

**OPTIMASI POLA OPERASI ANGKUTAN PENYEBERANGAN
LINTAS BIRA - PAMATATA**

***THE OPTIMIZATION OF FERRY OPERATIONAL PATTERNS
OF BIRA – PAMATATA ROUTE***

JUSMA WAHIDAH

D052211006



**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK PERKAPALAN
DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN**

2023

PENGAJUAN TESIS

**OPTIMASI POLA OPERASI ANGKUTAN PENYEBERANGAN
LINTAS BIRA - PAMATATA**

Tesis

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar Magister
Program Studi Teknik Perkapalan

Disusun dan diajukan oleh

JUSMA WAHIDAH

D052211006

Kepada

**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN**

GOWA

2023

TESIS**OPTIMASI POLA OPERASI ANGKUTAN
PENYEBERANGAN LINTAS BIRA – PAMATATA****JUSMA WAHIDAH****D052211006**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian Tesis yang dibentuk dalam rangka penyelesaian studi pada Program Magister Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

pada tanggal 22 Agustus 2023

dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan.

Menyetujui,

Pembimbing Utama,



Dr. Ir. Svamsul Asri, MT.
Nip. 19650318 199103 1 003

Pembimbing Pendamping,



Prof. Daeng Paroka, ST., MT., Ph.D.
Nip. 19720118 199903 2 002

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Hasanuddin



Prof. Dr.Eng. Ir. Muhammad Isran Ramli, S.T., M.T., IPM., ASEAN Eng.
Nip.19730926 200012 1 002

Ketua Program Studi,
Magister Teknik Perkapalan



Dr. Ir. Svamsul Asri, MT.
Nip. 19650318 199103 1 003

**PERNYATAAN KEASLIAN TESIS
DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA**

Yang bertanda tangan di bawah ini

Nama : JUSMA WAHIDAH

Nomor mahasiswa : D052211006

Program studi : Teknik Perkapalan

Dengan ini menyatakan bahwa, tesis berjudul “Optimasi Pola Operasi Angkutan Penyeberangan Lintas Bira - Pamatata” adalah benar karya saya dengan arahan dari komisi pembimbing (Dr. Ir. Syamsul Asri., MT dan Prof. Daeng Paroka., ST., MT., Ph.D). Karya ilmiah ini belum diajukan dan tidak sedang diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka tesis ini. Sebagian dari isi tesis ini telah dipublikasikan di Jurnal (Zona Laut, Volume IV, Nomor 2, Edisi Agustus 2023) sebagai artikel dengan judul “Analysis of Ship Pattern Basis on the Bira – Pamatata Crossing”.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya berupa tesis ini kepada Universitas Hasanuddin.

Gowa, 22 Agustus 2023



JUSMA WAHIDAH

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala limpahan rahmat, karunia, dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan tesis dengan judul "Optimasi Pola Operasi lintas Penyeberangan Bira - Pamatata".

Tesis ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Teknik, Program Studi Magister Teknik Perkapalan Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin. Penulisan tesis ini bertujuan untuk melakukan optimasi pola operasi lintas penyeberangan Bira - Pamatata yang sesuai dengan permintaan jasa dan mengasikkan biaya produksi jasa transportasi minimum yang mewakili kepentingan operator dan pengguna,

Penulisan tesis ini tidak terlepas dari bantuan, dukungan, dan kerja sama dari berbagai pihak yang dengan tulus telah membantu penulis dalam menyelesaikan penulisan ini. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Syamsul Asri, MT. dan Prof Daeng Paroka, ST., MT, Ph.D., selaku pembimbing utama dan pembimbing pendamping.
2. Bapak Dr. Ir. Ganding Sitepu, Dipl-Ing., Ibu Dr. Ir. Misliah, MS.Tr, dan Ibu Dr. A. Sitti Chaerunnisa M., ST., MT., selaku penguji.
3. Keluarga tercinta, yang senantiasa memberikan dukungan moral, motivasi, dan doa dalam perjalanan penulisan tesis ini.
4. Teman-teman seperjuangan, yang telah memberikan dukungan, masukan, dan kerja sama dalam proses penelitian dan penulisan tesis ini.

Tesis ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dan manfaat dalam eektivitas penyelenggaraan angkutan penyeberang, khususnya dalam optimasi pola operasi lintas penyeberangan Bira - Pamatata. Penulis menyadari bahwa penulisan ini masih memiliki keterbatasan dan kekurangan, oleh karena itu penulis sangat mengharapkan kritik, saran, dan masukan yang membangun untuk perbaikan di masa depan.

Akhir kata, penulis mengharapkan semoga tujuan pemuatan tesis ini dapat tercapai.

Gowa, 18 Agustus 2023

Jusma Wahidah

ABSTRAK

JUSMA WAHIDAH. Optimasi Pola Operasi Angkutan Penyeberangan Lintas Bira -Pamatata (dibimbing oleh **Syamsul Asri dan Daeng Paroka**).

Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan pola operasi angkutan penyeberangan lintas Bira-Pamatata. Indikator optimal adalah biaya produksi jasa transportasi minimum yang mewakili kepentingan operator dan pengguna. Tahapan analisis untuk menentukan pola operasi meliputi penentuan alternatif kapal feri yang memenuhi kelayakan operasi dengan kriteria biaya operasi sama dengan pendapatan. Kapal feri yang memenuhi kelayakan operasi dengan kriteria tersebut adalah tiga kapal feri yang memiliki ukuran sebagai berikut. Kapal feri satu dan dua memiliki panjang dan lebar yang sama namun memiliki sarat yang berbeda yaitu $LBP = 47.45$ meter dan $B = 14$ meter, dan untuk kapal feri ketiga $LBP = 48.82$ meter dan $B = 14$ meter dengan tonase kapal feri 1 973 GT, kapal feri 2 980 GT dan kapal feri 3 1054 GT. Diantara ketiga feri tersebut yang memenuhi indikator optimum adalah Feri 2, dengan biaya produksi jasa angkutan pada tingkat load factor 60%, dengan frekuensi 781 trip/tahun, sebesar Rp. 30.308/ SUP.trip. Berdasarkan hal tersebut optimasi pola operasi angkutan penyeberangan lintas Bira-Pamata berdasarkan permintaan jasa adalah dengan menggunakan tiga buah kapal dengan karakteristik teknis tonase 980 GT, kapasitas muat total 921.88 SUP, kecepatan kapal 12 knot, dan daya mesin utama 2×1000 hp. Frekuensi untuk kedua kapal tersebut sebanyak 843 trip/tahun, dengan biaya produksi jasa transportasi sebesar Rp. 29.719/SUP.trip dan untuk satu kapal lainnya sebanyak 843 trip/tahun dengan biaya produksi jasa transportasi biaya produksi jasa transportasi sebesar Rp 29.698/Sup.trip.

Kata kunci: Optimasi pola operasi, permintaan jasa, biaya produksi jasa transportasi, karakteristik desain kapal.

ABSTRACT

JUSMA WAHIDAH. The Optimization of the Ferry's Operational Pattern of Bira-Pamatata Route (supervised by **Syamsul Asri and Daeng Paroka**).

This study aimed to optimize the operation pattern of the Bira-Pamatata ferry route. The optimum indicator is the minimum transportation service production cost that represents the interests of operators and users. The analysis stage for determining the operation pattern involves determining alternative ferries that meet the feasibility of operation with the criteria of operating costs equal to the revenue. Ferries that meet the feasibility of operations by criteria are three ferries that have the following sizes. Ferries one and two have the same length and breadth but are draft different with LBP = 47.45 meters and B = 14 meters, and for the third ferry, LBP = 48.82 meters and B = 14 meters with tonnage ferry 1 973 GT, ferry 2 980 GT and ferry 3 1054 GT. Among the three ferries that meet the optimum indicators is Ferry 2, with a production cost of transportation services at a load factor level of 60%, with a frequency of 781 trips/year, amounting to Rp. 30,308 / SUP.trip. Based on this optimization of the crossing transportation operation pattern crossing Bira-Pamata by the demand for services is to use three ships with technical characteristics of tonnage of 980 GT, total loading capacity of 921.88 SUP, ship speed of 12 knots, and main engine power of 2×1000 hp. The frequency for the two ships is 843 trips/year, with transportation service production costs for Rp. 29,719 / SUP.trip and for one other ship, as many as 843 trips/year with a transportation service production cost of Rp. 29,698/SUP.trip and for one other.

