebenarnya yang digunakan untuk kegiatan bongkar muat.
4. Idle time (IT) atau waktu terbuang merupakan jumlah waktu yang tidak terpakai selama waktu bongkar muat di tambatan dan tidak termasuk jam istirahat.
5. Berth Working Time (BWT) merupakan waktu kerja bongkar muat selama kapal di tambatan.
6. Berthing Time (BT) atau jumlah waktu tambat merupakan waktu selama kapal berada di tambatan mulai kapal ikat tali sampai lepas tali di tambatan.

Tambat

Tambatan dalam buku Manajemen Kepelabuhananan (2009, p. 22) adalah bangunan fasilitas pelabuhan untuk meraptnya atau sandar kapal, dapat terbuat dari beton, besi/kayu, pelampung, breashting dolphin, maupun pinggir pantai.

Algoritma Sequential Searching

Algoritma Sequential Searching juga dikenal sebagai pencarian linear atau linear search yang merupakan algoritma

pencarian sederhana di mana pencariannya dilakukan secara berurutan (Markuci & Prianto, 2022). Proses pencarian menurut Markuci & Prianto (2022) adalah sebagai berikut.

1. Melakukan perbandingan data satu per satu secara berurutan dalam suatu kumpulan data menggunakan kata kunci yang akan dicari.
2. Pencarian yang dilakukan secara berulang dari data pertama hingga jumlah data ke-n.
3. Setiap pengulangan pencarian, perbandingan data ke-i dicocokkan sesuai data yang dicari.
4. Apabila adanya kecocokan data sesuai dengan kata kunci yang dicari maka data berhasil ditemukan, namun sebaliknya apabila tidak ada kecocokan sampai data terakhir maka data tidak ditemukan.



Gambar 1 Contoh Pencarian Pada Sequential Searching

Model dan Simulasi Sistem

Model merupakan sebuah analogi atau deskripsi yang ditujukan untuk membantu menggambarkan atau memvisualisasikan sesuatu yang tidak dapat diamati secara langsung (Mahessya et al., 2017). Simulasi merupakan sebuah proses perancangan model dari suatu sistem nyata dengan melakukan percobaan terhadap model dan hasil dari percobaan-percobaan terhadap model dievaluasi sehingga nantinya dapat dilakukan peniruan dengan menggunakan software atau program komputer perilaku sistem nyata (realitas) yang dapat meningkatkan kinerja sistem (Yogaswara, MT, 1960).

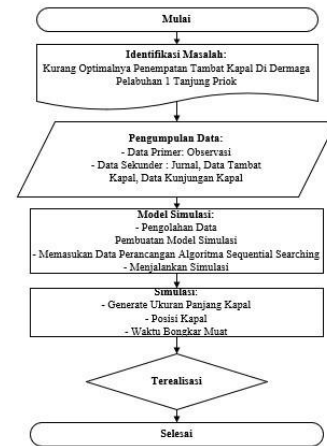
Simulasi ARENA

Simulasi ARENA sebuah program untuk menyusun model dan simulator, ARENA adalah simulasi diskrit yang produksi oleh Rockwell Software, software ini menggunakan graphic user interface dimana memungkinkan pemodel untuk menempatkan modul workspace untuk mewakili aktivitas atau peristiwa yang berbeda melalui entitas atau objek model yang bergerak maupun berinteraksi (Faizal, 2011).

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini bersifat deskriptif kuantitatif dengan sumber data yang diambil menggunakan data primer dan sekunder. Data primer diperoleh dengan mengadakan observasi langsung di dermaga terminal petikemas dan data sekunder diperoleh dari jurnal, data perusahaan terkait berupa laporan bulanan maupun tahun. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pelayanan tambat kapal dengan adanya antrian di terminal petikemas Pelabuhan Tanjung Priok selama satu tahun kerja. Untuk mengetahui pelayanan tambat kapal maka perlu untuk melihat

kriteria pola kedatangan, pelayanan, dan model antrian yang terjadi. Setelah mengetahui model antrian yang terjadi maka diperoleh nilai ukuran pelayanan tambat yang terjadi. Adapun langkah-langkah yang dilakukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut.



