

Perencanaan Angkutan Penyeberangan pada Rute Tahoku-Luhu untuk Meningkatkan Konektivitas Koridor Ambon-Seram di Provinsi Maluku

Hanok Mandaku^{*1}, Mentari Rasyid¹, dan Dewi S. Nunlehu²

¹Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik Universitas Pattimura

Jl. Ir. M. Putuhena, Kota Ambon, Indonesia

²Program Studi Perencanaan Wilayah & Kota, Fakultas Teknik Universitas Pattimura

Jl. Ir. M. Putuhena, Kota Ambon, Indonesia

*E-mail: hanokmandaku30@gmail.com

Diterima: 15 Februari 2024, direvisi: 1 Agustus 2024, disetujui: 6 November 2024,
tersedia daring: 27 Desember 2024, diterbitkan: 31 Desember 2024

Abstrak

Koridor Ambon-Seram di Provinsi Maluku merupakan kawasan potensial yang memiliki interaksi relatif tinggi dibanding kawasan lainnya. Meski demikian, kawasan Semenanjung Huamual di bagian barat Pulau Seram masih sulit diakses untuk distribusi barang dan komoditas masyarakat. Sejauh ini hanya mengandalkan moda pelayaran rakyat (kapal kayu dan *speedboat*) berukuran kecil yang beroperasi pada rute Tahoku (Pulau Seram)-Luhu (Pulau Ambon). Kondisi ini selain rentan terhadap kecelakaan, juga belum mampu melayani arus penumpang dan barang. Akibatnya masyarakat beralih ke rute lain dengan risiko biaya dan waktu perjalanan yang lebih tinggi sehingga membebani secara ekonomi dan menurunkan nilai konektivitas wilayah. Penelitian ini bertujuan untuk merencanakan angkutan penyeberangan pada rute Tahoku-Luhu guna meningkatkan konektivitas pada koridor antar-pulau Ambon-Seram di Provinsi Maluku. Pendekatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode regresi linear untuk memproyeksikan potensi dan pertumbuhan muatan berdasarkan data historis. Hasil proyeksi tersebut menjadi dasar perencanaan pola operasional, kebutuhan fasilitas transportasi, dan spesifikasi kapal yang sesuai. Analisis dilakukan dengan cakupan jangka panjang selama 20 tahun, mencakup proyeksi pergerakan penumpang, kendaraan, dan barang. Hasil penelitian menunjukkan rata-rata pertumbuhan muatan per tahun sebesar 5% untuk penumpang, 12% untuk kendaraan roda dua, dan 50% untuk barang. Pada perencanaan jangka panjang (20 tahun rencana), jumlah pergerakan diperkirakan mencapai rata-rata 70 orang per hari, 102 kendaraan roda dua per hari, dan 62 ton barang per hari. Untuk memenuhi kebutuhan ini, pola operasional yang diusulkan meliputi kecepatan kapal sebesar 9 knot, waktu operasional pelabuhan selama enam jam per hari, dan frekuensi pelayaran sebanyak satu roundtrip per hari. Selain itu, diperlukan fasilitas tambahan berupa satu unit kapal jenis Ro-Ro, dermaga, gedung terminal seluas 135 m², serta area parkir kendaraan seluas 224,84 m².

Kata kunci: angkutan penyeberangan, konektivitas, pelabuhan, pola operasional.