Keywords: Operation pattern optimization, service demand, transportation service production cost, ship technical characteristic design

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
PENGAJUAN TESIS	ii
PERSETUJUAN TESIS	iii
PERNYATAAN KEASLIAN TESIS	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Permasalahan.....	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	5
1.4 Manfaat Penelitian.....	5
1.5 Ruang lingkup	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Penelitian Terdahulu.....	7
2.2 Sistem Transportasi Penyeberangan.....	10
2.3 Pola Operasi	14
2.4 Biaya Operasi Kapal.....	15
2.5 Basis Pola Operasi	24
2.6 Metode Optimasi Simulasi	24
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	26
3.1 Jenis Penelitian	26
3.2 Waktu dan Lokasi Penelitian.....	26
3.3 Populasi dan Sampel	26
3.4 Teknik Pengumpulan Data	26
3.5 Variabel Penelitian	27
3.6 Teknik Analisis Data	28

3.7 Tahapan analisis data	31
3.8 Bagan Kerangka Operasional	32
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	33
4.1 Permintaan Jasa Lintas Penyeberangan Bira – Pamatata	33
4.2 Fasilitas Pelabuhan Bira – Pamatata	33
4.3 Spesifikasi Teknis Kapal Penyeberangan Berdasarkan Kluster Tonase	34
4.4 Analisis Operasi Kapal	39
4.4.1 Frekuensi potensial kapal	39
4.4.2 Kapasitas Muat	42
4.4.3 Load Factor	44
4.5 Alternatif Kapal	44
4.6 Analisis Biaya Investasi Kapal Penyeberangan	45
4.7 Analisis Biaya Operasional Kapal	47
4.7.1 Biaya Tetap	47
4.7.2 Biaya Variabel	52
4.7.3 Total biaya operasi kapal	59
4.8 Basis Pola Operasi Alternatif Kapal	60
4.9 Biaya Produksi Jasa Transportasi	61
4.10 Optimasi Pola Operasi Angkutan Penyeberangan Lintas Bira Pamatata ..	63
4.11 Pembahasan	65
BAB V PENUTUP.....	68
5.1. Kesimpulan.....	68
5.2. Saran	68
DAFTAR PUSTAKA	70
LAMPIRAN	72

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Jumlah Muatan dan Pola Operasi lintas Bira - Pamatata	3
Tabel 2 Penelitian terdahulu.....	7
Tabel 3 Indeks Konversi SUP	12
Tabel 4 Tahapan analisis data	31
Tabel 5 Permintaan jasa lintas Penyeberangan Bira - Pamatata	33
Tabel 6 Spesifikasi teknis kapal penyeberangan berdasarkan klaster tonase	36
Tabel 7 Waktu operasi kapal dalam 1 siklus dan frekuensi potensial.....	39
Tabel 8 Kapasitas muat kapal	42
Tabel 9 Alternatif kapal yang memenuhi indikator rasio.....	44
Tabel 10 Data variabel penentuan biaya investasi Kapal/GT	45
Tabel 11 Biaya investasi kapal alternatif	46
Tabel 12 Biaya depresiasi, biaya bunga modal dan biaya asuransi kapal alternatif	48
Tabel 13 Biaya ABK.....	49
Tabel 14 Total Biaya RMS	50
Tabel 15 Biaya cuci kapal	50
Tabel 16 Total Biaya Tidak Langsung.....	51
Tabel 17 Biaya operasi mesin untuk kapal alternatif.....	53
Tabel 18 Total biaya operasi mesin sesuai dengan rencana frekuensi per tahun .	54
Tabel 19 Biaya gemuk	55
Tabel 20 Biaya gemuk sesuai dengan rencana ferkuensi per tahun.....	56
Tabel 21 Biaya jasa pelabuhan.....	56
Tabel 22 Biaya jasa pelabuhan dengan rencana ferkuensi per tahun.....	57
Tabel 23 Biaya air tawar penumpang	57
Tabel 24 Biaya air tawar penumpang dengan rencana frekuensi pertahun.....	58
Tabel 25 Total biaya operasi kapal sesuai dengan rencana frekuensi.....	59
Tabel 26 Struktur biaya operasi kapal dengan frekuensi 50% dari frekuensi potensial	60
Tabel 27 Optimasi pola operasi angkutan penyeberangan Lintas Bira-Pamatata .	64

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Peta lintas operasi KMPBotoharu dan KMPBalibo	3
Gambar 2 Bagan kerangka operasional.....	32
Gambar 3 Grafik hubungan GT dengan biaya investasi	46
Gambar 4 Basis pola operasi alternatif kapal.....	61
Gambar 5. 1 Biaya produksi jasa transportasi Kapal Alternatif 11.....	62
Gambar 5. 2 Biaya produksi jasa transportasi Kapal Alternatif 12.....	62
Gambar 5. 3 Biaya produksi jasa transportasi Kapal Alternatif 13.....	63

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Rincian hasil hitung frekuensi potensial.....	72
Lampiran 2 Rincian biaya RMS.....	78
Lampiran 3 Rincian hitung biaya operasi mesin.....	80
Lampiran 4 Rekapitulasi biaya operasi kapal	82
Lampiran 5 Basis pola operasi alternatif kapal	83

BAB I

PENDAHALUAN

1.1 Latar Belakang

Angkutan penyeberangan merupakan bagian dari sistem jaringan transportasi darat yang beroperasi di perairan. Fungsinya adalah menghubungkan jaringan jalan dan/atau jaringan jalur kereta api yang terpisah oleh perairan untuk mengangkut penumpang, kendaraan, dan muatannya (PM 35 Tahun 2019). Keberadaan angkutan penyeberangan sangat penting dalam memastikan mobilitas penumpang, kendaraan, dan muatannya di wilayah kepulauan.

Kondisi geografis Indonesia sebagai negara kepulauan menjadikan angkutan penyeberangan sangat diperlukan guna meningkatkan konektivitas antarwilayah, mendorong pertumbuhan ekonomi, serta mewujudkan pemerataan pembangunan di Indonesia. Hingga tahun 2020, layanan angkutan penyeberangan di Indonesia telah dioperasikan oleh 472 unit armada dan 292 pelabuhan penyeberangan, yang melayani 66 lintasan komersial dan 253 lintasan perintis (PPDA, 2021)

Pelayanan angkutan penyeberangan dilakukan dengan menempatkan sejumlah kapal yang beroperasi secara tetap pada lintasan penyeberangan sesuai dengan rencana pola operasi. Pola operasi adalah menentukan jumlah kapal dan kebutuhan frekuensi pelayanan (Azahra, S., Septanto, D., & Umiyati, S., 2021). Faktor yang memengaruhi penentuan pola operasi meliputi permintaan jasa angkutan, jarak lintas penyeberangan, fasilitas pelabuhan, dan karakteristik teknik desain kapal (Asri, 2016).

Permintaan jasa angkutan dipengaruhi oleh kondisi sosial ekonomi wilayah layanan di lintasan penyeberangan tersebut (Dewi, I, (2019). Pelayanan angkutan penyeberangan mencakup berbagai lintasan, seperti antarnegara, antarprovinsi, antarkabupaten/kota dalam provinsi, dan dalam kabupaten/kota (PM 35 Tahun 2019). Sementara itu, jarak lintas penyeberangan menentukan besaran tonase kapal yang diperlukan sesuai dengan peraturan yang berlaku (KM 58 Tahun 2003)

Jarak lintas penyeberangan menentukan besaran tonase kapal yang diisyaratkan untuk ditempatkan pada lintas penyeberangan sesuai dengan Keputusan Menteri Perhubungan Nomor 58 Tahun 2003 tentang Mekanisme Penetapan dan Formulasi

Perhitungan Tarif Angkutan Penyeberangan. Namun pada tahun 2019 aturan ini sudah tidak tersedia dengan berlakunya aturan PM. No 66 Tahun 2019 tentang mekanisme penetapan dan formulasi perhitungan tarif angkutan penyeberangan. Hal ini menunjukkan bahwa setiap tonase kapal dapat ditempatkan dimanajaja sesuai dengan kapasitas dan kelas Pelabuhan penyeberangan yang tersedia (Asri,2016).

Penentuan besar tonase kapal yang ditempatkan pada lintasan penyeberangan berpengaruh pada optimasi pola operasi yang ditetapkan. Penentuan pola operasi kapal sangat penting karena berdampak pada biaya produksi jasa transportasi/ tarif basis. Oleh karena itu, dalam menentukan pola operasi, perlu mempertimbangkan kepentingan operator dan pengguna jasa (Lai, M. F., & Lo, H. K, 2004). Kepentingan operator tercermin dalam biaya produksi jasa angkutan penyeberangan yang menjadi dasar penentuan tarif dasar, sementara kepentingan pengguna jasa tercermin dalam lamanya waktu tunggu dan waktu perjalanan yang menjadi biaya lama menunggu bagi pengguna jasa angkutan penyeberangan sehingga optimasi pola operasi pada lintas penyeberangan yang tersedia menjadi hal yang penting untuk dilakukan.

