

Mobilisasi Penjaga Suar dan Penentuan Rute Kapal Distrik Navigasi Kelas I Surabaya Dengan Simulasi Diskrit

Abdul Hakim^{1*}, A.A Bagus Dinariyana D.P²

Sekolah Interdisiplin dan Manajemen Teknologi (SIMT-ITS)
Jl.Cokroaminoto No.12A, Surabaya
6032221008@mhs.its.ac.id
* corresponding author

INFO ARTIKEL

doi: **10.350587/Matrik
v24i2.6987**

Jejak Artikel : (diisi editor)

Upload artikel
18 Desember 2023
Revisi
27 Februari 2024
Publish
31 Maret 2024

Kata Kunci :

Discrete Event Simulation,
Jadwal Petugas, Perawatan
SBNP, Rute Kapal

ABSTRAK

Kapal Negara Distrik Navigasi Kelas I Tanjung Perak Surabaya, selain difungsikan sebagai kapal yang merawat Sarana Bantu Navigasi Pelayaran (SBNP) juga digunakan untuk mobilisasi penjaga Menara suar yang berada di wilayah kerjanya. Kondisi ideal sesuai ketentuan dari Direktorat Kenavigasian adalah setiap kapal harus berlayar minimal 118 hari pertahun. Akan tetapi dikarenakan keterbatasan anggaran bahan bakar minyak (BBM) kondisi ideal tersebut belum dapat tercapai. Penelitian ini dilakukan dengan analisa Discrete Event Simulation pada beberapa pilihan rute yang sudah ada, sehingga diperoleh rute yang dapat dijadikan acuan dalam hal operasional kapal yang memenuhi batasan yang ada seperti kebutuhan BBM, air tawar dan sesuai dengan jadwal jaga petugas di tiap menara suar. Dari hasil penelitian didapatkan bahwa skenario rute III adalah rute ideal yang memenuhi batasan BBM dan tingkat okupasi kapal berlayar

ABSTRACT

State Ship of Navigation Distrik Class I Tanjung Perak Surabaya, apart from functioning as a ship that maintains Shipping Navigation Aids (SBNP), is also used to mobilize beacon tower guards in its working area. The ideal condition according to the provisions of the Directorate of Navigation is that each ship must sail a minimum of 118 days per year. However, due to the limited fuel oil (BBM) budget, these ideal conditions cannot be achieved. This research was carried out using Discrete Event Simulation analysis on several existing route options, so that a route can be obtained that can be used as a reference in terms of ship operations that meets existing constraints such as fuel requirements, fresh water and is in accordance with the guard schedule of officers at each beacon tower. From the research results, it was found that route III scenario is the ideal route that meets fuel limits and the level of occupancy of sailing vessels



1. Pendahuluan

Kantor Distrik Navigasi kelas I Tanjung Perak Surabaya adalah salah satu Unit Pelayanan Teknis (UPT) yang berada di bawah jajaran Kementerian Perhubungan, Direktorat Jenderal Perhubungan Laut. Sesuai Peraturan Menteri Perhubungan No. 19 Tahun 2022 tentang Organisasi dan Tata Kerja Distrik Navigasi, Distrik Navigasi Kelas I Tanjung Perak mempunyai klasifikasi sebagai Distrik Navigasi Type A yang mempunyai tugas pokok yaitu : Melaksanakan tugas kenavigasian dan pengawasan sebagian penyelenggaraan kenavigasian yang dilaksanakan oleh instansi pemerintah lainnya dan badan usaha.

Untuk mendukung tugas pokok tersebut, maka Distrik Navigasi Kelas I Tanjung Perak dilengkapi dengan sarana dan prasarana yang terdiri dari :

1. Sarana bantu navigasi pelayaran yaitu :

a. Menara suar sebanyak 22 (dua puluh dua) unit

b. Rambu suar sebanyak 39 (tiga puluh Sembilan) unit

c. Rambu penuntun sebanyak 5 (lima) unit

d. Pelampung suar sebanyak 45 (empat puluh lima) unit

e. Lampu pelabuhan sebanyak 4 (empat) unit, dan

f. Anak pelampung sebanyak 6 (enam) unit

2. Kapal negara kenavigasian, terdiri dari :

a. 2 (dua) unit kapal induk perambuan, yaitu KN.Masalembo dan KN.Bimasakti Utama. Kapal induk perambuan mempunyai fungsi utama untuk melakukan perawatan Sarana Bantu Navigasi Pelayaran (SBNP) serta pengiriman logistik dan mengantarkan pegawai untuk pergantian penjaga menara suar.

b. 2 (dua) unit kapal bantu perambuan, yaitu KN.Damara dan KN.AE-209. Kapal bantu perambuan difungsikan untuk perawatan lampu suar dan pengecatan di atas air.

3. Sarana telekomunikasi pelayaran, yang terdiri dari 11 (sebelas) unit Stasiun radio pantai dan 1 (satu) unit VTS (Vessel Traffic Service).

Untuk mobilisasi pegawai dan kebutuhan mereka selama bertugas di Menara suar,

sebelumnya dilakukan melalui pengiriman dengan 2 (dua) unit armada kapal negara induk perambuan yaitu KN.Bimasakti Utama dan KN.Masalembo yang bertugas secara bergantian. Akan tetapi dikarenakan adanya pembatasan anggaran BBM yang dilakukan mulai tahun 2020 saat restrukturisasi anggaran karena pandemi Covid-19, maka saat ini yang digunakan untuk mobilisasi pegawai penjaga menara suar serta pengiriman logistik ke manara suar tersebut hanya dengan menggunakan KN.Bimasakti Utama. Hal ini dilakukan dengan pertimbangan bahwa KN.Bimasakti Utama hanya memiliki 1 (satu) buah mesin induk sehingga memiliki konsumsi bahan bakar yang lebih rendah.

Dengan adanya pembatasan anggaran BBM tersebut juga berpengaruh kepada waktu operasional kapal berlayar untuk melakukan perawatan SBNP. Dimana sebelum adanya pembatasan anggaran, setiap kapal wajib berlayar minimal selama 118 (seratus delapan belas) hari selama setahun dan melakukan perawatan SBNP untuk suatu rute existing selama 4 kali dalam setahun, akan tetapi untuk saat ini hanya bisa dilakukan perawatan SBNP dan penjemputan personil hanya 2 kali setiap tahun. Dari kondisi tersebut di atas, maka penelitian ini masuk kedalam permasalahan transportasi, karena merupakan suatu sistem yang memindahkan orang dan/atau barang yang terdiri dari tiga komponen yaitu kendaraan (peralatan), guideway (apa yang dilalui kendaraan) dan rencana operasi / prosedur lalu lintas [1]-[2].

Dari penjelasan tersebut di atas, karena tolak ukur ada pada setiap aktivitas di setiap kapal, maka pendekatan penelitian ini menggunakan kejadian diskret. Dalam simulasi kejadian diskret, sistem dimodelkan melalui serangkaian antrian dan aktivitas, dan perubahan status bergantung sepenuhnya pada munculnya kejadian secara instan [3]-[4]. Selain itu, metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah simulasi sistem deskrit, yang merupakan proses pengkodean perilaku sistem yang kompleks dalam rangkaian kejadian yang jelas [5]-[6].

Simulasi sistem diskrit biasanya digunakan untuk memantau dan memprediksi perilaku sistem saat membuat keputusan atau kebijakan [7]. Model simulasi dibuat dengan cara trial and error sedekat mungkin dengan keadaan sistem di dunia nyata, memberikan pembuat keputusan perspektif yang lebih mendalam tentang sistem untuk mengurangi waktu, biaya, dan faktor lainnya[8]-[9].