Abstract

Ferry Transport Planning on the Tahoku – Luhu Route to Increase Connectivity of the Ambon-Seram Corridor in Maluku Province: The Ambon – Seram Corridor in Maluku Province is a potential area that has relatively high interactions compared to other places. However, the Huamual Peninsula area on the western part of Seram Island remains difficult to access to distribute people's goods and commodities. Currently, they have only relied on small-scale wooden boats and speedboats operating on the Tahoku (Seram Island) – Luhu (Ambon Island) route. Apart from being prone to accidents, this condition can also not serve the flow of passengers and goods. As a result, people often switch to other routes, incurring higher costs and longer travel times, which burdens the local economy and reduces regional connectivity. This study aims to plan a ferry transportation service on the Tahoku-Luhu route to enhance connectivity in the Ambon-Seram inter-island corridor in Maluku Province. The approach used in this research is the linear regression method to project the potential and growth of cargo based on historical data. These projections form the basis for planning operational patterns, transportation facility needs, and appropriate vessel specifications. The research results show that the average annual growth in cargo is 5% for passengers, 12% for two-wheeled vehicles, and 50% for goods. Over a 20-year planning period the projected daily movement is estimated to average 70 passengers, 102 two-wheeled vehicles, and 62 tons of goods. To meet these demands, the proposed operational patterns include a vessel speed of 9 knots, port operational hours of six hours per day, and a sailing frequency of one roundtrip per day. Additionally, supplementary facilities are required, including one Ro-Ro type vessel, a pier, a 135 m² terminal building, and a 224.84 m² vehicle parking area..

Keywords: connectivity, ferry, operational pattern, port.

1. Pendahuluan

Transportasi merupakan salah satu sektor yang berperan penting dalam menunjang dan menggerakkan dinamika pembangunan karena transportasi berfungsi sebagai katalisator dalam mendukung pertumbuhan ekonomi dan pengembangan wilayah [1]. Pada skala yang lebih luas, transportasi berperan sebagai urat nadi kehidupan bidang ekonomi, sosial, budaya, pertahanan, dan keamanan serta sebagai sarana untuk meningkatkan dan pemeratakan kesejahteraan masyarakat [2]. Fungsi dan peran vital dari transportasi tersebut dapat termanifestasi bila didukung oleh ketersediaan sarana dan prasarana transportasi yang andal dan terpadu.

Transportasi laut dan penyeberangan merupakan bagian dari sistem transportasi nasional yang memegang peranan penting dan strategis dalam mobilitas penumpang, barang, dan jasa di wilayah kepulauan. Provinsi Maluku merupakan salah satu wilayah kepulauan yang luas yang didominasi oleh laut dan terdiri dari banyak pulau kecil sehingga sangat mengandalkan sistem transportasi laut dan penyeberangan dalam mobilitas penduduk [3] serta kegiatan distribusi barang antarpulau [4]. Fakta tersebut mengindikasikan bahwa penyediaan sarana dan prasarana transportasi laut dan penyeberangan yang cukup dengan didukung oleh pelayanan jasa di pelabuhan yang optimal sangat dibutuhkan dalam rangka meningkatkan konektivitas dan interaksi antarpulau [2].

Koridor Pulau Ambon-Pulau Seram adalah kawasan potensial yang memiliki interaksi relatif tinggi dibanding kawasan lainnya di Provinsi Maluku. Salah satu indikasinya adalah pelayanan transportasi oleh beragam moda, baik darat, laut, dan penyeberangan maupun udara. Meski demikian, kawasan Semenanjung Huamual di bagian barat Pulau Seram (Kabupaten Seram bagian barat) hingga kini masih sulit diakses terutama untuk distribusi barang dan komoditas masyarakat. Transportasi masyarakat dari dan menuju Pulau Ambon hanya mengandalkan moda pelayaran rakyat (kapal kayu dan *speedboat*) berukuran kecil yang beroperasi pada rute Tahoku (Pulau Seram)-Luhu (Pulau Ambon). Fakta tersebut selain rentan terhadap kecelakaan [5] juga belum mampu melayani mobilitas penumpang dan distribusi barang yang relatif tinggi. Akibatnya sering kali masyarakat beralih ke rute Hunimua-Waipirit dengan risiko biaya dan waktu perjalanan yang lebih tinggi. Risikonya selain membebani masyarakat secara ekonomi, juga memosisikan Kabupaten Seram bagian barat ke dalam wilayah yang memiliki nilai konektivitas rendah di Provinsi Maluku [6]. Oleh sebab itu, sarana dan prasarana transportasi pada rute tersebut perlu direncanakan dan dikembangkan dengan baik, karena kapasitas dan pengaturan infrastruktur transportasi merupakan elemen kunci dalam penentuan aksesibilitas dan peningkatan konektivitas [7].