Gambar 2 Bagan Alur Penelitian

Metode penelitian yang dilakukan menggunakan metode kuantitatif yang dapat dilihat pada gambar 1. Dalam pelayanan kapal ada hal yang dipertimbangkan sesuai dengan sistem dan prosedur yang ada yaitu pola pelayanan tambat yang menyesuaikan dengan FCFS (First Come First Serve) dengan service priority mengingat perlu adanya jarak aman kapal dalam bermanuver (safety clearance) saat kapal ingin melakukan sandar di dermaga dengan 3 tambatan yaitu pada kade 103, kade 104, dan kade 105 pada terminal petikemas. Adapun sampel yang diambil dalam penelitian ini sejumlah 51 jenis kapal petikemas dari 1.030 unit kunjungan kapal petikemas di dermaga umum terminal petikemas pada tahun 2021.

Ada lima kegiatan yang dilakukan kapal dalam memasuki pelabuhan sesuai dengan prosedur yang ditetapkan oleh pihak pengelola pelabuhan. Sebelum kapal datang ke pelabuhan, agen kapal perlu memberitahukan pihak pengelola pelabuhan dengan beberapa dokumen perizinan, setelah divalidasi kapal masuk memasuki alur pelayanan menggunakan jasa pandu dengan kapal pandu dan ditarik atau didorong oleh kapal tunda dari rede (tempat parkir) hingga dermaga maupun sebaliknya dan menunggu hingga ada dermaga yang kosong untuk melakukan sandar di dermaga untuk melakukan kegiatan bongkar muat hingga kapal meninggalkan dermaga atau keluar dari kolam dermaga.

Dengan pendekatan menggunakan Algoritma Sequential Searching bertujuan untuk mengoptimalkan waktu tambat kapal sehingga waktu pelayanan dapat terminalisasi dan memastikan total pelayanan tambat sudah di terminal petikemas sudah sesuai dengan SK Direktur Jendral Perhungan laut bahwa standar kinerja untuk bongkar muat barang yaitu GC/UN/CC/CK = 40/50/125/100 (T/G/J). Adapun untuk menganalisis pelayanan

tambat kapal memerlukan parameter yang digunakan dalam pengoptimalan waktu pelayanan kapal dirumuskan ke dalam persamaan berikut.

$$Z_{min} = \sum_{i=1}^n (T1 + T2 + T3 + T4) \dots (1)$$

Keterangan :

Zmin = Waktu minimal pelayanan kapal
T1 = Waktu kedatangan kapal di tempat parkir kapal (rede)
T2 = Waktu penetapan sandar
T3 = Waktu kapal bongkar muat
T4 = Waktu kapal keluar perairan pelabuhan

Variabel yang digunakan dalam perancangan sequential searching ini menggunakan variabel lama waktu perjalanan kapal ketika kapal dipandu oleh kapal pandu dengan persamaan sebagai berikut.

$$t = \sqrt[3]{\frac{2 \times m \times s^2}{0,7 \times P}} \dots (2)$$

Keterangan:

t = Waktu tempuh kapal dari tempat parkir/rede ke tambatan (detik)
m = Bobot kapal (GRT) (Kg)
s = Jarak dari tempat parkir/rede ke tambatan (m)
P = Tenaga kuda kapal tunda yang menarik/mendorong/menempel pada kapal (KWatt).

Dimana terdapat karakteristik berdasarkan ukuran kapal, yaitu:

- 1) Kapal Kecil dengan LOA 70 – 150 meter dengan 1 kapal tunda.
- 2) Kapal Sedang dengan LOA 151-250 meter dengan 2 kapal tunda.
- 3) Kapal besar dengan LOA > 250 m dengan 3 kapal tunda.

Dua parameter digunakan untuk menganalisis waktu tambat kapal dan dilanjutkan dengan pembuatan model untuk simulasi. Model simulasi yang digunakan yaitu simulasi ARENA 16.0 (Student Version) agar dapat mengoptimalkan waktu tambat kapal sehingga waktu pelayanan dapat terminalisasi. Simulasi ini dilakukan dengan pemograman komputer menggunakan bantuan software ARENA, rancangan yang berawal pembuatan design interface untuk menampilkan proses kapal tambat sehingga perencanaan alokasi tambat dapat merencanakan kapal yang akan dilayani untuk penempatan tambat di dermaga serta tujuan dari terpantaunya pencarian dermaga yang kosong dan antrian kapal dapat diketahui. Langkah-langkah yang dilakukan untuk simulasi ini antara lain sebagai berikut.