Rumusan masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini meliputi :

1. Bagaimana menentukan sebuah rute optimal untuk tiap-tiap kapal negara kelas I dan kelas II dalam melakukan kegiatan perawatan SBNP, mobilisasi penjaga menara suar dan trayek khusus saat Natal dan Lebaran?
2. Bagaimana hasil dari simulasi untuk rute existing yang memenuhi batasan yang sudah ditentukan yaitu tingkat okupasi kapal
3. Berapa kebutuhan anggaran BBM dalam satu tahun anggaran sesuai kebutuhan masing-masing kapal sesuai pola rutennya.

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan:

1. Mengidentifikasi pola penugasan kapal existing dan melakukan evaluasi kelemahan pada pola ini
2. Merumuskan skenario pola penugasan kapal yang baru
3. Menentukan skenario terbaik yang dapat dicapai dengan memperhatikan anggaran BBM yang tersedia serta okupasi waktu berlayar kapal dengan simulasi diskrit.

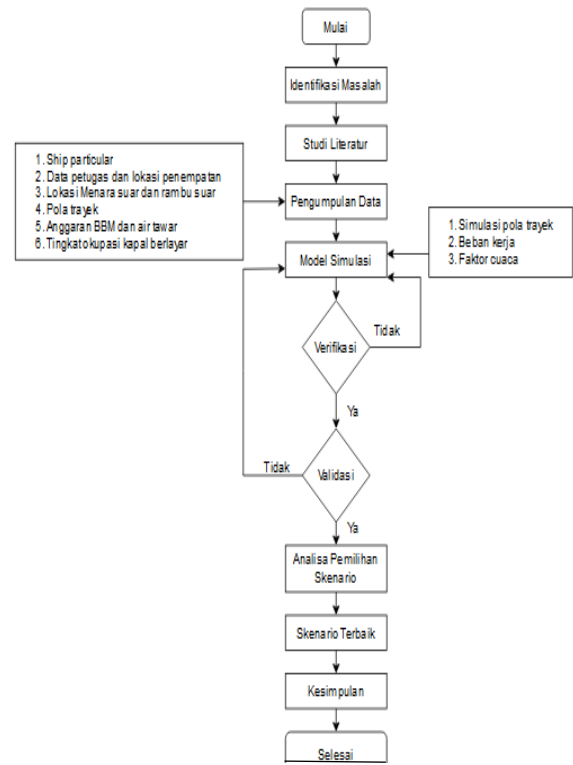
2. Metode Penelitian

Dalam penelitian ini dikembangkan sebuah metode penelitian yang dibuat secara terstruktur sehingga dapat mempermudah penulis dan pembaca memahami penelitian yang dilakukan. Pada gambar 1 menunjukkan langkah yang digunakan dalam penelitian ini. Metodologi dalam penelitian ini dilakukan secara sistematis sehingga sesuai dengan tujuan penelitian. Berikut ini adalah langkah-langkah penyelesaian dalam penelitian ini.

Identifikasi masalah.

Pada tahap ini penulis menentukan permasalahan yang terjadi dalam operasional

armada milik Distrik Navigasi Kelas I Surabaya. Identifikasi masalah penelitian dapat dilihat pada bab pendahuluan mengenai rumusan masalah



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Studi literatur

Studi literatur dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan teori dan metode yang terkait dengan simulasi. Studi literatur dilakukan dengan membaca buku, review jurnal termasuk pemahaman terhadap penelitian terdahulu yang sudah dilakukan dengan tema yang hampir sama.

Pengumpulan Data

Data yang dibutuhkan pada penelitian ini adalah :

1. Ship particular dari armada kapal yang dimiliki oleh Distrik Navigasi kelas I Surabaya
2. Data petugas dan teknisi menara suar beserta lokasi penempatan mereka
3. Lokasi SBNP (Sarana Bantu Navigasi Pelayaran) yang terdiri dari menara suar dan rambu suar di lingkungan kerja Distrik Navigasi Kelas I Surabaya
4. Pola trayek kapal sesuai dengan jadwal perawatan SBNP (Sarana Bantu Navigasi Pelayaran) dan trayek waktu tertentu
5. Anggaran bahan bakar minyak (BBM) dan air tawar dalam 1 (satu) tahun.

Konstruksi Model Simulasi

Setelah identifikasi masalah sudah jelas dan data yang dikumpulkan sudah tersedia, maka langkah selanjutnya adalah membangun sebuah model simulasi untuk pola trayek dari armada kapal tersebut. Model simulasi dikerjakan dengan software Arena. Model simulasi, seperti model analitik, memerlukan masukan untuk menghasilkan output yang diinginkan. Masukan dapat berupa variabel atau parameter [10]- [11].

Verifikasi
 Verifikasi sistem dilakukan dengan dua cara: manual verifikasi dan tes komputerisasi. Tujuan verifikasi adalah untuk memastikan bahwa model yang telah dibuat dan ditransformasikan ke dalam komputer benar. Pertama, verifikasi akan dilakukan untuk memastikan bahwa model yang dibangun sesuai dengan kondisi nyata.. Artinya model yang dibangun dibandingkan dengan kondisi nyata sesuai data yang diberikan oleh narasumber dalam hal ini adalah Nahkoda kapal dan Kepala Bidang SBNP dan Armada dari Distrik Navigasi Kelas I Surabaya. Selanjutnya, model diuji menggunakan Arena, software simulasi sistem diskrit. Software ini akan menemukan kesalahan pada model jika ada masalah. Setelah kedua metode verifikasi di atas dilakukan dan keduanya berhasil, model dapat dianggap terverifikasi [12]-[13].

Validasi

Validasi dilakukan untuk mengetahui apakah model yang dibuat mampu menggambarkan perilaku dan karakteristik sistem nyata yang diteliti dan dibahas. Ini dilakukan dengan membandingkan hasil performa sistem nyata dengan uji statistik. Jika model tidak sesuai, maka akan dilakukan analisis dan pemodelan ulang. Validasi juga bertujuan untuk memperkuat batasan dan asumsi yang digunakan serta meningkatkan keyakinan terhadap model yang dibangun [14]-[15].

Analisa Pemilihan Skenario

Tahap analisa dilakukan untuk beberapa skenario trayek yang sudah disimulasikan. Apakah dari beberapa pilihan trayek dari kapal-kapal yang beroperasi tersebut memenuhi batasan-batasan yang sudah ditentukan sebelumnya, sehingga bisa ditarik sebuah skenario terbaik berdasarkan model simulasi tersebut [16]-[17].

Skenario Terbaik

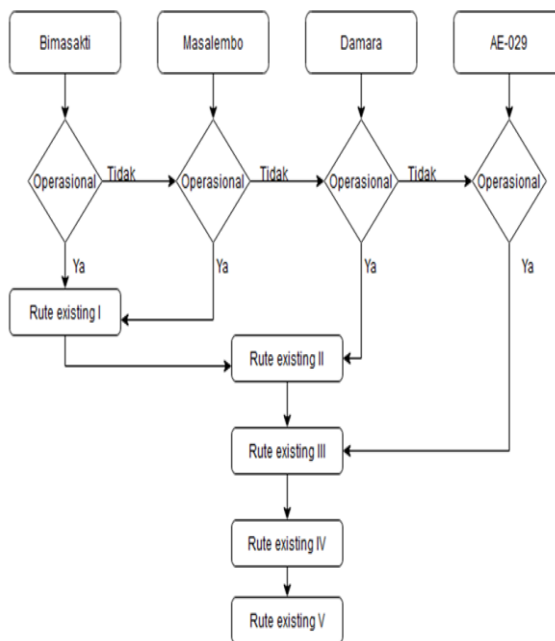
Dari hasil analisa dan pemilihan skenario yang ada dari masing-masing kapal, maka selanjutnya dipilih opsi terbaik yang sesuai dengan karakteristik masing-masing kapal.