Lintas penyeberangan yang tersedia di Suawasi Selatan yang melayani antarkabupaten yaitu Lintas Bira - Pamatata dijadikan sebagai objek penelitian untuk penentuan optimasi pola operasi. Lintas Bira - Pamatata beroperasi sejak tahun 1980. Keberadaan lintasan ini menjadi andalan untuk menghubungkan Kepulauan Selayar dengan daratan Sulawesi Selatan dibandingkan alternatif lain yakni lintas penerbangan dan penyeberangan yang melayani Makassar – Kepulauan Selayar pada tahun 2019 dan 2021. Hal ini didasari karena pengoperasian kapal penyeberangan lintas Bira Pamtata beroperasi setiap hari.

Pelayanan angkutan penyeberangan lintas Bira - Pamatata dilayani oleh tiga kapal, yaitu KMP Bontoharu, KMP Kormomolin, dan KMP Balibo . Pengoperasian ketiga kapal ini dilakukan sesuai dengan pola operasi yang ditetapkan oleh pengelola pelabuhan penyeberangan. Dari ketiga kapal yang melayani lintas tersebut hanya KM PKormomolin yang beroperasi tiap hari, karena KMP Balibo dan KMP Bontoharu juga melayani lintas penyeberangan lain (Dinas Perhubungan Kabupaten Selayar, 2021). Lintas lain yang dilayani KMP Bontoharu yaitu Bira –

Sikeli dan untuk KMPB alibo adalah lintas Bira dan pulau – pulau kecil yang ada di Kabupaten Kepulauan Selayar yang ditunjukkan sesuai peta operasi KMP Bontoharu dan KMP Balibo pada Gambar 1.



Keterangan: — Lintas Opearasi KMP. Bontoharu
— Lintas Opearasi KMP. Bontoharu

Gambar 1 Peta lintas operasi KMPBotoharu dan KMPBalibo

Pelayanan penyeberangan Lintas Bira-Pamatata yang terlaksana adala 2 voyage per hari. Untuk data produksi permintaan jasa dan pola operasi pada Lintas Bira Pamata dapat ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1 Jumlah Muatan dan Pola Operasi lintas Bira - Pamatata

No	Item	Satuan	Tahun					
			2015	2016	2017	2018	2019	2020
1	Muatan							
a.	Penumpang	Orang	37,718	42,975	21,880	27,802	61,494	52,448
b.	Kendaraan berupa Sepeda/ Sepeda Motor	Unit	25,911	31,266	17,397	12,572	29,189	14,211
c.	Kendaraan berupa Mobil	Unit	23,591	26,149	14,739	13,466	30,328	
2	Pola Operasi							
a.	Frekuensi Pelayaran	Trip				1,529	770	1,435
b.	Jumlah Armada	Unit				2	3	3

Sumber: ASDP Bira dan PDDA TAHUN 2021

Berdasarkan Tabel 1, diketahui jumlah permintaan dan pola operasi yang terlaksana dari tahun 2015-2020 di Lintas Bira - Pamata. Namun, belum diketahui apakah pola operasi yang terlaksana dengan jumlah permintaan yang tersedia telah mencapai nilai optimal dengan pengoperasian ketiga kapal tersebut. Oleh karena

itu, penentuan pola operasi yang optimal sangat penting untuk mewakili kepentingan operator dan pengguna jasa penyeberangan.

Penentuan optimasi pola operasi pada angkutan penyeberangan lintas Bira - Pamatata didasarkan pada kapasitas muat kapal penyeberangan. Tujuan dari optimasi pola operasi adalah untuk menemukan kombinasi jumlah kapal dan frekuensi pelayanan yang optimal sesuai dengan permintaan jasa yang tersedia sehingga biaya produksi jasa transportasi dapat diminimalkan. Dengan melakukan optimasi ini, operator dapat menghasilkan laba yang lebih tinggi karena biaya produksi jasa transportasi yang lebih rendah dari tarif yang berlaku. Selain itu, optimasi pola operasi juga dapat berdampak positif pada kualitas pelayanan. Dengan mengatur jumlah kapal dan frekuensi pelayanan secara efisien, operator dapat memastikan bahwa kapasitas yang tersedia sesuai dengan permintaan yang ada. Hal ini dapat mengurangi kemungkinan terjadinya keterlambatan atau ketidaknyamanan bagi pelanggan, sehingga meningkatkan kualitas pelayanan secara keseluruhan.

1.2 Rumusan Permasalahan

Pokok kajian dalam penelitian ini adalah bagaimana menentukan optimasi pola operasi angkutan penyeberangan lintas Bira - Pamata yang memenuhi permintaan jasa dan indikator optimum. Rangkaian pokok kajian yang menjadi masalah adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana evaluasi kelayakan operarasi berdasarkan basis pola operasi?
2. Bagaimana menentukan biaya produksi jasa transportasi sebagai indikator optimum untuk alternatif kapal yang telah memenuhi kelayakan tarif sesuai dengan alternatif pola operasi?
3. Bagaimana optimasi pola operasi angkutan penyeberangan yang sesuai dengan permintaan jasa yang tersedia pada lintas Bira-Pamatata?

1.3 Tujuan Penelitian

Sesuai dengan rumusan masalah yang disebutkan di atas, tujuan penelitian ini adalah:

1. Menentukan alternatif kapal yang memenuhi kelayakan operasi berdasarkan basis pola operasi.
2. Menentukan biaya produksi transportasi jasa untuk alternatif kapal yang memenuhi kelayakan tarif sesuai dengan alternatif pola operasi kapal
3. Menentukan pola operasi yang menghasilkan indikator yang paling optimum, dengan mempertimbangkan permintaan jasa yang tersedia pada lintas penyeberangan Bira-Pamata.

1.4 Manfaat Penelitian

Hasil-hasil dari penelitian ini serta manfaatnya terhadap pihak-pihak terkait, antara lain adalah:

1. Memberikan panduan dalam memilih alternatif kapal berdasarkan kriteria yang telah ditentukan, sehingga dapat meningkatkan efisiensi dalam operasi angkutan penyeberangan.
2. Penentuan biaya produksi jasa untuk alternatif kapal dapat dijadikan sebagai informasi dasar bagi asosiasi dalam menentukan tarif dasar yang berlaku untuk pelayanan angkutan penyeberangan sesuai dengan spesifikasi teknis kapal yang digunakan.
3. Penentuan optimasi pola operasi angkutan penyeberangan dapat menjadi pendekatan untuk menetapkan pola operasi pada lintas penyeberangan Bira-Pamata, sehingga pelaksanaan angkutan penyeberangan pada lintasan ini berlangsung secara efektif dan efisien, dengan memperhatikan kepentingan operator dan pengguna.
4. Penentuan pola operasi dengan menentukan jumlah armada dan frekuensi layanan, dengan biaya produksi jasa yang terendah untuk melayani angkutan penyeberangan lintas Bira-Pamata sesuai dengan permintaan yang ada, sehingga operator dapat memaksimalkan pendapatan.

5. Pembuatan rancangan program aplikasi untuk menentukan biaya produksi jasa transportasi menjadi pertimbangan bagi pihak operator dalam penempatan kapal.