1. Pengolahan data yang dirangkum menjadi 3 data waktu yaitu waktu proses selama kapal sandar, waktu tempuh jarak dari kolam labuh ke dermaga, waktu optimal

pelayanan kapal dengan medeskripsikan sistem yang ada.

2. Pembuatan desain model konseptual berupa konseptual berupa Rich Picture Diagram (RPD), relevant system, dan entity process.
3. Pembuatan tahap model simulasi dengan menggunakan algoritma pencarian yang diurutkan berdasarkan jenis kapal dan sistem antrian yang diterapkan. rancangan model yang diinput sesuai struktur dari hasil olah data memiliki Batasan yaitu panjang kapal dan panjang dermaga.
4. Melakukan verifikasi dan validasi, dilakukan implementasi model untuk memastikan program berjalan lancar tanpa adanya error, mengenerate pelayanan waktu antar pelayanan tambat kapal, dan membandingkan data hasil perhitungan matematis sesuai model simulasi.
5. Menjalankan simulasi, ketika sudah di running ke dalam aplikasi, tampilan model simulasi akan berjalan sesuai dengan arus kedatangan kapal dan proses tambat yang ada di dermaga.

Adapun penggunaan modul yang dipakai dalam model simulasi ARENA yaitu:

1. Modul Create, mendefinisikan kedatangan kapal berdasarkan dua ukuran kapal yaitu kapal kecil dan sedang.
2. Modul Process, mendefinisikan kegiatan kapal masuk dari kolam labuh menuju dermaga dan kegiatan tambat.
3. Modul Decide, menggambarkan arah pergerakan kapal yang datang dari kolam labuh ke dermaga, modul decide ini digunakan untuk pengambilan keputusan.
4. Modul Hold, digunakan untuk menahan kapal untuk menunggu kapal di dalam untuk melakukan kegiatan tambat di tiga tambatan.
5. Modul Signal, digunakan untuk menandakan dan memberikan sinyal jalan terhadap modul hold sebagai antrian kapal yang menunggu atau tertahan.
6. Modul Dispose, menggambarkan kapal keluar dari dermaga sehingga modul yang digunakan adalah keluar kapal

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kegiatan Operasional Terminal Petikemas Pelabuhan Tanjung Priok

Armada kapal yang berkunjung di Terminal Operasi II Peti Kemas kade 103, kade 104, kade 105 pada tahun 2021 mulai bulan januari hingga desember mencapai 527 kapal, dengan rata-rata kedatangan kapal sebesar 1,5 unit kapal. Kunjungan kapal ini sangat menentukan jumlah tambatan dermaga yang diperkirakan mampu melayani tingkat kedatangan kapal sehingga tidak terjadinya antrian kapal di pelabuhan dan penggunaan dermaga di Terminal dapat optimal.

Dari banyaknya kedatangan kapal di seluruh terminal pelabuhan tanjung priok, selalu ada kapal pandu dan kapal tunda yang akan memandu, manarik/mendorong seluruh jenis kapal. Kapal pandu dan kapal tunda selalu tersedia untuk dipergunakan pada seluruh kapal di dermaga Pelabuhan Tanjung Priok.

A. Analisis

Analisis Waktu Tambat Saat Ini

Berdasarkan analisis waktu tambat saat ini dari jumlah 51 kapal tambat didapati hasil total waktu tambat selama 2.421,02 jam dengan rata-rata waktu proses selama 47,47 jam dan standar deviasi sebesar 26,76.