Kesimpulan

Tahap terakhir adalah membuat kesimpulan dari masalah yang dibahas. Kesimpulan ini akan menjawab rumusan masalah dan menentukan apakah tujuan penelitian telah dicapai atau tidak..

Desain Logic Discrete Event Simulation.

Untuk menjabarkan proses simulasi dalam sistem DES tersebut, maka penulis membuat desain logic yang digunakan untuk mempermudah pemahaman bagaimana proses alur pemodelan dapat dilakukan. Skema desain logic dapat dilihat pada gambar 2 dibawah ini.



Gambar 2. Diagram desain *logic discrete event simulation*

Dari Gambar 2. diatas dapat dijelaskan alur desain logic DES adalah sebagai berikut :

- a. 2 (dua) unit kapal negara kelas I yaitu KN.Bimasakti dan KN.Masalembu didedikasikan untuk dapat melayani rute existing I secara bergantian. Rute I hanya dilayani kapal kelas I karena membutuhkan kapal yang mampu membawa logistik dan personil untuk pergantian tugas jaga. Jika salah satu kapal tidak bisa berlayar dikarenakan perawatan rutin terapung atau dock besar, maka kapal negara kelas I lainnya akan menggantikan melayani rute tersebut.

b. Kapal kelas I selain melayani rute existing I maka juga dapat melayani rute lainnya dengan pertimbangan kapal Kelas II tidak dapat melaksanakan tugasnya dikarenakan perawatan atau ada penugasan lainnya.

c. 2 (dua) unit kapal kelas II yaitu KN. Damara dan KN.AE-029 masing-masing didedikasikan untuk melayani rute existing II dan III. Dimana perawatan SBNP jika tanpa ada perawatan besar, maka dapat dilayani oleh kapal kelas II

d. Kapal kelas II dapat juga melayani rute lain yaitu untuk arus mudik lebaran, Natal dan tahun baru dengan mempertimbangkan jumlah penumpang yang diangkut dan kapasitas kapal.

Pengumpulan Data

Pada bagian ini dilakukan pengumpulan data yang meliputi ship particular, logbook, lokasi SBNP, dan pola trayek kapal, dimana data tersebut dapat dilihat pada lampiran 1 s.d lampiran 15. Sedangkan untuk anggaran BBM tahun 2022 adalah sebesar 5 milyar dengan asumsi harga BBM per liternya adalah Rp 23.000

Waktu Kapal Sandar dan Berlayar

Waktu kapal sandar diperoleh dari waktu yang dibutuhkan untuk setiap kapal melakukan kegiatan ketika ada penugasan. Jika kapal hanya melakukan perawatan dan pengecekan SBNP maka waktu yang dibutuhkan antara 2 s.d 12 jam, sedangkan jika kapal melakukan kegiatan pengiriman logistik dan mobilisasi penjaga menara suar, maka waktu yang dibutuhkan kurang lebih antara 6 s.d 30 jam.

Untuk waktu berlayar kapal tiap trayek ditentukan berdasarkan jarak tempuh dari setiap titik tujuan dalam Nautical Mile dengan Service speed kapal rata-rata adalah 8 knot. Waktu ini berbeda untuk setiap periode pada tiap pola trayek. Perbedaan ini dikarenakan faktor cuaca, beban kerja serta manuver kapal. Dengan menjumlahkan waktu berlayar dan waktu sandar maka didapatkan RTD (Round Trip Day). Tabel waktu kapal sandar untuk melakukan kegiatan di setiap titik dan waktu layar dengan data 5 periode sebelumnya berdasarkan logbook dan interview dengan Nahkoda kapal

Tabel 1. Rata-rata Waktu Berlayar Dan Waktu Sandar Pola Rute I

No	Lokasi	Jarak (mill)	Rata-rata waktu	Rata-rata waktu

			layar (jam)	sandar (jam)
1	Surabaya-Bawean	85	11	15,6
2	Bawean-Gs.Pasir	25	4	6,8
3	Gs.Pasir-Karamaian	120	16,6	11,2
4	Karamaian-Masalembo	45	5,5	22
5	Masalembo-Payangan	85	10,8	8
6	Payangan-Sapudi	13	2,1	11,6
7	Sapudi-Kr.Tembaga	7	1,05	3,9
8	Kr.Tembaga-Kalianget	15	2,5	5,4
9	Kalianget-Buoy Merah	4	0,7	3,6
10	Buoy Merah-Buoy hijau	2	0,55	2,8
11	Buoy Hijau-Pulau Raas	50	7	10
12	Pulau Raas-P.kemudi	20	2,6	7,8
13	P.Kemudi-Kr.Takat	12	2,2	3,6
14	Kr.Takat-Mamburit	24	3,5	18,8
15	Mamburit-Kemirian	17	2,4	9,3
16	Kemirian-Soibus	38	4,5	18,2
17	Soibus-Sesiil	3	0,64	4,2
18	Sesiil-Sepanjang	20	2,7	20,8
19	Sepanjang-Sekala	25	3	10,7
20	Sekala-Surabaya	222	27,8	1.200

Tabel 2. Rata-Rata Waktu Berlayar Dan Waktu Sandar Pola Rute II

No	Lokasi	Jarak (mill)	Rata-rata waktu layar (jam)	Rata-rata waktu sandar (jam)
1	Surabaya-Buoy Tardan	47	8,7	11
2	Buoy Tardan-	6	0,8	8,4



	Dharma Tanjung			
3	Dharma Tanjung-Gili Raja	30	3,85	5,2
4	Gili Raja-Gili Genteng	7	0,89	5
5	Gili Genteng-Ramsu Kr.Mas	53	6,3	5,8
6	Ramsu Kr.Mas-Buoy Luar Panarukan	36	4,2	10,6
7	Buoy luar Panarukan-Buoy Luar Probolinggo	40	4,5	9,8
8	Buoy luar Probolinggo-Buoy Merah	2	0,24	8
9	Buoy Merah-Buoy Kr.Katon	3	0,36	10,4
10	Buoy Kr.Katon-Gili Ketapang	4	0,47	4,4
11	Gili Ketapang-Karang Koko	15	1,7	3,4
12	Karang Koko-Ramsu Manila	8	0,91	8,4
13	Ramsu Manila-Ramsu Sirumpa	7	0,9	10,4
14	Ramsu Sirumpa-Surabaya	30	3,45	1.008

Untuk pola rute III dimana kegiatan perawatan yang dilakukan adalah perawatan SBNP buoy penuntun yang berada di APBS (alur pelayaran barat Surabaya), jarak total yang harus ditempuh kapal adalah 80 mill dengan waktu layar total kurang lebih 10 jam. Waktu layar dari tiap buoy menuju buoy yang lain dapat dianggap sama atau tidak ada perbedaan yang signifikan dikarenakan lokasi yang

berdekatan, sehingga variasi waktu layar dapat diabaikan Waktu sandar di tiap buoy untuk melakukan perawatan tingkat ringan antara 1-2 jam, sedangkan perawatan tingkat sedang membutuhkan waktu antara 2-3 jam