1.5 Ruang lingkup

Untuk menghindari ruang lingkup penelitian yang terlalu luas dan mempermudah penyelesaian masalah sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai, maka penulisan dibatasi sebagai berikut:

1. Kapaistas dermaga yang digunakan sesuai dengan kriteria klasifikasi pelabuhan penyeberangan Kelas II untuk dijadikan sebagai dasar penentuan besar tonase kapal yang digunakan dalam proses optimasi pola operasi.
2. Penentuan permintaan jasa berdasarkan data produksi muatan harian lintas penyeberangan Bira – Pamtata pada tahun 2022
3. Rasio pemakaian BBM dan pelumas untuk biaya operasi mesin menggunakan standar PM No. 66 Tahun 2019 Tentang Mekanisme Penetapan dan Formulasi Perhitungan Tarif Angkutan Penyeberangan.
4. Penentuan biaya tidak langsung berdasarkan data biaya KMP Kormomolin pada tahun 2022 yang beroperasi pada lintas penyeberangan Bira – Pamatata.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu yang berkaitan dengan optimasi pola operasi kapal penyeberangan ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2 Penelitian terdahulu

No	Penulis, Tahun Terbit, dan Judul Penelitian	Tujuan	Variabel	Metode	Hasil Penelitian
1	Suprayogi, H. Yamato (2001) Judul Operasional Design of The Ferry Transportat ion System Based on Simulation	Mengembang kan model simulasi untuk sistem transportasi penyeberanga n feri di jalur Merak- Bakauheni di Indonesia	Penjadwal an, pola kedatangan , kapasitas kapal	Menggunakan model simulasi dengan mempertimba ngkan penjadwalan, pola kedatangan penumpang dan mobil, serta kapasitas kapal	Mencari jadwal yang lebih baik dan mengevaluasi jenis kapal yang paling sesuai berdasarkan total biaya, termasuk biaya waktu tunggu dan biaya operasional
2	Lambros Mitropoulo s, Achilles Antypas and Konstantin os Kepaptsogl ou (2021) Judul Transportat ion planning for ferry services by using a continuous approximat	Mengoptimal kan perencanaan layanan transportasi feri di Laut Aegea, Yunani dengan menggunakan pendekatan berkelanjutan	Musiman, variasi permintaan , biaya tarif, kualitas layanan, durasi perjalanan, infrastruktur	Menganalisis data untuk mengeksplora si efek musiman dan variasi permintaan, serta faktor- faktor lain yang memengaruhi perusahaan pelayaran di Yunani	Menghasilkan strategi perencanaan yang dapat meminimalka n biaya operasi armada laut sambil memenuhi permintaan transportasi

No	Penulis, Tahun Terbit, dan Judul Penelitian	Tujuan	Variabel	Metode	Hasil Penelitian
3	<p>ion model: the case of the Aegean Islands, Greece</p> <p>F. Jørgensen, G. Solvoll (2016), Judul Designing capacity and service level at ferry crossings</p>	<p>Menganalisis kapasitas angkut feri dan menentukan frekuensi optimal penyeberangan feri</p>	<p>Kapasitas angkut, frekuensi penyeberangan, biaya waktu tunggu</p>	<p>Membahas evaluasi kapasitas angkut feri dan mengembangkan model untuk menentukan frekuensi optimal berdasarkan berbagai faktor</p>	<p>Menunjukkan bahwa kapasitas angkut feri tergantung pada beberapa faktor dan bahwa frekuensi optimal dipengaruhi oleh kepadatan lalu lintas dan jarak penyeberangan</p>
4	<p>F. Jørgensen, G. Solvoll (2018), Judul Determining optimal frequency at ferry crossings</p>	<p>Menentukan frekuensi optimal penyeberangan feri untuk kesejahteraan</p>	<p>Kepadatan lalu lintas, biaya waktu pengguna feri, struktur biaya, panjang penyeberangan</p>	<p>Menggunakan model yang memperhitungkan kepadatan lalu lintas, biaya waktu pengguna feri, struktur biaya penyeberangan, dan jarak lintas penyeberangan</p>	<p>Menunjukkan bahwa frekuensi optimal dipengaruhi oleh faktor-faktor tersebut dan kekurangan pasokan frekuensi memiliki dampak yang lebih serius daripada kelebihan pasokan frekuensi</p>
5	<p>P. Wuryaningrum, A.</p>	<p>Merencanakan pengoperasian</p>	<p>Penjadwalan, jumlah kapal,</p>	<p>Menggunakan metode optimasi</p>	<p>Menghasilkan jadwal operasional</p>

No	Penulis, Tahun Terbit, dan Judul Penelitian	Tujuan	Variabel	Metode	Hasil Penelitian
	Mustakim, A. Sodik, C. Permana, Judul Analysis of Ferry Fleet Operation Planning: A Case Study of Ujung - Kamal Ports Ingvild Eide Aslaksen, E. Svanberg, K. Fagerholt, L. Johnsen, F. Meise (2020), Ferry Service Network Design for Kiel fjord	kapal feri Ujung-Kamal secara optimal	biaya operasional	masalah penjadwalan dengan memilih dua kapal yang akan dioperasikan	yang optimal dengan biaya operasional minimum
6	M. Lai, H. Lo (2004) dengan judul Ferry Service Network Design: Optimal Fleet Size, Routing and Scheduling	Mengembangkan sistem feri otonom untuk jaringan feri di Kiel Fjord, Jerman	Desain rute, frekuensi keberangkatan	Mengembangkan model pengoptimalan baru dengan pendekatan optimasi dua langkah	Merencanakan jadwal layanan feri otonom yang optimal dengan mempertimbangkan desain rute, frekuensi keberangkatan, dan kebutuhan pelanggan
7		Mengoptimalkan desain jaringan feri dengan mempertimbangkan ukuran armada, rute, dan penjadwalan	Ukuran armada, rute, penjadwalan	Menggunakan model matematis berbasis aliran jaringan multiple origin-destination mixed integer	Mengembangkan algoritma heuristik yang mendekati solusi optimal dan memiliki waktu komputasi yang efisien untuk masalah dengan ukuran yang besar

Berdasarkan Tabel 1 penelitian-penelitian terdahulu tersebut memberikan pemahaman yang lebih baik tentang perencanaan, desain, dan operasional sistem transportasi feri. Hasil-hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai dasar untuk pengembangan strategi dan kebijakan yang efisien dalam mengoptimalkan layanan transportasi feri dengan mempertimbangkan berbagai variabel dan faktor yang relevan.

2.2 Sistem Transportasi Penyeberangan

Transportasi penyeberangan adalah jaringan transportasi air yang merupakan bagian dari prasarana transportasi jalan. Transportasi penyeberangan menghubungkan dua ujung jalan raya yang dipisahkan oleh sungai yang lebar atau selat.

1. Jaringan Transportasi

Jaringan prasarana transportasi penyeberangan terdiri dari pelabuhan sebagai simpul dan alur penyeberangan sebagai ruang lalu lintas.

Pelabuhan disiapkan untuk melayani alat transportasi air berupa kapal. Sesuai Sistranas (1992), hierarki pelabuhan penyeberangan berdasarkan peran dan fungsinya dikelompokkan menjadi:

1. Pelabuhan penyeberangan lintas provinsi dan antarnegara, yaitu pelabuhan yang melayani penyeberangan lintas provinsi dan antarnegara.
2. Pelabuhan penyeberangan lintas kabupaten/kota, yaitu pelabuhan yang melayani penyeberangan lintas kabupaten/kota.
3. Pelabuhan penyeberangan lintas dalam kabupaten/kota, yaitu pelabuhan yang melayani penyeberangan lintas dalam kabupaten/kota.

2. Jaringan Pelayanan

Sesuai dengan kedudukan simpul dan jaringan jalan yang dihubungkan, fungsi jaringan pelayanan penyeberangan yang lazim disebut lintas penyeberangan dikelompokkan sebagai berikut:

1. Lintas penyeberangan antarnegara, yaitu lintasan yang menghubungkan simpul pada jaringan jalan dan atau jaringan kereta api antarnegara.
2. Lintas penyeberangan antarprovinsi, yaitu lintasan yang menghubungkan simpul pada jaringan jalan dan atau jaringan kereta api antarprovinsi.

3. Lintas penyeberangan antarkabupaten/kota dalam provinsi, yaitu lintasan yang menghubungkan simpul pada jaringan jalan dan atau jaringan kereta api antarkabupaten/kota.
4. Lintas penyeberangan dalam kabupaten/kota, yaitu lintasan yang menghubungkan simpul pada jaringan jalan dan atau jaringan kereta api dalam kabupaten/kota.

Berdasarkan studi yang dilakukan JICA pada tahun 1993 (Nasution, 1996, halaman 89), klasifikasi lintas penyeberangan berdasarkan jaraknya adalah: 1) sangat pendek; < 10 mil, 2) pendek; 11 - 50 mil, 3) jauh; 51 - 100 mil, dan 4) sangat jauh; >100 mil. Lintas penyeberangan dibedakan antara lintasan perintis dan bukan perintis. Lintas perintis menghubungkan antardaerah terpencil dan atau daerah belum berkembang untuk mendorong dan menggerakkan pembangunan di wilayah itu. Jika keberadaan dan fungsinya sebagai penunjang, maka lintas penyeberangan itu bukan perintis.

3. Jaringan Pelayanan

1. Alat transportasi penyeberangan.

Guna peningkatan mobilitas pergerakan penumpang dan kendaraan, jenis kapal yang umum dioperasikan pada lintas penyeberangan adalah kapal *ferry ro-ro* (*roll on - rolloff*). Jenis kapal *lo-lo* (*lift on - lift off*) juga dijumpai pada lintas penyeberangan yang fasilitas pelabuhannya belum memungkinkan pelayanan bongkar muat secara ro-ro. Jenis kapal *landing craft* biasanya digunakan pada lintasan yang belum memiliki fasilitas dermaga.