Tabel 1: Waktu Tambat Saat Ini

Kapal Ke-	Nama Kapal	GRT	LOA	Waktu Tambat Kapal	Waktu Tunggu Kapal Dalam Antrian
1	TMS GLORY.KM EX ASIAN GLORY	4951	113	24,89	35,58
2	ORIENTAL PACIFIC. MV	6088	127.73	19,41	8,46
3	KM. ARMADA SERASI	5320	120.6	4,06	6,25
4	MINAS BARU.KM EKS BO YUAN FA	5526	119.99	47,18	46,41
5	MV. SPIL RATNA EX ZHEJIAOJI 887	6504	120	41,61	70,83
6	KM. HIJAU SEGAR EKS KM. MAJALA	7970	133.18	75,57	17,85
7	KM. TELUK BINTUNI EKS HONG PU 59	4365	114.3	45,56	54,75
8	KM. VERTIKAL	5569	118.1	33,36	63,83
9	ORIENTAL JADE. KM EKS. EURUS BERN	18000	176.57	81,98	54,91
10	KM. VERIZON EX. HUB ENZO	11788	145.88	51,84	76
11	KM. HIJAU SAMUDRA	15179	166.67	153,61	9,16
12	PRATIWI SATU	2983	96.85	32,04	62,16
13	ARMADA PERMATA. MV	9210	129.1	22,50	94,88
14	MV. SPIL CAYA	35998	231	78,33	17,83
15	KM HIJAU JELITA EKS PAC NATUNA	8890	135.8	26,47	126,91
16	LUZON EKS SANNE	12027	157	48,00	157,16
17	PAHALA . KM*	2995	95.9	29,04	165,5
18	KABONGA BARU II. KM	2207	79.07	41,24	37,66
19	MAGELLAN	2996	95.9	31,34	29,41
20	KM. SPIL RENATA EKS DZ58	6673	119.9	44,29	86,83
21	KM. SPIL RUMI	6504	120	25,95	34,98
22	ORIENTAL EMERALD. KM EKS. SHIMA	13448	159.53	81,26	26,83
23	SPIL NINGSIH	25709	208.31	53,07	89,33
24	KM. ORIENTAL DIAMOND EX MV.SPIRIT OF PIRAEUS	26047	195.6	62,41	30,66
25	KM. ORIENTAL GOLD EKS SILVER FERN	13310	161.85	49,79	34,5
26	ORIENTAL SILVER. KM EKS. SUMIDA	13456	159.53	49,03	49,41
27	TELUK BERAU. KM	4374	114.3	49,39	37,66
28	SPIL NISAKA	25630	207.42	99,46	48,66
29	AKASHIA. KM^	2979	95.9	32,67	74,58
30	KM. SELILI BARU EKS BO YUAN DA	5526	119.99	55,68	2,01
31	SPIL CITRA	35981	231	90,50	38,83
32	KM. PULAU LAYANG	6285	120.98	25,26	60,83
33	FATIMA	4369	105.35	33,39	34,25
34	DERAJAT. KM**^	2979	95.9	28,77	106,16
35	BALI SANUR. KM*	2997	97	32,04	53,58
36	KM. SPIL NIRMALA	26638	211.85	98,96	52,33
37	KM. PULAU HOKI EX. HONGPU 65	6285	120.98	39,76	58,16
38	SPIL NITA EKS. HARALD	25371	207.41	69,82	30,75
39	KM. ORIENTAL GALAXY EX MV.SINAR TANJUNG	17613	182.83	85,97	54,66
40	SPIL RAHAYU	6726	119.9	42,83	48,81

41	ARMADA SEGARA. KM EKS TIGER OCEAN	5320	120.6	43,53	45
42	FORTUNE. KM EX. CHANGXIN 22	2979	95.9	29,54	39,83
43	KM FATIMA II	3837	100.75	22,32	40,41
44	SPIL RETNO EKS ZHEJIAOJI 875	6726	117.5	34,83	54,3
45	ORIENTAL SAMUDRA. KM	6040	127.73	60,24	72,83
46	PRATIWI RAYA. KM*	2998	96.85	26,37	66,5
47	LINTAS MAHAKAM. KM	3212	99.8	29,24	39
48	BALI KUTA. KM	2997	96.5	29,04	32,25
49	BALI AYU	2995	97	22,67	31,16
50	LINTAS 18. KM*	1998	85.32	27,87	12,5
51	MV ARMADA SEJATI	6093	114	57,04	59,43
TOTAL WAKTU TAMBAT 51 JENIS KAPAL (JAM)				2.421,02	2682,56
RATA-RATA WAKTU TAMBAT (JAM)				47,47	52,59
STANDAR DEVIASI				26,76	33,72

Seperti yang tertera dengan tabel 2, waktu tambat kapal yang terjadi di terminal petikemas memiliki waktu penambatan yang tidak optimal terjadi pada kapal KM. HIJAU SAMUDRA dengan LOA (Length Over All) kapal sepanjang 166,67 meter dan GRT (Gross Register Tonnage) sebesar 15.179 ton, menghasilkan waktu tambat yaitu selama 153,61 jam.