Tabel 3. Rata-Rata Waktu Sandar Pola Rute III

No	Lokasi	Rata-rata waktu sandar (jam)
1	Buoy 1	1,8
2	Buoy 2	1,4
3	Buoy 3	1,8
4	Buoy 4	1,8
5	Buoy 5	1,6
6	Buoy 6	1,6
7	Buoy 7	1,6
8	Buoy 8	2
9	Buoy 9	1,8
10	Buoy 10	2,2
11	Buoy 11	1,8
12	Buoy 12	1,8
13	Buoy 13	2,0
14	Buoy 14	1,8
15	Buoy 15	1,8
16	Buoy 16	1,8
17	Buoy 17	1,8
18	Buoy 18	1,8
19	Buoy 19	1,8
20	Buoy 20	2,0
21	Buoy 21	1,6
22	Buoy 22	1,6

Pada pola rute IV dimana ketika kapal melakukan pelayanan terhadap pemudik Lebaran, Natal dan tahun baru, waktu kapal sandar di tiap pelabuhan sudah ditetapkan kurang lebih 2 jam. Data rata-rata waktu kapal berlayar dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Waktu Kapal Sandar Dan Berlayar Pola Rute IV

No	Lokasi	Jarak (mill)	Rata-rata waktu layar (jam)	Rata-rata waktu sandar (jam)
1	Surabaya-Situbondo	165	19,4	2
2	Situbondo-Sapeken	106	11,6	2
3	Sapeken-Kalianget	122	13,7	2
4	Kalianget-Surabaya	150	16,4	2

Rute V memiliki pola trayek yang kurang lebih sama dengan rute III, dimana ada 22 (dua puluh dua) pelampung suar / buoy yang berada di sepanjang APTS (alur pelayaran timur Surabaya) yang digunakan sebagai buoy penuntun. Jarak total yang harus ditempuh untuk melakukan perawatan adalah 50 mil, sehingga total waktu layar adalah sekitar 6 jam. Waktu layar dari suatu titik buoy ke buoy yang lain dapat diabaikan karena lokasinya yang berdekatan. Waktu sandar di tiap buoy untuk melakukan perbaikan minor antara 1-2 jam, sedangkan untuk perbaikan tingkat sedang antara 2-3 jam.

Tabel 5. Rata-Rata Waktu Sandar Pola Rute V

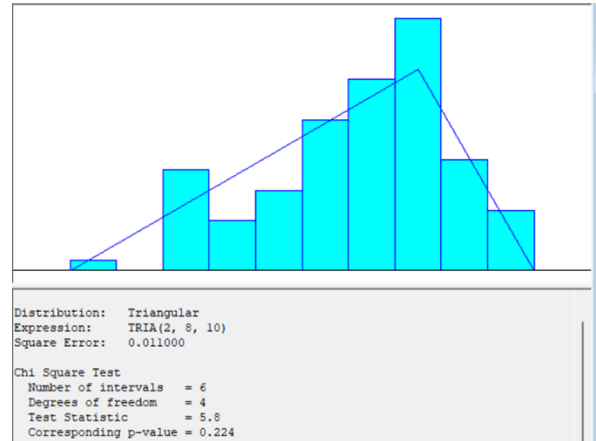
No	Lokasi	Rata-rata waktu sandar (jam)
1	Buoy 1	1,6
2	Buoy 2	2,2
3	Buoy 3	2,0
4	Buoy 4	1,6
5	Buoy 5	1,6
6	Buoy 6	1,8
7	Buoy 7	1,4
8	Buoy 8	2,2
9	Buoy 9	1,6
10	Buoy 10	2,2
11	Buoy 11	1,8
12	Buoy 12	2,2
13	Buoy 13	1,8
14	Buoy 14	1,6
15	Buoy 15	2,2
16	Buoy 16	1,6
17	Buoy 17	1,6
18	Buoy 18	2,2
19	Buoy 19	1,8
20	Buoy 20	1,4
21	Buoy 21	1,8
22	Buoy 22	1,8

Pengolahan Data

Untuk masing-masing pola rute, waktu berlayar, waktu sandar, dan kecepatan diolah untuk distribusi fitting yang akan digunakan dalam pembuatan simulasi..

Distribution Fitting pola rute I

Distribution fitting untuk pola rute I dilakukan terhadap kecepatan kapal berlayar saat menuju tiap titik tujuan. Dengan memasukan data kecepatan yang ada sebanyak 100 data pada input analyzer Arena, maka didapatkan hasil seperti dibawah ini.

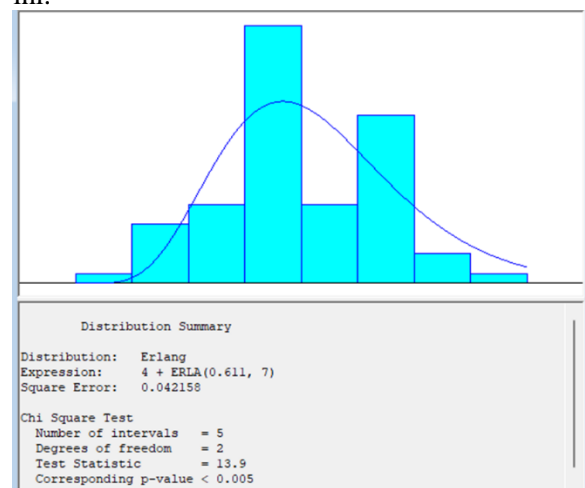


Gambar 3. Distribution Fitting Kecepatan Kapal Pola Rute I

Dari gambar diatas dapat dilihat bahwa fitting yang dihasilkan berupa distribusi Triangular sebab jenis data merupakan data kontinyu. Distribusi Triangular memiliki nilai minimum 2, mode 8 dan nilai maksimum 10. Distribusi ini memiliki square error sebesar 0,011, nilai ini lebih kecil dari 0,05 sehingga kecepatan kapal berlayar pada pola rute I dapat direpresentasikan dengan persamaan ini.

Distribution Fitting pola rute II

Untuk pola rute II, sama dengan pola rute I, dimana dilakukan distribution fitting untuk kecepatan kapal dengan data sebanyak 70 data dan didapatkan hasil seperti gambar dibawah ini.



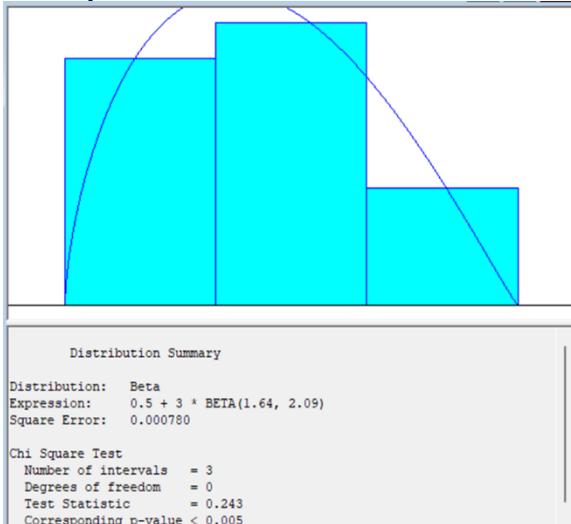
Gambar 4. Distribution Fitting Kecepatan Kapal Pola Rute II

Dari gambar diatas didapatkan bahwa fitting yang dihasilkan berupa distribusi Erlang yang ditunjukkan dengan persamaan 4+ERLA (0.611,7). Distribusi ini memiliki square error sebesar 0,042, dimana nilai ini lebih kecil dari

0,05, sehingga kecepatan kapal dapat direpresentasikan dengan persamaan ini.