Berdasarkan tonase, ukuran utama, kapasitas muat dan kecepatannya, kapal-kapal *ferry* dibedakan menjadi lima tipe (Nasution, 1996, halaman 89). Klasifikasi berdasarkan panjangnya adalah: tipe A; 70 meter, tipe B; 47 meter, tipe C; 39 meter, tipe D; 39 meter yang lebar dan kecepatannya tidak sama dengan tipe C, dan tipe E; 30 meter.

Kapal ferry didesain untuk angkutan penumpang dan kendaraan. Ruang untuk penumpang biasanya dibuat berkelas-kelas dengan fasilitas dan tingkat kenyamanan yang berbeda, yaitu kelas ekonomi, utama, dan tatami. Muatan kendaraan pun dogolong-golongkan berdasarkan ukurannya.

Kapasitas muat kapal ferry biasanya dirinci untuk setiap kelas penumpang dan golongan kendaraan. Jika dijumlahkan, besarnya masing-masing dikonversi ke Satuan Unit Penumpang (SUP) yang dapat dihitung dengan menerapkan persamaan berikut ini. Pada penelitian index konversi yang digunakan adalah rasio antara tarif untuk masing-masing jenis, kelas, atau golongan muatan (T1) dengan muatan penumpang kelas ekonomi (TPE). Rasio ini digunakan karena besaran SUP untuk penumpang adalah 1. Indeks konversi untuk masing-masing golongan kendaraan muatan pada lintas penyeberangan Bira-Pamata dapat dilihat dalam Tabel 3.

Tabel 3 Indeks Konversi SUP

No	Muatan	Tarif (Rp)	Index konversi (SUP)
1	Penumpang	33,900	1
2	Kendaraan		
2.a	Golongan I	48,300	1.42
2.b	Golongan II	82,600	2.44
2.c	Golongan III	105,500	3.11
2.d	Golongan IV A	595,900	17.58
2.e	Golongan IV B	444,600	13.12
2.f	Golongan V A	1,075,900	31.74
2.g	Golongan V B	643,100	18.97
2.h	Golongan VI A	1,710,700	50.46
2.i	Golongan VI B	905,000	26.70
2.j	Golongan VII	1,351,700	39.87
2.k	Golongan VIII	1,627,000	47.99
2.l	Golongan IX	3,415,100	100.74

2. Kriteria Pelayanan.

Transportasi penyeberangan diharapkan memenuhi kriteria yang mendekati sifat-sifat transportasi jalan raya. Sifat-sifat yang dimaksud adalah pelayanan ulang alik dengan frekuensi tinggi, terjadwal dengan headway konstan, reliabel yang artinya teratur dan tepat waktu, serta tarif yang moderat atau murah.

Frekuensi penyeberangan yang dibutuhkan pada suatu lintas penyeberangan dapat ditentukan berdasarkan permintaan muatan penumpang dan kendaraan. Untuk kepentingan perencanaan, frekuensi yang dipilih adalah yang lebih besar di antara dua pendekatan berikut ini.

Frekuensi penyeberangan berdasarkan permintaan angkutan kendaraan:

$$FPP = \frac{MK}{(365 \times LFK \times KMK)} \quad (1)$$

Di mana:

- FPK = Kebutuhan frekuensi pelayanan berdasarkan permintaan angkutan kendaraan (trip/hari) yang ditentukan dengan persamaan 1
 MK = Jumlah permintaan angkutan kendaraan (unit/tahun)
 LFK = *Load factor* untuk muatan kendaraan
 KMK = Kapasitas muat kapal untuk kendaraan (SUP)

Frekuensi penyeberangan berdasarkan permintaan penumpang:

$$FPP = \frac{MP}{(365 \times LFP \times KMP)} \quad (1)$$

Di mana:

- FPP = Kebutuhan frekuensi pelayanan berdasarkan permintaan angkutan penumpang (trip/hari) yang ditentukan dengan persamaan 1
 MK = Jumlah permintaan angkutan penumpang (unit/tahun)
 LFK = *Load factor* untuk muatan penumpang
 KMK = Kapasitas muat kapal untuk penumpang (SUP)

Tarif jasa transportasi penyeberangan terdiri dari tarif pelayanan ekonomi dan non ekonomi. Struktur tarif pelayanan ekonomi terdiri dari tarif dasar dan jarak. Struktur tarif pelayanan non ekonomi terdiri dari tarif dasar, jarak dan pelayanan tambahan.

Tarif dasar ditetapkan oleh menteri perhubungan dan tarif untuk penumpang dan kendaraan non ekonomi ditetapkan oleh penyedia jasa berdasarkan tarif dasar, jarak dan pelayanan tambahan. Tarif penumpang dan kendaraan kelas ekonomi untuk lintas penyeberangan antarnegara dan antarprovinsi ditetapkan oleh menteri perhubungan, antarkabupaten/kota dalam provinsi oleh gubernur, dan antarsimpul dalam kabupaten/kota oleh bupati/wali kota.

Penentuan tarif lazimnya didasarkan pada biaya untuk menghasilkan

jasa transportasi serta nilai jasa terhadap muatan yang ada maupun yang potensial. Menurut Kamaluddin (2003, halaman 70), ongkos-ongkos yang dikeluarkan untuk menghasilkan jasa transportasi melalui air dapat dibagi menjadi dua golongan besar, yaitu:

1. *Operating movement cost*, yaitu ongkos-ongkos yang dikeluarkan selama kapal berlayar dari pelabuhan asal ke pelabuhan tujuan.
2. *Detention cost (idling cost)*, yaitu ongkos yang dikeluarkan di pelabuhan atau selama kapal berlabuh di pelabuhan.

Berdasarkan pendekatan itu, biaya produksi jasa transportasi penyeberangan diformulasikan seperti berikut ini.

$$B_{PJT} = \frac{B_{OK}}{LF \times TM \times F} \quad (3)$$

Di mana :

- B_{PJT} = biaya usaha jasa transportasi (Rp/SUP.trip)
yang ditentukan dengan persamaan 3
- B_{OK} = total biaya langsung per trip (Rp/tahun)
- TM = total kapasitas muat dari kapal (SUP);
- F = Frekuensi dari kapal (trip);

2.3 Pola Operasi

Pola operasi adalah jumlah kapal dan jumlah frekuensi penyeberangan pada suatu lintas penyeberangan sesuai dengan ukuran kapal dan jarak lintasan. Penentuan kebutuhan frekuensi penyeberangan telah dijelaskan sebelum ini (lihat persamaan 1 dan 2). Jumlah kapal dapat ditentukan dengan pendekatan kebutuhan frekuensi penyeberangan dibagi frekuensi yang dapat dicapai atau yang ditentukan untuk setiap kapal. Frekuensi penyeberangan yang dapat dicapai oleh setiap kapal dalam periode waktu tertentu (misalnya per tahun) adalah fungsi dari lama operasi pengangkutan per trip. Bagian-bagian waktu operasi pengangkutan adalah waktu bongkar-muat dan olah gerak kapal di pelabuhan, serta waktu kapal dalam pelayaran.

Lama kapal dalam pelayaran, lama operasi pengangkutan per trip dan frekuensi pengangkutan yang dapat dicapai dalam waktu satu tahun, masing-masing dapat dihitung dengan menerapkan persamaan-persamaan berikut ini.

$$W_L = \frac{J_{LP}}{V} \quad (4)$$

Di mana:

$$\begin{aligned} W_L &= \text{lama pelayaran per trip (jam/trip) yang ditentukan dengan persamaan 4} \\ J_{LP} &= \text{jarak lintas penyeberangan (mil)} \\ V &= \text{kecepatan kapal (knot = mil/jam)} \\ W_P &= W_{BM} + W_{OG} + W_L \end{aligned} \quad (5)$$

Di mana:

$$\begin{aligned} W_P &= \text{lama operasi pengangkutan per trip (jam/trip) yang ditentukan dengan persamaan 5} \\ W_{BM} &= \text{lama kegiatan bongkar muat per trip (jam/trip)} \\ W_{OG} &= \text{lama olah gerak kapal di pelabuhan per trip (jam/trip)} \\ W_L &= \text{lama pelayaran per trip yang ditentukan dengan persamaan 4} \\ FP &= \frac{SWP \times HO}{WP} \end{aligned} \quad (6)$$

Di mana:

$$\begin{aligned} FP &= \text{frekuensi Potensial yang dapat dicapai per tahun (trip/tahun)} \\ SWP &= \text{Satuan waktu pelayanan (jam)} \\ HO &= \text{Total hari operasi dalam} \\ WP &= \text{lama operasi pengangkutan per trip (jam/trip) yang ditentukan dengan persamaan 5} \end{aligned}$$

2.4 Biaya Operasi Kapal

Biaya operasional adalah biaya yang dikeluarkan untuk pengelolaan usaha transportasi selama berlayar dan berlabuh. Komponen biaya operasi kapal terdiri atas biaya langsung dan biaya tidak langsung.