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan pada model antrian M/M/S sebelum pembuatan model simulasi, masih adanya waktu tunggu kapal dalam antrian yang saat ini masih terjadi yaitu digambarkan di dalam tabel 2. Menjelaskan bahwa dari adanya kedatangan 51 kapal yang tambat masih terdapat adanya waktu tunggu dalam antrian kapal dengan total waktu tunggu sebesar 2.682,56 jam dan rata-rata waktu tunggu selama 52,59 jam. Dari 51 kapal yang akan tambat dengan 3 tambatan di kade 103, kade 104, dan kade 105 terdapat waktu tunggu yang tinggi pada kedatangan kapal PAHALA KM* yaitu kapal yang berukuran kecil dengan panjang kapal 95,9 meter sebesar 52,59 jam lamanya waktu tunggu dalam antrian.

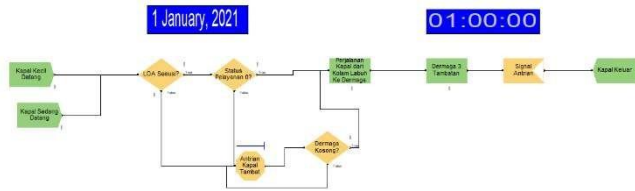
Penyebab tidak optimalnya waktu penambatan dan untuk meminimalkan waktu tunggu kapal yang tinggi, maka diperlukannya penggunaan kapal pandu dan kapal tunda tidak maksimal, agar menjadi optimal waktu penambatan kapal maka diperlukannya pemaksimalan penggunaan kapal pandu tunda. Saat ini ketersediaan kapal tunda ada sebesar 19 kapal tunda dan kapal pandu yang tersedia sebanyak 7 kapal pandu, dimana jumlah ketersediaan kapal pandu ini menyesuaikan dengan ukuran kapal dan berat muatan kapal yang diangkut serta horse power (HP) pada masing-masing daya mesin kapal tersebut. Maka dari itu, pengguna jasa diperlukannya peningkatan penggunaan utilitas terhadap pemakaian kapal pandu tunda untuk membantu penyandaran kapal.

B. Model Simulasi

Model Tambat Kapal Menggunakan Sequential Searching

Untuk mendapatkan hasil yang maksimal dalam memodelkan tambat kapal menggunakan sequential searching yakni mengurangi lama waktu tunggu kapal dengan memastikan waktu tambat sesuai dengan standar yang berlaku sehingga pelayanan dapat optimal.

123



Gambar 2: Model ARENA Untuk 3 Tambatan

Desain model pada gambar 2 menjelaskan bahwa modul kedatangan kapal disesuaikan dengan dua modul create dengan dua tipe kapal ukuran kecil dan sedang, dilanjutkan dengan modul decide untuk keputusan terhadap kesesuaian LOA (Length Over All) kapal yang dikur dengan batas ukuran LOA kapal kecil dan kapal sedang. Jika LOA sesuai maka masuk ke tahap Status Pelayanan Kapal berupa modul decision untuk menentukan kapal yang belum dilayani dapat masuk ke kolam labuh untuk tambat atau tidak, kapal yang tidak sesuai masuk ke antrian pada modul hold untuk menunggu dalam antrian dan akan berjalan dengan bantuan modul signal, dan menuju ke modul keputusan untuk pengecekan pada dermaga kosong, jika kapal LOA sesuai dan dapat ditemukan dermaga kosong maka kapal akan lanjut memproses untuk melakukan perjalanan kapal dari kolam labuh ke dermaga dan akan melakukan penambatan jika kapal yang sedang tambat sudah keluar yang menandakan tersedianya dermaga yang kosong untuk tambat.

Berikut adalah input analisis yang dimasukkan ke dalam simulasi:

1. Type Module: Create

Tabel 2: Deskripsi Modul Create

Name	Entities per Arrival	Entity Type	Expression	Type	Units	Value	First Creation	Max Arrival
Kapal Kecil Datang	1	Muat	1	Constant	Days	1	0.0	37
Kapal Sedang Datang	1	Tidak Muat	UNIF(1, 2)	Constant	Days	1	0.01	14

2. Type Module: Decide

Tabel 3: Deskripsi Modul Decide

Name	If	Is	Named	Percent True	Row	Type	Value
LOA Sesuai?	2 Way- By Condition (Entity Type)	>=	Attribute1, muat, Variable 1	50	1	If	1
Status Pelayanan 0?	2 Way- By Condition (Expression)	>=	Attribute 1, Entity 1, Variable 1	99	1	If	Dermaga 3 Tambatan.WIP == 0
Dermaga Kosong?	2 Way- By Condition (Expression)	>=	Attribute 1, Entity 1, Variable 1	99	1	If	Dermaga 3 Tambatan.WIP == 0