Distribution Fitting pola rute III

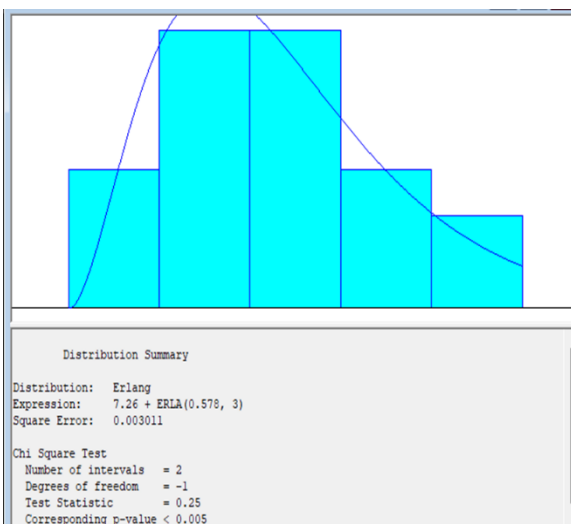
Untuk pola rute III dimana waktu layar dan kecepatan dapat diabaikan, maka distribution fitting dilakukan terhadap data pada lama waktu sandar ya berbeda-beda untuk ke-22 titik lokasi



Gambar 5. Distribution Fitting Kecepatan Kapal Pola Rute III

Distribution Fitting pola rute IV

Distribution fitting untuk pola rute IV dilakukan terhadap kecepatan kapal berlayar saat menuju tiap titik tujuan. Dengan memasukan data kecepatan sebanyak 20 data pada input analyzer Arena. Pada pola rute IV, waktu sandar kapal sudah ditentukan sebelumnya yaitu selama 2 (dua) jam untuk masing -masing titik pemberangkatan.



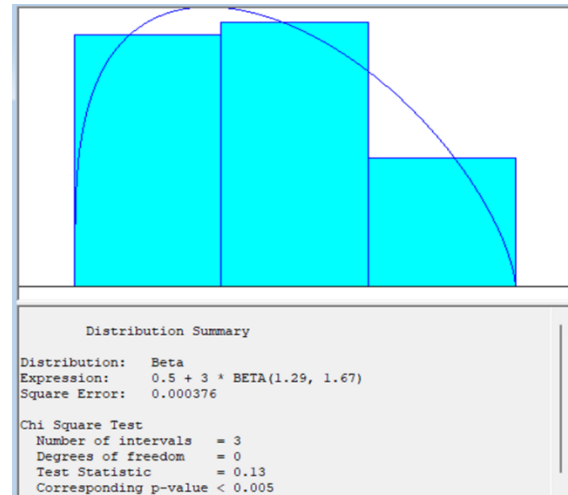
Gambar 6. Distribution Fitting Kecepatan Kapal Pola Rute IV

Dari gambar 6 diatas terlihat bahwa pola distribusi mengikuti distribusi Erlang dengan

persamaan yang ditunjukkan yaitu $7.26 + \text{ERLA}(0.578, 3)$. Distribusi ini memiliki square error sebesar 0.003011, dimana nilai ini lebih kecil dari 0.05 sehingga lama waktu layar pada pola rute IV dapat direpresentasikan dengan persamaan ini

Distribution Fitting pola rute V

Distribution pola rute V sama dengan pola rute III.



Gambar 7. Distribution Fitting Kecepatan Kapal Pola Rute V

Dari gambar 7 diatas terlihat bahwa pola distribusi mengikuti distribusi Beta dengan persamaan yang ditunjukkan yaitu $0.5 + * \text{BETA}(1.29, 1.67)$. Distribusi ini memiliki square error sebesar 0.000376, dimana nilai ini lebih kecil dari 0.05 sehingga waktu sandar pada pola rute V dapat direpresentasikan dengan persamaan ini.

Pembuatan Model Simulasi

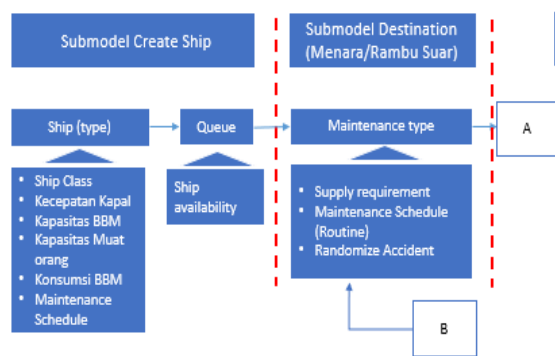
Model simulasi dibangun berdasarkan pemenuhan permintaan per jenis kapal terhadap permintaan perawatan menara suar dan rambu suar di 4 (empat) rute destinasi dengan randomisasi yaitu : ketersediaan kapal, waktu mulai permintaan dan durasi maintenance menara suar dan rambu suar.

Model dibangun dalam 3 (tiga) bagian submodel, yaitu : submodel create ship, submodel destination, dan submodel maintenance fulfilment. Submodel create ship berisi modul-modul yang berfungsi untuk menciptakan entitas kapal, penugasan terhadap kapal dan proses antrian yang akan terjadi jika sedang menunggu permintaan atau demand atau karena adanya pergantian tugas tiap kapal. Atribut-atribut kapal meliputi ship class (ukuran), kecepatan kapal, kapasitas dan

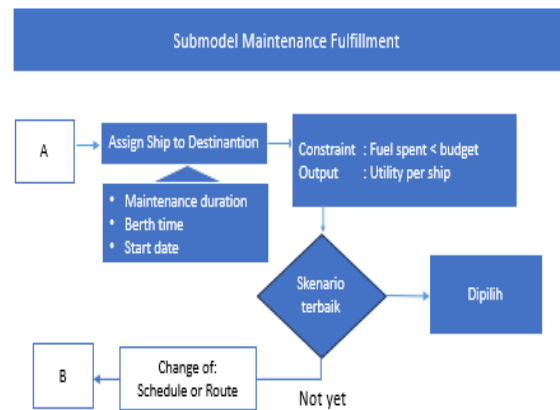
konsumsi BBM, kapasitas muat orang dan penumpang serta jadwal perawatan kapal itu sendiri. Gambar 8 menunjukkan proses pembuatan model tersebut diatas.

Submodel destination berisi modul yang berfungsi untuk menciptakan demand maintenance sesuai jenis SBNP, apakah menara suar atau rambu suar, jadwal perawatan SBNP dan breakdown tak terencana. Submodel maintenance fulfilment berisi modul-modul yang berfungsi untuk menugaskan kapal ke suatu rute sesuai jenis kapal dan jenis SBNP yang akan dirawat, dengan menghitung variable ukur seperti utilitas dan total konsumsi BBM kapal.

Dalam proses ini ditentukan jadwal dimulainya perawatan sesuai dengan kesiapan dan ketersediaan kapal. Durasi proses perawatan didefinisikan secara acak sesuai dengan data realisasi yang ada serta lama waktu sandar dengan menggunakan aturan lama aturan jam berlayar. Algoritma yang diterapkan dalam submodel ini adalah untuk menguji kesiapan skenario kapal dengan jadwal perawatan suar di setiap rute sehingga dapat menghasilkan utilitas kapal dan konsumsi BBM yang dibutuhkan. Secara keseluruhan hasil model simulasi ini dapat mengukur tingkat utilitas untuk setiap jenis kapal termasuk perhitungan biaya disetiap kemungkinan skenario.