2.4.1 Biaya langsung

A. Biaya Tetap

Biaya tetap tergantung dari waktu dan tidak terpengaruh dengan penggunaan kendaraan. Beberapa dari biaya tetap mempunyai hubungan yang tetap dengan keberadaan kendaraan dengan kata lain, bahwa pemilik hanya dapat menghilangkan biaya ini dengan menjual kendaraannya; ada bagian lain dari biaya ini yang dapat dihindari dengan tidak mengoperasikan kendaraan dalam suatu jangka waktu tertentu. Komponen biaya dari biaya tetap adalah sebagai berikut.

1. Biaya depresiasi

Biaya penyusutan kapal atau yang dikenal sebagai depresiasi ini berhubungan dengan penurunan dalam nilai aktiva tahun lama, aktiva mana memberikan sumbangan bagi produksi yang meliputi beberapa unit atau siklus produksi. Persamaan yang digunakan untuk menentukan biaya operasi kapal menggunakan persamaan 7 sebagai berikut.

$$BD = \frac{HK - NR}{MP} \quad (7)$$

Di mana:

- BD = Biaya Depresiasi (Rp/tahun) yang ditentukan pada persamaan 7
- HK = Harga Kapal didasarkan atas harga kapal/GT
- NR = Nilai residu 5%*HK (Rp/tahun)
- MP = Masa penyusutan selama 25 tahun

2. Biaya Bunga Modal

Biaya Bunga Modal adalah biaya real yang harus dikeluarkan oleh perusahaan untuk memperoleh dana baik berasal dari utang, saham preferen, saham biasa, dan laba ditahan untuk mendanai suatu investasi atau operasi perusahaan. Besarnya nilai biaya bunga modal dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 8.

$$BPM = \frac{\frac{N + 1}{2} \times (65\% \times HK) \times i}{N} \quad (8)$$

Di mana:

- BPM = Biaya bunga pinjaman modal (Rp/tahun) yang ditentukan dengan persamaan 8
- N = Jangka waktu pinjaman (10 tahun)
- HK = Harga kapal (Rp)
- i = Tingkat bunga (9.5%)

3. Biaya Asuransi Kapal

Biaya Asuransi Kapal adalah sejumlah biaya yang dikeluarkan oleh pemilikkapal dalam jangka waktu tertentu sebagai kewajiban pemilik kapal sebagai tertanggung. Besarnya nilai biaya asuransi kapal dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 9.

$$BPA = 1,5\% \times \text{Harga Kapal} \quad (9)$$

Di mana:

- BPA = Biaya premi asuransi (Rp/tahun) yang ditentukan dengan persamaan 9
- HK = Harga kapal (Rp)

4. Biaya Anak Buah Kapal (ABK)

Biaya anak buah kapal terdiri atas gaji upah, tunjangan, dan konsumsi air tawar sesuai dengan PM 66 Tahun 2019.

1) Gaji Upah

$$\text{Gaji Upah} = \frac{\frac{\text{Gaji rata - rata}}{\text{orang}}}{\text{bulan}} \times \text{Jumlah ABK} \times 12 \text{ bulan} \quad (10)$$

2) Tunjangan

a. Uang Makan

$$\text{Uang makan} = \frac{\frac{\text{Uang makan}}{\text{orang}}}{\text{hari}} \times \text{jumlah hari} \times \text{Jumlah ABK} \times 12 \text{ bulan} \quad (11)$$

b. Premi Layar

$$\text{Premi layar} = \frac{\frac{\text{Premi layar}}{\text{orang}}}{\text{hari}} \times \text{jumlah hari} \left(\frac{\text{hari}}{\text{tahun}} \right) \times \text{Jumlah ABK} \quad (12)$$

c. Kesehatan

$$\text{Kesehatan} = \frac{\frac{\text{Tunjangan Kesehatan}}{\text{orang}}}{\text{bulan}} \times \text{Jumlah ABK} \times 12 \text{ bulan} \quad (13)$$

d. Pakaian dinas

$$\text{Pakaian dinas} = \frac{\frac{2 \text{ stel}}{\text{orang}}}{\text{tahun}} \quad (14)$$

e. BPJS Ketenagakerjaan

$$\text{BPJS Ketenagakerjaan} = 5\% \times \text{Gaji ABK} \quad (15)$$

f. Tunjangan Hari Raya

$$\text{tunjangan hari raya} = 1 \text{ bulan Gaji} \quad (16)$$

3) Biaya kebutuhan air tawar ABK merupakan komponen biaya air tawar yang ditentukan berdasarkan PM 66 Tahun 2019

$$= \text{Jumlah ABK} \times \frac{\frac{\text{Jumlah Pemakaian Air}}{\text{Orang}}}{\text{Hari}} \times \frac{\text{Hari Operasi Kapal}}{\text{Tahun}} \times \text{harga air tawar} \quad (17)$$

B. Biaya Tidak Tetap

1. Biaya operasi Mesin

Kapal *ferry* umumnya memiliki dua unit mesin induk sebagai sumber tenaga penggerakannya. Sebagai penggerak sumber tenaga listrik, kapal *ferry* biasanya dilengkapi dengan dua unit mesin bantu. Biaya operasi mesin kapal adalah rangkuman dari biaya bahan bakar minyak, minyak lumas dan air pendingin.

Biaya operasi mesin induk maupun mesin bantu per satuan waktu (jam) operasi dapat dihitung dengan menerapkan persamaan berikut ini.

$$B_{M'J} = P_M \{ (K_{BBM} \cdot H_{BBM}) + (K_{ML} \cdot H_{ML}) + (K_{AP} \cdot H_{AP}) \} \quad (18)$$

Di mana:

$B_{M'J}$	=	Biaya operasi mesin per jam (Rp./jam) yang ditentukan pada persamaan 18
P_M	=	Daya mesin (HP) atau (PK=1.014 HP)
K_{BBM}	=	Kebutuhan bahan bakar minyak (0.13 liter/PK.jam)
K_{ML}	=	Kebutuhan minyak lumas (0.003 liter/PK.jam)
K_{AP}	=	Kebutuhan air pendingin (0.192 liter/PK.jam)
H_{BBM}	=	Harga satuan bahan bakar minyak (Rp./liter)
H_{ML}	=	Harga satuan minyak lumas (Rp./liter)
H_{AP}	=	Harga satuan air pendingin (Rp./ton)

- a. Biaya operasi mesin kapal selama operasi pengangkutan. Setiap operasi pengangkutan atau pelayaran dilakukan, kedua mesin induk selalu dioperasikan paralel. Bagian-bagian waktu operasi mesin induk per trip adalah waktu pemanasan awal, waktu olah gerak kapal di pelabuhan, dan waktu kapal dalam pelayaran. Dengan demikian, lama dan biaya operasi mesin induk dapat dihitung dengan menerapkan persamaan berikut ini:

$$W_{MI} = W_{PMI} + W_{OG} + W_L \quad (19)$$

$$B_{MI} = W_{MI} \cdot B_{M'J} \quad (20)$$

$$B_{OMIT} = F \cdot B_{MI} \quad (21)$$

Di mana:

W_{MI}	=	Lama operasi mesin induk per trip (Rp./trip) yang ditentukan persamaan 19
W_{PMI}	=	Lama pemanasan awal mesin induk menjelang kapal diberangkatkan (jam/trip)
W_{OG}	=	Lama olah gerak kapal di pelabuhan per trip (jam/trip)
W_L	=	Lama pelayaran per trip (jam/trip) yang ditentukan persamaan 4
B_{MI}	=	Biaya operasi mesin induk per trip (Rp./trip) yang ditentukan persamaan 20
B_{OMIJ}	=	Biaya operasi mesin induk per jam (Rp./jam) yang ditentukan persamaan 18
B_{OMIT}	=	Biaya operasi mesin induk per tahun (Rp./trip) yang ditentukan persamaan 21
F	=	Frekuensi pengangkutan yang dicapai per tahun (trip/tahun)