3. Type Module: Process

Tabel 4: Deskripsi Modul Process

Name	Allocation	Type	Action	Delay Type	Expression	Max	Min	Std. Dev	Units	Value
Dermaga 3 Tambatan	Value Added	Standard	Delay	Normal	POIS(2.14)	40	30	13.3	Hours	22.4
Perjalanan Kapal dari Kolam Labuh Ke Dermaga	Value Added	Standard	Delay	Normal	1	1.5	.5	0.32	Hours	1.7

4. Type Module: Hold

Tabel 5: Deskripsi Modul Hold

Name	Attribute Name	Type	Report Statistics	Shared	Type	Queue Type	Wait For Value
Antrian Kapal Tambat.Queue	Attribute 1	Wait For Signal	Yes	No	FIFO	Queue	1

5. Type Module: Signal

Tabel 6: Deskripsi Modul Signal

Name	Signal Value
Signal Antrian	1

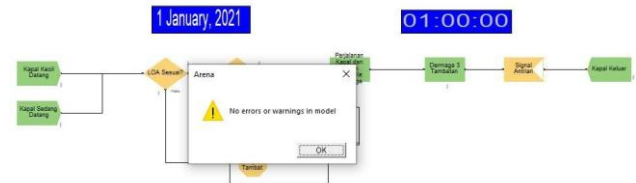
6. Type Module: Dispose

Tabel 7: Deskripsi Modul Dispose

Name	Record Entity Statistics
Kapal Keluar	Yes

Verifikasi Model Simulasi

Verifikasi dilakukan untuk menguji dan mengecek model ada atau tidaknya error dalam model simulasi pada software ARENA dengan mempresentasikannya keadaan nyata atau valid. Gambar 3 merupakan hasil dari verifikasi model simulasi.



Gambar 3: Verifikasi Model Simulasi ARENA

Pada gambar 3 terlihat bahwa model simulasi Arena untuk pelayanan tambat dengan 3 tambatan di dermaga dapat diverifikasi karena tidak terdapat adanya error dalam menjalankan model simulasi.

Analisis Waktu Tambat Kapal Dengan Sequential Searching

Dari model menggunakan simulasi ARENA dengan metode Sequential Searching, maka dihasilkan 51 kedatangan kapal dengan waktu pelayanan yang dihasilkan total sebesar 1.515,83 jam dengan rata-rata sebesar 29,7 jam tergambarkan pada tabel 2.

Tabel 8: Waktu Tambat Kapal Sequential Searching

Kedatangan Kapal Ke-	LOA	Waktu Pelayanan
1	176,57	17,60
2	127,73	1,53
3	145,88	6,60
4	166,67	23,97
5	231	9,53
6	79,07	34,60
7	120,98	48,17
8	157	16,23
9	159,53	22,68
10	114,3	27,63

11	96,85	37,53
12	195,6	38,58
13	161,85	13,35
14	100,75	21,65
15	208,31	30,45
16	95,9	9,90
17	182,83	27,82
18	95,9	29,67
19	96,5	36,40
20	195,6	33,98
21	97	47,85
22	207,41	16,18
23	135,8	37,83
24	159,53	44,70
25	207,4	70,80
26	96,85	25,88
27	85,32	29,92
28	211,85	43,02
29	97	71,40
30	113	27,42
31	120,6	72,08
32	95,9	44,50
33	129,1	15,72
34	114,3	37,93
35	120,6	48,50
36	99,8	27,28
37	127,73	13,02
38	119,99	8,48
39	95,9	19,72
40	120	2,33
41	105,35	24,47
42	114	45,32
43	117,5	12,70
44	120,6	45,02
45	95,9	12,77
46	119,9	40,57
47	120,98	39,05
48	119,9	14,88
49	133,18	30,27
50	118,1	34,37
51	119,99	23,98
Total Waktu (Jam)		1515,83
Rata-Rata (Jam)		29,72
Standar Deviasi		16,52

Validasi Model Simulasi

Validasi model simulasi dilakukan untuk menguji model yang telah dibuat merupakan penggambaran model yang akurat dari sistem nyata. Validasi dilakukan dengan membandingkan output dari simulasi dengan output simulasi sistem nyata.