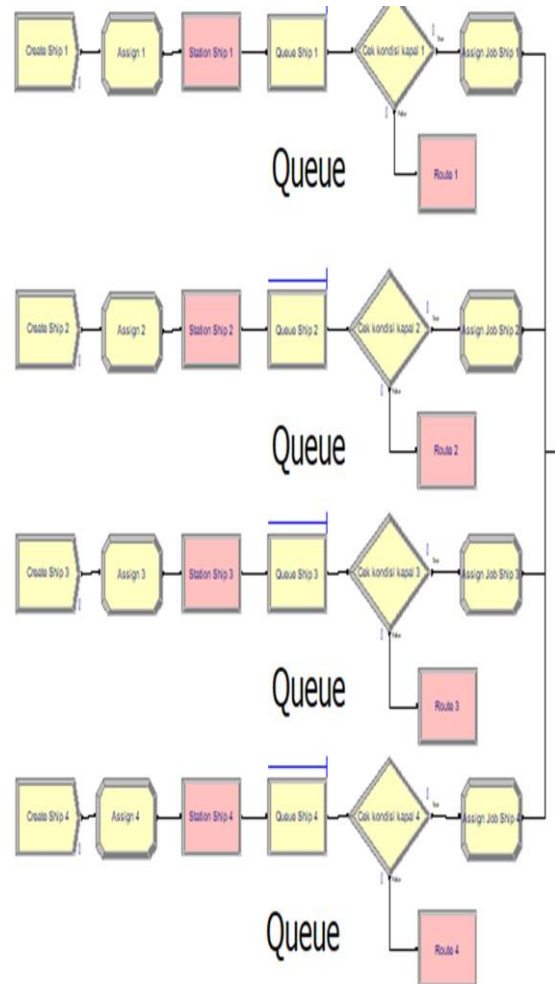
Alur Pembuatan Model Simulasi (Bagian I)



Alur pembuatan model simulasi (Bagian II)

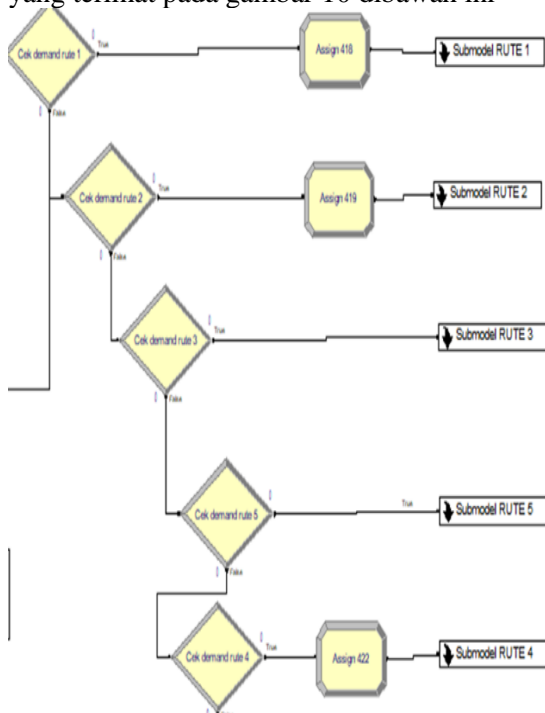
Gambar 8. Alur pembuatan model simulasi

Gambar 9 menunjukkan tampilan sub model dalam software Arena yang digunakan dalam pemodelan simulasi tersebut. Tampilan submodel dalam software Arena untuk create ship module dapat dilihat pada Gambar 9 dibawah ini.



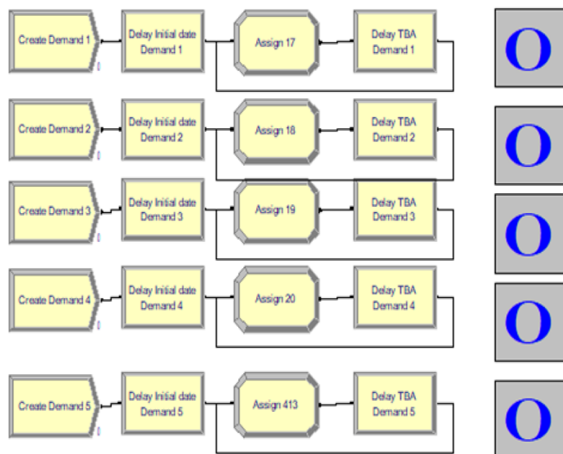
Gambar 9 Tampilan submodel Create Ship Module pada software Arena

Selanjutnya setelah dari sub model create ship maka dilanjutkan untuk submodel destination, dimana pada sub model ini sudah ditentukan pola masing-masing rute seperti yang terlihat pada gambar 10 dibawah ini



Gambar 10. Tampilan submodel destination pada software Arena

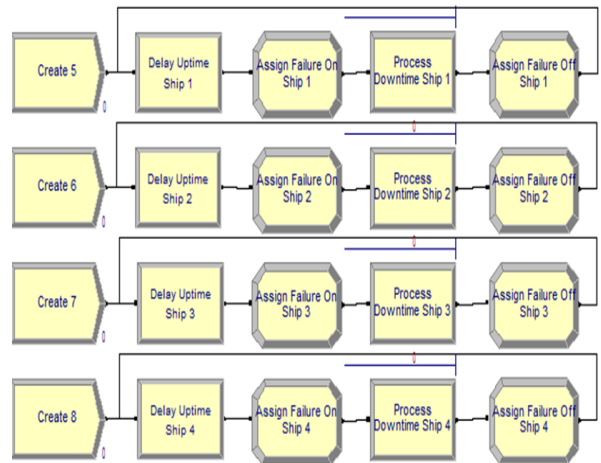
Pada submodel ini juga terdapat atribut maintenance yang dimasukkan ke dalam model untuk mensimulasikan bahwa di tiap titik tujuan ada beberapa jenis perawatan yang perlu dilakukan yang dibedakan berdasarkan jenis SBNP nya, yaitu apakah menara suar atau rambu suar seperti terlihat pada gambar 11 dibawah ini



Gambar 11. Tampilan submodel destination untuk atribut perawatan SBNP

Terakhir untuk submodel maintenance fullfilment digunakan untuk menunjukkan proses dimana setiap penugasan kapal yang ada dibatasi oleh waktu perawatan kapal, lama waktu layar dan waktu sandar, dapat dilihat pada gambar 12 dibawah ini.

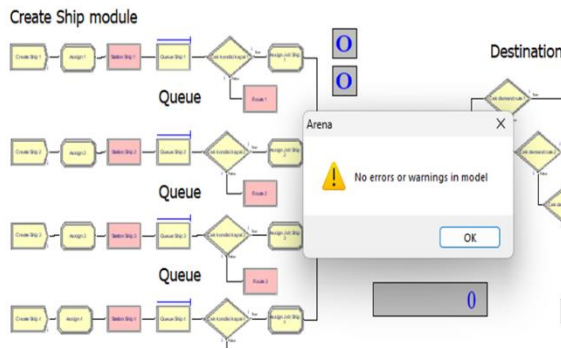
Dengan mempertimbangkan faktor anggaran BBM yang tersedia serta utilitas kapal yang tercapat, maka selanjutnya dapat dipilih skenario yang terbaik. Jika pada pemilihan skenario ini masih belum didapatkan nilai terbaik, maka akan dilakukan rerouting pada rute sub model destination.



Gambar 12. Tampilan submodel Maintenance fullfilment pada software Arena.

Verifikasi

Verifikasi digunakan untuk memastikan bahwa model simulasi merepresentasikan konsep model; dalam model simulasi, verifikasi dilakukan melalui pengujian model untuk memastikan bahwa tidak ada kesalahan. Pada penelitian ini, dilakukan dengan “check model” untuk melihat apakah ada kesalahan dalam pembuatan model. Dari gambar 13 terlihat bahwa pesan dari software simulasi adalah “No Error or Warning in Model”. Berdasarkan hasil tersebut maka dapat dikatakan bahwa model yang dibuat telah terverifikasi dan tidak ada kesalahan pada model.