Seperti halnya mesin induk, mesin bantu juga dioperasikan selama operasi pengangkutan. Namun, pengoperasian kedua mesin bantu secara paralel hanya dilakukan pada saat satu jam (*one hour nautic*) menjelang kapal diberangkatkan sampai selesai olah gerak di pelabuhan asal, dan saat satu jam (*one hour nautic*) menjelang tiba hingga selesai olah gerak dan tambat

di pelabuhan tujuan. Sesuai dengan batasan waktu operasinya, lama dan biaya operasi mesin bantu sewaktu operasi pengangkutan dapat dihitung dengan menerapkan persamaan berikut ini.

$$W_{MB1} = W_{BM} + W_{OG} + W_L \quad (22)$$

$$W_{MB2} = O_{HNA} + O_{HNT} + W_{OG} \quad (23)$$

; untuk $W_L > O_{HNT}$

$$W_{MB2} = O_{HNA} + W_{OG} + W_L \quad (24)$$

; untuk $W_L \leq O_{HNT}$

Di mana:

W_{MB1}	=	Lama operasi mesin bantu 1 per trip (jam/trip) yang ditentukan pada persamaan 22
W_{BM}	=	Lama kegiatan bongkar muat per trip (jam/trip)
W_{OG}	=	Lama olah gerak kapal di pelabuhan per trip (jam/trip)
W_L	=	Lama pelayaran per trip (jam/trip) yang ditentukan pada persamaan 4
W_{MB2}	=	Lama operasi mesin bantu 2 per trip (jam/trip)
O_{HNA}	=	<i>One hour nautic</i> di pelabuhan asal (jam/trip)
O_{HNT}	=	<i>One hour nautic</i> di pelabuhan tujuan (jam/trip)

Karena kedua mesin bantu kapal mempunyai daya yang sama besar atau masing-masing setengah dari total daya mesin bantu, maka lama kumulatif operasi mesin bantu per trip operasi pengangkutan dapat dihitung dengan menerapkan persamaan berikut ini.

$$B_{MB} = W_{KMB} \cdot B_{MB}' \quad (25)$$

$$B_{MB}'T = F \cdot B_{MB} \quad (26)$$

Di mana:

B_{MB}	=	Biaya operasi mesin bantu per trip (Rp./trip) yang ditentukan persamaan 25
W_{KMB}	=	Lama kumulatif operasi kedua mesin bantu per trip (jam/trip)
B_{MB}'	=	Biaya operasi mesin bantu per jam (Rp./jam) yang ditentukan pada persamaan 18
$B_{MB}'T$	=	Biaya operasi mesin bantu per tahun (Rp./trip) yang ditentukan persamaan 26
F	=	Frekuensi pengangkutan (trip/tahun)

- b. Biaya operasi mesin selama kapal berlabuh. Kapal berlabuh yang dimaksud di sini adalah sewaktu kapal berada di pelabuhan di luar waktu operasi pengangkutan. Sewaktu kapal berlabuh, hanya satu mesin bantu kapal yang dioperasikan. Lama dan biaya operasinya dapat dihitung dengan

menerapkan persamaan berikut ini.

$$W_{MB'PT} = 24 \cdot JH - F \cdot WP \quad (27)$$

$$B_{MB'PT} = 0,5 W_{MB'PT} \cdot B_{MB'J} \quad (28)$$

Di mana:

$W_{MB'PT}$	=	Lama operasi mesin bantu sewaktu kapal berlabuh per tahun (jam/tahun) yang ditentukan persamaan 27
JH	=	Jumlah hari operasi per tahun (hari/tahun)
F	=	Frekuensi pengangkutan yang dicapai per tahun (trip/tahun)
$B_{MB'PT}$	=	Biaya operasi mesin bantu per tahun (Rp./tahun) yang ditentukan pada persamaan 28
WP	=	Lama operasi pengangkutan per trip (jam/trip) yang ditentukan pada persamaan 5
$B_{MB'J}$	=	Biaya operasi mesin bantu per jam (Rp./jam) yang ditentukan pada persamaan 18

2. Biaya Gemuk

Biaya gemuk berdasarkan PM 69 Tahun 2019 menggunakan persamaan 29 sebagai berikut.

$$\text{Biaya Gemuk} = \frac{\frac{\text{Jumlah Pemakaian Gemuk}}{\text{Bulan}} \times \frac{\text{Harga Gemuk}}{\text{Kg}}}{\frac{\text{Jumlah Operasi Kapal}}{\text{Bulan}}} \quad (29)$$

Di mana:

Pemakaian gemuk diasumsikan untuk kapal ukuran:

- | | | |
|-------------------------|---|-------|
| (1) Kurang dari 150 GT | = | 20 Kg |
| (2) 151 s/d 400 GT | = | 30 Kg |
| (3) 401 s/d 500 GT | = | 40 Kg |
| (4) 501 s/d 1.000 GT | = | 50 Kg |
| (5) Lebih dari 1.000 GT | = | 60 Kg |

3. Biaya jasa kepelabuhan. Pelayanan kapal ferry di pelabuhan diantaranya adalah jasa labuh dan tambat. Jasa labuh adalah pelayanan kapal untuk berlabuh dengan aman di kolam pelabuhan. Jasa tambat adalah pelayanan kapal bertambat di dermaga untuk dapat melakukan kegiatan bongkar muat dengan lancar. Biaya satuan jasa tambat dan jasa labuh merupakan fungsi dari tonase kapal yang dihitung dengan menerapkan persamaan berikut.

$$B_{JT'C} = GRT \cdot T_{JT} \quad (30)$$

$$B_{JL'J} = GRT \cdot T_{JL} \quad (31)$$

Di mana:

$$\begin{aligned} B_{JT'C} &= \text{Biaya jasa tambat per } call \text{ atau setiap kali} \\ &\text{bertambat (Rp./call) yang ditentukan persamaan 30} \\ B_{JL'J} &= \text{Biaya jasa labuh per jam (Rp./jam) yang ditentukan} \\ &\text{persamaan 31} \\ GRT &= \text{Gross register tonnage atau tonase kapal (GT)} \\ T_{JT} &= \text{Tarif jasa tambat (Rp./GT.call)} \\ T_{JL} &= \text{Tarif jasa labuh (Rp./GT.jam)} \end{aligned}$$

Misalkan suatu kapal dioperasikan pada lintas penyeberangan A – B. Jika kapal berlayar dari A ke B untuk trip yang pertama dan dari B ke A untuk trip kedua, maka *call* ke-1 adalah saat kapal bertambat di pelabuhan A, *call* ke-2 adalah saat kapal bertambat di pelabuhan B, dan *call* ke-3 adalah saat kapal bertambat di pelabuhan A setelah kembali dari pelabuhan B. Jadi, jumlah *call* atau frekuensi kapal bertambat adalah frekuensi pengangkutan ditambah satu. Biaya jasa tambat kapal sebagai fungsi dari frekuensi pengangkutan dapat dihitung dengan menerapkan persamaan berikut ini.

$$B_{JT'T} = (F + 1) B_{JT'C} \quad (32)$$

Di mana:

$$\begin{aligned} B_{JT'T} &= \text{Biaya jasa tambat per tahun (Rp. /tahun) yang} \\ &\text{ditentukan persamaan 32} \\ F_L &= \text{Frekuensi pelayaran yang dicapai per tahun (trip/tahun)} \\ B_{JT'C} &= \text{Biaya jasa tambat per } call \text{ atau setiap kali bertambat} \\ &\text{(Rp./call) yang ditentukan pada persamaan 30} \end{aligned}$$

Berbeda halnya dengan biaya jasa tambat, biaya jasa labuh merupakan fungsi berbanding terbalik dengan frekuensi pengangkutan. Lama kapal berlabuh akan berkurang dengan bertambahnya frekuensi pengangkutan. Lama kapal berlabuh dan biaya jasa labuh per tahun dapat dihitung dengan menerapkan persamaan berikut ini.