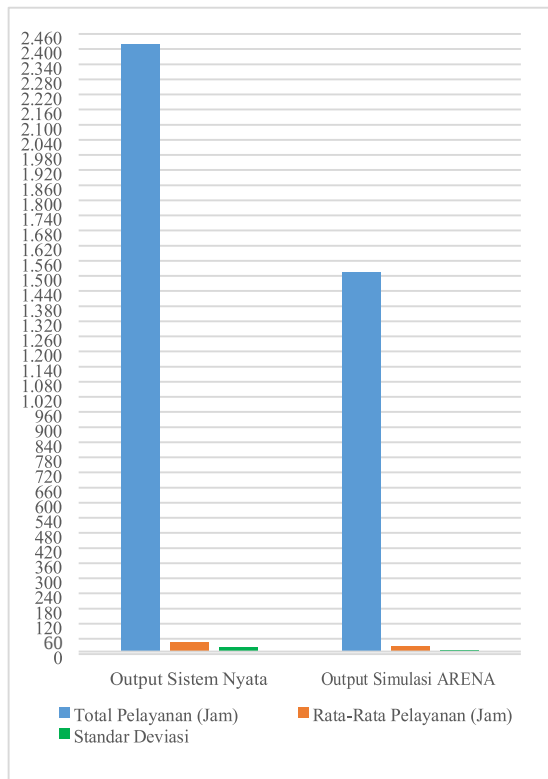
Berdasarkan tabel 3 dapat diketahui bahwa total pelayanan penambatan kapal dengan 3 tambatan sebelum simulasi dijalankan sebesar 2.421,02 jam, dengan rata-rata waktu sebesar 47,47 jam dan standar deviasi sebesar 26,76. Sedangkan total pelayanan penambatan kapal dengan 3 tambatan setelah simulasi dijalankan didapati hasil total pelayanan sebesar 1.515,83 jam dengan rata-rata waktu sebesar 29,72 jam dan standar deviasi sebesar 16,52.

Tabel 9: Perbandingan Output Simulasi Dengan Sistem Nyata

Kedatangan Kapal Ke-1	Waktu Pelayanan Sebelum Simulasi Dijalankan	Waktu Pelayanan Setelah Simulasi Dijalankan
1	24,89	17,60
2	19,41	1,53
3	4,06	6,60
4	47,18	23,97
5	41,61	9,53
6	75,57	34,60
7	45,56	48,17
8	33,36	16,23
9	81,98	22,68
10	51,84	27,63
11	153,61	37,53
12	32,04	38,58
13	22,50	13,35
14	78,33	21,65
15	26,47	30,45
16	48,00	9,90
17	29,04	27,82
18	41,24	29,67
19	31,34	36,40
20	44,29	33,98
21	25,95	47,85
22	81,26	16,18
23	53,07	37,83
24	62,41	44,70
25	49,79	70,80
26	49,03	25,88
27	49,39	29,92
28	99,46	43,02
29	32,67	71,40
30	55,68	27,42
31	90,50	72,08
32	25,26	44,50
33	33,39	15,72
34	28,77	37,93
35	32,04	48,50
36	98,96	27,28
37	39,76	13,02
38	69,82	8,48
39	85,97	19,72
40	42,83	2,33
41	43,53	24,47
42	29,54	45,32
43	22,32	12,70
44	34,83	45,02
45	60,24	12,77
46	26,37	40,57
47	29,24	39,05
48	29,04	14,88
49	22,67	30,27
50	27,87	34,37
51	57,04	23,98
Total Pelayanan (Jam)	2.421,02	1.515,83
Rata-Rata Pelayanan (Jam)	47,47	29,72
Standar Deviasi	26,76	16,52

Dari dua perbandingan output berdasarkan sistem nyata dan simulasi menunjukkan terjadi adanya penurunan didapati hasil sebesar 37,39% adanya penurunan waktu pelayanan yang

menandakan bahwa pelayanan tambat kapal optimal seperti yang terlihat pada gambar 4.