Gambar 13. Tampilan pada Arena setelah dilakukan verifikasi.

Validasi

Validasi model dilakukan untuk memastikan apakah model yang dibangun sudah mampu merepresentasikan sistem pada kondisi nyata. Validasi dilakukan dengan membandingkan antara data dilapangan dengan data hasil simulasi.

Pada tahap validasi digunakan uji t-test two sample assuming equal variance, yaitu t-test yang digunakan untuk menguji perbedaan rata-rata (mean) dari 2 (dua) variabel dari sample yang berbeda dengan mengasumsikan kedua sampel tersebut memiliki variance yang sama. Tahapan pengujian t-test tersebut adalah sebagai berikut :

Hipotesis

$$H_0 = \mu_1 = \mu_2$$

$$H_1 = \mu_1 \neq \mu_2$$

Signifikan level, $\alpha = 0,05$

Kriteria penerimaan

Terima H_0 jika $t\text{-hitung} \leq t\text{-tabel}$

Tolak H_0 jika $t\text{-hitung} > t\text{-tabel}$

Hasil uji t-test pada program excel dengan menggunakan fitur Data analysis pada pola rute I dapat dilihat pada tabel 2.6 dibawah ini

Tabel 6. Hasil uji t-test pada pola rute I

t-Test: Two-Sample Assuming Unequal Variances		
	11	8.784765
Mean	5.502020202	3.787654
Variance	43.27591424	13.86761
Observations	99	42
Hypothesized Mean Difference	0	
df	128	
t Stat	1.957121166	
P(T<=t) one-tail	0.026254863	
t Critical one-tail	1.656845226	
P(T<=t) two-tail	0.052509726	
t Critical two-tail	1.97867085	

Dari data pada Tabel 6 diatas, terlihat bahwa nilai t -test yaitu $1,95 <$ nilai t critical two tail (1,97) artinya terima H_0 , dengan kata lain tidak ada perbedaan yang signifikan antara data dan hasil simulasi. Demikian seterusnya dilakukan uji t-test pada pola rute lainnya sehingga didapatkan hasil yang dirangkum pada tabel 7 dibawah ini.

Tabel 7. Hasil uji t-test untuk semua rute

	Rute I	Rute II	Rute III	Rute IV	Rute V
t-Stat	1.95	0.53	0.25	0.47	0.34
t-Critical two tail	1.97	1.98	1.97	4.30	1.97

Dari Tabel 7 diatas terlihat bahwa nilai t-test atau t-stat lebih kecil dari nilai t critical two tail atau t-hitung, sehingga dapat disimpulkan bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan antara data dan hasil simulasi untuk semua pola rute yang disimulasikan. Sehingga hasil simulasi dapat dinyatakan valid

3. Hasil dan Pembahasan

Dengan menggunakan 4 (empat) skenario yaitu skenario pertama adalah kondisi dimana hanya 3 (tiga) unit kapal negara yang berlayar masing-masing adalah KN.Bimasakti, KN.Damara dan KN.AE-209 untuk melayani rute yang sudah ditentukan dengan KN.Masalembo sebagai kapal kelas I pada posisi stand by, hal ini dikarenakan daya mesin yang besar sehingga membutuhkan BBM yang tinggi serta adanya keterbatas anggaran BBM dalam satu tahun anggaran.

Skenario kedua adalah sama dengan skenario pertama, akan tetapi kapal kelas I yang tidak berlayar adalah KN.Bimasakti. Pada kedua skenario ini yaitu skenario pertama dan kedua, kapal kelas I yang tidak berlayar, keberadaannya bisa dianggap tidak ada dalam armada aktif. Hal ini disebabkan karena kebutuhan BBM untuk mesin bantu saat kapal idle bisa diabaikan karena kapal menggunakan sambungan darat (shore connection) ketika kapal berada di pangkalan.

Skenario ketiga adalah keempat kapal berlayar sesuai pola rute yang sudah ditentukan

dengan pembagian rute seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya pada sub bab desain logic DES

Skenario terakhir atau skenario keempat adalah adanya kapal yang tidak dapat beroperasi dikarenakan kapal harus melakukan perbaikan besar atau docking. Dengan adanya kapal yang docking maka berpengaruh terhadap ketersediaan kapal siap operasi. Jadwal docking setiap kapal dapat dilihat pada Tabel 8

Tabel 8. Jadwal *Docking* Kapal

	Bima sakti	Masa lembo	Damara	AE-209
Last dock	Okt 2020	Nov 2021	Nov 2021	Sep 2022
Next dock	Jan 2024	Okt 2024	Okt 2024	Agus 2025

Selain itu diskenariokan pula bahwa keempat kapal mempunyai waktu downtime untuk perawatan terapung yang berbeda-beda ketika kapal berada di pangkalan Distrik Navigasi Surabaya. Kapal-kapal tersebut mempunyai jadwal perawatan rutin bulanan yang sudah disusun sebelumnya sesuai dengan rencana kerja dan anggaran yang tersedia. Di saat kapal-kapal tersebut melakukan perawatan, maka status kapal tidak dapat berlayar sampai dengan perawatan rutin selesai dikerjakan. Tabel skenario perawatan tiap kapal dapat dilihat pada Tabel 9

Tabel 9. Skenario Perawatan Tiap Kapal

Maintenance Kapal	Uptime (hari)	Downtime (hari)
Bimasakti	26-23	4-7
Masalembo	25-20	5-10
Damara	28-26	2-4
AE-209	28-26	2-4

Pada keempat skenario diatas diasumsikan bahwa kedua kapal negara kelas I dapat berlayar untuk melayani semua titik SBNP disetiap lokasi, baik itu berupa menara suar dan rambu

suar termasuk rute untuk mengangkut penumpang saat kondisi Natal, Lebaran dan Tahun baru. Sedangkan kapal negara kelas II hanya dapat melayani rambu suar saja yang ada di semua pola rute baik rute I, II,III dan V, dimana pada kondisi existing, kapal kelas II hanya melayani perawatan rambu suar pada rute III dan V saja. Sehingga untuk memenuhi kedua skenario tersebut dibuatlah matrik jarak untuk semua titik. Matrik jarak ini digunakan di dalam pemodelan di software Arena, sehingga setiap kapal yang berlayar diasumsikan dapat berlayar dari suatu titik ke titik yang lain dalam suatu pola rute secara random dan tidak selalu berurutan seperti pola existing.

Di dalam pemodelan juga diskenariokan bahwa jadwal permintaan untuk perawatan SBNP dilakukan setiap 6 (enam) bulan sekali termasuk untuk rute Natal dan Lebaran, yang diasumsikan terlaksana di awal dan akhir tahun. Randomisasi yang digunakan untuk perawatan ini adalah menggunakan distribusi normal. Rangkuman untuk skenario ini dapat dilihat pada tabel 10 dibawah ini.

Tabel 10. Jadwal Siklus Maintenance

Jadwal maintenance	Initial date	Siklus berikutnya (6 bulan)
Rute I	1 Februari	1 Agsutus
Rute II	1 Mei	1 November
Rute III	1 April	1 Oktober
Rute IV	20 Desember	20 Juni
Rute V	1 Oktober	1 April

Dengan memasukkan semua parameter tersebut diatas untuk keempat skenario kedalam model simulasi, maka didapatkan hasil dalam bentuk spreadsheet. Dari hasil pemodelan tersebut didapatkan nilai utilitas kapal berlayar dalam 1 (satu) tahun, total hari berlayar dan kebutuhan BBM seperti terlihat pada Tabel 11 sampai dengan Tabel 14

Tabel 11. Utilitas skenario I

	Bim a Sakt i	Masa lemb o	Damar a	AE 209	Tota l hari
Utilita s (%)	0,18 1	0,00	0,024	0,0 1	
Hari	66	0	9	7	82

Skenario I membutuhkan total BBM sebanyak 151.368 liter yang jika dikonversikan ke rupiah sebesar Rp. 3,4 miliar.