Berbeda halnya dengan biaya jasa tambat, biaya jasa labuh merupakan fungsi berbanding terbalik dengan frekuensi pengangkutan. Lama kapal berlabuh akan berkurang dengan bertambahnya frekuensi pengangkutan. Lama kapal berlabuh dan biaya jasa labuh per tahun dapat dihitung dengan menerapkan persamaan berikut ini.

$$W_{KL'T} = 24 \cdot JH - FL \cdot WP \quad (33)$$

$$B_{JL'T} = W_{KL'T} \cdot B_{JL'J} \quad (34)$$

Di mana:

$W_{KL'T}$	=	lama kapal berlabuh per tahun (jam/tahun) yang ditentukan persamaan 33
J_H	=	jumlah hari operasi per tahun (hari/tahun)
FL	=	frekuensi pengangkutan (trip/tahun)
W_P	=	lama operasi pengangkutan per trip (jam/trip) yang ditentukan pada persamaan 5
$B_{JL'T}$	=	biaya jasa labuh per tahun (Rp./tahun) yang ditentukan pada persamaan 34
$B_{JL'j}$	=	biaya jasa labuh per jam (Rp./jam) yang ditentukan pada persamaan 30

4. Biaya Air Tawar Penumpang

Pelayanan yang diberikan kepada penumpang selama pelayaran hanya pemenuhan kebutuhan air tawar untuk jamban, tidak termasuk untuk mandi. Biaya air tawar ditentukan dengan menggunakan persamaan 35 sebagai berikut:

$$B_{ATP} = \text{Kapasitas Angkut Penumpang} \times \frac{\frac{\text{Jumlah Pemakaian Air Penumpang}}{\text{Mil}}}{\text{Trip}} \times \text{jarak pelayaran} \times F \quad (35)$$

Jumlah pemakaian air tawar untuk penumpang ditentukan sebesar 0,5/orang/mil

5. Biaya Cuci Kapal erdasarkan PM 66 tahun 2019 ditentkan dengan menggunakan persamaan 36 sebagai berikut.

$$\text{Cuci Kapal} = \text{GT Kapal} \times \frac{\frac{\text{Jumlah Pemakaian Air}}{\text{GT}}}{\text{Hari}} \times \frac{\text{Hari Operasi Kapal}}{\text{Tahun}} \times \frac{\text{Harga Air Tawar}}{\text{Liter}} \quad (36)$$

6. Biaya RMS (*Repair, Maintenance, Supply*)

Adalah biaya yang dikeluarkan kepada pihak luar yang melaksanakan pekerjaan reparasi dan maintenance kapal, yang termasuk maintenance dan perlengkapan meliputi geladak, alat- alat mekanik bongkar muat kapal, suku cadang, investasi kerja yang digunakan kapal. Sedangkan yang tergolong suplai adalah biaya barang-barang konsumsi di kapal tidak termasuk bahan bakar, air tawar, dan minyak lumas. Sebagai jaminan keselamatan, reparasi kapal ferry wajib dilaksanakan setiap tahun di atas dok. Biaya reparasi ini meningkat dari tahun ketahun sejalan dengan pertumbuhan umur kapal.

2.4.2 Biaya Tidak Langsung

A. Biaya Tetap

1. Biaya Pegawai Darat (Kantor Cabang dan Perwakilan) terdiri dari

- a. Gaji Upah dihitung berdasarkan gaji rata-rata pegawai darat yaitu Kepala Cabang dan staff
 - b. Tunjangan terdiri dari makan & transpor, kesehatan, pakaian dinas, jamsostek dan tunjangan hari raya
2. Biaya Biaya Pengelolaan & Manajemen
- Biaya ini merupakan sejumlah biaya yang dikeluarkan untuk kepentingan administrasi dan management yang tidak langsung menunjang pengelolaan terapan, pendidikan dan latihan, kompensasi bagi karyawan, pengawasan dan biaya administrasi. Biaya ini ditentukan berdasarkan 7% dari pendapatan per kapal yang didapatkan dari pengoperasian tahun sebelumnya.

B. Biaya Tidak Tetap

Biaya tidak tetap terdiri atas:

- a. Biaya kantor cabang, kantor perwakilan, dan rumah dinas
- b. Biaya Pemeliharaan Kantor dan Rumah Dinas Dibebankan 10% dari biaya sewa per tahun
- c. Biaya Alat Tulis Kantor dan Barang Cetak yaitu biaya rata-rata per bulan dikali 12 bulan
- d. Biaya Telepone; Pos; Listrik dan Air Tawar yaitu biaya rata-rata per bulan dikali 12 bulan
- e. Biaya Inventaris Kantor
Perbandingan antara total nilai inventaris kantor dengan umur ekonomis, dimana nilai ekonomisnya 5 tahun.
- f. Biaya Pengawasan dan Perjalanan Dinas

Berdasarkan keputusan Menteri Perhubungan No. PM 66 tahun 2019 maka total biaya operasional kapal dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$BOK_{total} = \text{Biaya Langsung (A)} + \text{Biaya Tidak Langsung (B)} \quad (36)$$

Sedangkan biaya pokok produksi jasa transportasi (tarif dasar) dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$BPJ = \frac{BOK_{total}}{L.F.F} \quad (37)$$

BPJ	=	Biaya produksi jasa transportasi (Rp/Sup.trip)
BOKtotal	=	Total biaya operasi kapal (Rp/Tahun)
LF	=	Load factor rencana (SUP)
F	=	Frekuensi rencana (trip/tahun)

2.5 Basis Pola Operasi

Penentuan basis pola operasi menentukan jumlah frekuensi minimum yang dibutuhkan untuk setiap load factor yang menunjukkan hasil pendapatan sama dengan biaya operasi (Kriteria kelayakan). Berdasarkan variasi frekuensi potensial rencan masing – masing kapal yang digunakan maka ditentukan load factor yang dibutuhkan untuk memenuhi kriteria kelayakan menggunakan persamaan 38 dan 39

$$\text{Muatan (Sup)} = \frac{\text{Biaya Tetap} \left(\frac{Rp}{\text{tahun}} \right) + (\text{biaya variabel} \left(\frac{Rp}{\text{trip}} \right) \times \text{frekuensi rencana})}{(\text{Tarif dasar} \times \text{frekuensi rencana}) \left(\frac{Rp}{\text{Sup}} \right) \left(\frac{Rp}{\text{tahun}} \right)} \quad (38)$$

$$LF = \frac{\text{Muatan}}{\text{Kapasitas Kapal tersedia}} \quad (39)$$

2.5 Metode Optimasi Simulasi

Ada beberapa metode optimasi simulasi yang dapat digunakan sebagai berikut:

1. Metode Simulated Annealing: Metode ini terinspirasi dari proses pendinginan logam yang dikendalikan secara terkontrol (annealing). Simulated Annealing adalah metode optimasi yang mencoba menemukan solusi terbaik dengan menjelajahi ruang solusi secara acak. Pada awalnya, metode ini melakukan pencarian dalam berbagai kombinasi pola operasi yang mungkin. Kemudian, metode ini secara iteratif melakukan perubahan kecil dalam pola operasi dan menghitung biaya produksi jasa transportasi yang terkait. Solusi baru diterima atau ditolak berdasarkan suatu kriteria probabilitas yang terkait dengan perubahan biaya produksi. Metode ini berusaha mencapai solusi yang optimal melalui eksplorasi dan penjelajahan berbagai kemungkinan pola operasi.
2. Algoritma Genetika: Algoritma Genetika adalah metode optimasi yang terinspirasi dari proses evolusi dalam genetika. Metode ini menggunakan konsep seleksi alam, persilangan (crossover), dan mutasi untuk mencari solusi

yang optimal. Dalam konteks pola operasi kapal, setiap solusi direpresentasikan sebagai individu dalam populasi. Populasi ini kemudian melewati iterasi yang disebut generasi. Pada setiap generasi, individu-individu yang memiliki performa terbaik (dalam hal biaya produksi) dianggap lebih mungkin untuk diturunkan ke generasi berikutnya melalui persilangan. Selain itu, beberapa individu juga dapat mengalami mutasi acak untuk memperluas ruang pencarian solusi. Dengan melalui beberapa generasi, diharapkan algoritma dapat mengkonvergensi ke solusi yang lebih optimal.

3. Pencarian Tabu: Metode Pencarian Tabu adalah metode optimasi yang menggunakan daftar tabu untuk menghindari solusi yang sudah dievaluasi sebelumnya. Daftar tabu berfungsi untuk mencatat langkah-langkah yang tidak diinginkan atau solusi yang sudah dievaluasi agar tidak diulang dalam iterasi berikutnya. Dengan mempertahankan keragaman solusi yang dijelajahi dan mencegah penjebakan dalam minimum lokal, metode Pencarian Tabu berusaha menemukan solusi yang lebih optimal melalui pencarian berkelanjutan dengan melibatkan solusi sebelumnya.
4. Optimasi Berdasarkan Populasi: Metode optimasi ini melibatkan penggunaan populasi solusi yang berkembang seiring waktu. Dalam setiap iterasi, solusi dalam populasi dievaluasi dan dikombinasikan untuk menghasilkan generasi berikutnya. Metode ini dapat mencakup algoritma evolusioner seperti Algoritma Genetika, Particle Swarm Optimization (PSO), atau Evolutionary Strategies (ES). Dengan kombinasi variasi genetik dan evaluasi terhadap populasi solusi, metode optimasi berdasarkan populasi berusaha untuk mencapai solusi yang optimal dalam konteks pola operasi kapal