Gambar 4: Perbandingan Output

5. SIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis waktu tambat pada saat ini dan dengan dilakukan perbandingan melakukan model simulasi waktu tambat dengan simulasi ARENA pada terminal petikemas Pelabuhan Tanjung Priok yang telah dijabarkan, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil penelitian dengan model antrian M/M/S pada pola First Come First Serve dengan service priority, tingkat pelayanan di terminal petikemas Pelabuhan Tanjung Priok semakin meningkatnya kedatangan kapal maka akan menyebabkan penambatan kapal tidak optimal dengan ditandai adanya waktu tambat kapal yang masih cukup tinggi yaitu dari total waktu tambat 51 jenis kapal selama 2.421,02 jam dengan rata-rata waktu proses selama 47,47 jam dan standar deviasi sebesar 26,76. Waktu tunggu kapal dalam antrian yang tinggi masih terjadi di terminal petikemas dengan 3 tambatan di dermaga pelabuhan Tanjung Priok menghasilkan rata-rata waktu tunggu sebesar 52,59 jam dan waktu tunggu tertinggi sebesar 165,5 jam yang terjadi pada ukuran kapal kecil.

2. Pembuatan model tambat kapal dengan simulasi ARENA menggunakan Algoritma Sequential Searching ini adalah bertujuan untuk mengoptimalkan waktu tambat kapal sehingga waktu pelayanan dapat terminalisasi dan dapat terlihat hasilnya perbedaan dari sebelum melakukan model simulasi dan setelah adanya model simulasi.
3. Model sistem dengan simulasi ARENA untuk proses pelayanan tambat kapal dengan 3 tambatan di terminal petikemas pelabuhan Tanjung Priok sebelum dilakukan model simulasi dan setelah dilakukan model simulasi menggunakan simulasi Arena terjadi penurunan rata-rata waktu pelayanan dari 47,47 jam menjadi 29,72 jam. Penurunan waktu sebesar 37,39% tersebut menandakan bahwa simulasi yang digunakan untuk penambatan 3 tambatan sudah optimal

DAFTAR PUSTAKA

- (Persero), P. P. I. I. (2009). Manajemen Kepelabuhanan (Sebuah Ringkasan Referensi Seri Kepelabuhanan) (II). PT. Pelabuhan Indonesia (Persero). <https://pdfcoffee.com/seri01-manajemen-kepelabuhananpdf-free.html>
- Al-Refaie, A., & Abedalqader, H. (2021). Optimal berth allocation under regular and emergent vessel arrivals. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part M: Journal of Engineering for the Maritime Environment*, 235(2), 642–656. <https://doi.org/10.1177/1475090220937888>
- Damastuti, N., & Aisjah, A. S. (2015). Simulasi Penjadwalan Kapal Tambat Untuk Pencapaian 'Zero Waiting Tim E' Di Dermaga Jamrud Utara Dengan Optimasi Algoritma "Sequential searching." 1(1). <https://doi.org/https://doi.org/10.31090/narodroid.v1i1.10>
- Faizal. (2011). Simulasi Crossdock Menggunakan Software Arena [Universitas Indonesia]. [https://lib.ui.ac.id/file?file=digital/20300060-T30340-Simulasi crossdock.pdf](https://lib.ui.ac.id/file?file=digital/20300060-T30340-Simulasi%20crossdock.pdf)
- Mahessya, R. A., Mardianti, L., & Sovia, R. (2017). Permodelan dan Simulasi Sistem Antrian Pelayanan Pelanggan Menggunakan Metode Monte Carlo Pada PT Pos Indonesia (Persero) Padang. *Jurnal Ilmu Komputer*, 7, 107–118. <http://jik.http.ac.id>
- Mandi, N. B. R. (2015). PELABUHAN Perencanaan dan Perancangan Konstruksi Bangunan Laut dan Pantai (S. M. Me. Dr.Eng. Ni Nyoman Pujianiki (ed.)). Buku Arti. <http://erepo.unud.ac.id/id/eprint/3312/1/9942c633972a8ee59b634b57b8f86bfa.pdf>
- Markuci, D., & Prianto, C. (2022). Analisis Perbandingan Penggunaan Algoritma Sequential Search dan Binaru Search Pada Aplikasi Surat Perjalanan Dinas. *JATI(Jurnal*

- Mahasiswa Teknik Informatika), 6(1), 110–119.
<https://doi.org/https://doi.org/10.36040/jati.v6i1.4569>
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomo 17 Tahun 2008
Tentang Pelayaran, (2008).
- Triatmodjo, B. (2009). Perencanaan Pelabuhan. Beta Offset
Yogyakarta.
<https://ebooktekniksipil.files.wordpress.com/2014/05/cvlp-erencanaan-pelabuhan.pdf>
- Yogaswara, MT, I. Y. (1960). Simulasi dengan arena 10.0 1. 1–
30. <https://studylib.net/doc/25415082/teori-dan-konsepsimulasi-dengan-arena-10>