Tabel 12. Utilitas skenario II

	Bim a Sakt i	Mas a lemb o	Damar a	AE 209	Tot al hari
Utilit as (%)	0	0,33	0,04	0,02 8	
Hari	0	121	15	10	146

Skenario II membutuhkan total BBM sebanyak 305.957 liter yang jika dikonversikan ke rupiah sebesar Rp 7 miliar

Tabel 13. Utilitas skenario III

	Bim a Sakt i	Mas a lemb o	Damar a	AE 209	Tot al hari
Utilit as (%)	0,21	0,48	0,039	0,02 7	
Hari	78	176	14	10	278

Skenario III membutuhkan total BBM sebanyak 240.238 liter yang jika dikonversikan ke rupiah sebesar Rp 5,5 miliar

Tabel 14. Utilitas skenario IV

	Bim a Sakt i	Mas a lemb o	Dama ra	AE 209	Tot al hari
Utilit as (%)	0,13 7	0,43 9	0,028	0,03 9	
Hari	50	160	10	14	234

Skenario IV membutuhkan total BBM sebanyak 204.017 liter yang jika dikonversikan ke rupiah sebesar Rp 4,7 miliar

4. Kesimpulan dan Saran

Dari hasil pembahasan diatas, maka bisa ditarik kesimpulan untuk menjawab tujuan penelitian seperti yang terdapat pada Bab I, sebagai berikut :

1.Pada pola rute yang dijalankan saat ini yaitu sesuai skenario I, maka dapat disimpulkan bahwa pola rute ini membutuhkan BBM yang lebih sedikit dari anggaran BBM yang tersedia yaitu sebesar Rp 3,4 miliar. Akan tetapi skenario ini memiliki kekurangan yaitu kapal kelas I Masalemba mempunyai utilitas yang rendah karena tidak difungsikan secara maksimal. Sedangkan total hari untuk kesemua kapal berlayar adalah 82 hari

2.Skenario penugasan kapal yang baru selain harus sesuai dengan anggaran BBM yang tersedia juga diharapkan dapat memenuhi tingkat utilitas kapal berlayar dalam setahun. Dengan memperhatikan dua parameter tersebut maka skenario III bisa dipilih sebagai pola penugasan yang baru

3.Skenario III dipilih sebagai skenario terbaik berdasarkan hasil simulasi karena skenario III membutuhkan anggaran yang sedikit lebih besar dari anggaran yang tersedia yaitu Rp 5,5 miliar, tetapi memiliki utilitas kapal yang tinggi yaitu total 278 hari untuk total keempat kapal berlayar dalam satu tahun.

5. Daftar Pustaka

- [1] S. Frisch, P. Hungerländer, and A. Jellen, "On a Real-World Railway Crew Scheduling Problem," *Transp. Res. Procedia*, vol. 62, no. Ewgt 2021, pp. 824–831, 2022, doi: 10.1016/j.trpro.2022.02.102.
- [2] M. Fuentes, L. Cadarso, and Á. Marín, "A Fix & Relax matheuristic for the Crew Scheduling Problem," *Transp. Res. Procedia*, vol. 33, pp. 307–314, 2018, doi: 10.1016/j.trpro.2018.10.107.
- [3] R. Alexsander, Y. Malonda, P. Eka, and D. Karunia, "PENGEMBANGAN

- SIMULASI DISKRIT PADA PERANCANGAN ULANG TATA LETAK PRODUKSI UD . GAJAH DELTA GUNA,” pp. 26–34, 2023.
- [4] J. Informatika and E. Bisnis, “Jurnal Informatika Ekonomi Bisnis Simulasi Sistem Pelayanan Rawat Jalan Pasien menggunakan Simulasi Kejadian Diskrit (DES),” vol. 4, pp. 5–9, 2022, doi: 10.37034/infeb.v4i4.165.
- [5] P. Simulasi, S. Diskrit, D. Mengurangi, T. Antrian, D. Perbaikan, and S. Appointment, “Jurnal Teknik Elektro dan Informatika,” vol. 4, no. 2, pp. 60–72, 2022.
- [6] R. M. Wood, S. J. Moss, B. J. Murch, C. Davies, and C. Vasilakis, “Improving COVID-19 vaccination centre operation through computer modelling and simulation,” no. December 2020, 2021.
- [7] I. K. Hutomo, K. Hosana, I. Gunawan, L. Permata, and S. Hartanti, “Optimasi Waktu Penyelesaian Kuota Vaksin pada Layanan Vaksinasi di Pusat Perbelanjaan dengan Simulasi Kejadian Diskrit,” vol. 9, no. 1, pp. 13–21, 2023.
- [8] R. I. Liperda and R. Rahmadanti, “Simulasi Aktivitas Bongkar Muat di Terminal Petikemas,” vol. 9, no. 1, pp. 79–85, 2023.
- [9] A. A. Rakhmasari and I. Dharmayanti, “Integrasi Value Stream Mapping dengan Simulasi Kejadian Diskrit : Studi Kasus Lean Distribution,” vol. 9, no. 2, pp. 117–126, 2023.
- [10] R. I. Liperda, N. R. Fatahayu, and E. V. Khairunnisa, “Simulasi Sistem Penggunaan Ruang di Gedung Griya Legita Universitas Pertamina,” vol. 8, no. 2, 2021.
- [11] D. Krisnadi *et al.*, “ANALISIS PREMI DAN CADANGAN PREMI MODEL MULTIPLE STATE DISKRIT DENGAN SIMULASI MONTE CARLO,” vol. X, no. X, pp. 1–5, 2019.
- [12] T. Truk, S. Kasus, and P. T. Xyz, “Model Simulasi Sistem Diskrit untuk Meminimasi Rata-rata Waktu,” vol. 4, no. 2, pp. 122–136, 2022.
- [13] S. Dewanto, A. Santosa, D. Andriani, P. Studi, T. Industri, and U. K. Indonesia, “Simulasi sistem pelayanan rawat jalan di rumah sakit menggunakan simulasi kejadian diskrit,” pp. 25–36, doi: 10.34010/iqe.v8i1.2725.
- [14] P. T. Tirta and I. Nusantara, “Perancangan Model Simulasi dan Perbaikan Lini Produksi Pompa Air Tipe PS – 135 E Menggunakan Simulasi Diskrit dan Theory Of Constraint pada,” vol. 13, no. 1, 2022.
- [15] B. Di and P. T. Xxx, “PERBAIKAN SISTEM TRANSPORTASI DENGAN SIMULASI PROMODEL UNTUK MENINGKATKAN RITASI PENGIRIMAN,” vol. 20, no. 1, pp. 5–10, 2020.
- [16] M. Neagoe and H. Hvolby, “positioning data mitigation approaches effect on congestion,” *Simul. Model. Pract. Theory*, p. 102362, 2021, doi: 10.1016/j.simpat.2021.102362.
- [17] D. P. Susetyo, A. O. Moeis, and D. K. Wibisono, “Jurnal Penelitian Transportasi Laut,” vol. 21, pp. 71–82, 2019.