Peningkatan konektivitas wilayah melalui pengembangan infrastruktur transportasi mesti memperhatikan karakteristik dan potensi suatu wilayah. Karakteristik Provinsi Maluku sebagai wilayah kepulauan adalah jumlah penduduk yang relatif kecil di tiap pulau serta memiliki beragam komoditas dalam jumlah terbatas. Karakteristik dan potensi tersebut membutuhkan moda transportasi yang mampu mengangkut penumpang dan barang secara bersama-sama agar dapat meningkatkan *load factor*. Berdasarkan kriteria dimaksud, maka pilihan terhadap angkutan penyeberangan (kapal feri) sebagai moda transportasi antarpulau di Provinsi Maluku adalah tepat [8]. Pada aspek risiko, penggunaan kapal feri juga memberikan jaminan terhindar dari kemungkinan kecelakaan pelayaran yang fatal.

Angkutan penyeberangan merupakan salah satu bentuk sistem transportasi yang diperlukan untuk menghubungkan daerah-daerah yang dibatasi oleh perairan seperti laut, sungai ataupun danau [9]. Angkutan penyeberangan berfungsi sebagai jembatan yang menghubungkan jaringan jalan yang terputus untuk mengangkut penumpang dan kendaraan beserta muatannya [2]. Kendaraan beserta muatannya diartikan sebagai kesatuan barang dengan kendaraannya atau barang jinjingan sehingga tidak memerlukan proses bongkar muat dari dan ke kapal [10]. Keunggulan angkutan penyeberangan terletak pada kemampuannya memuat penumpang dan kendaraan (mobil dan sepeda motor) beserta muatannya sekaligus [11]. Dengan kata lain, keunggulan angkutan penyeberangan dibanding moda transportasi tradisional terletak pada aspek fungsionalitas dan keselamatan pelayaran.

Pengembangan angkutan penyeberangan perlu dilakukan melalui perencanaan guna meningkatkan kinerja dan tingkat pelayanan. Kinerja yang maksimal dapat tercapai jika pelabuhan tersebut didukung oleh fasilitas yang mendukung [2]. Selain itu, perlu memperhatikan aspek keselamatan pelayaran [12]. Pengembangan angkutan penyeberangan mesti didasarkan pada beberapa hal, di antaranya kriteria pengembangan, persyaratan operasi, klasifikasi rute, model operasi kapal, dan analisis tingkat investasi [9]. Faktor yang menyebabkan aspek teknis pelabuhan layak untuk dikembangkan antara lain jumlah penumpang, umur kapal, fasilitas perdagangan, lahan parkir, keselamatan penumpang [13].

Berbagai penelitian sebelumnya telah membahas pengembangan transportasi penyeberangan, termasuk peningkatan fasilitas pelabuhan di beberapa wilayah seperti Pelabuhan Penyeberangan Ulee Lheue [13], Sibolga [10], dan Padangbai [14]. Studi ini menggunakan indikator kinerja seperti Berth Occupancy Ratio (BOR), Load Factor (LF), dan metode peramalan volume muatan berbasis regresi untuk

menganalisis kebutuhan pengembangan fasilitas. Selain itu, pendekatan berbasis konsep core-periphery telah diterapkan di Hong Kong, sedangkan studi di Laut Baltik menyoroti persaingan pada pengembangan lintasan baru [15][16]. Penelitian-penelitian tersebut memberikan kerangka penting untuk perencanaan dan pengembangan transportasi penyeberangan.

Namun, hingga saat ini, belum ada penelitian yang secara khusus membahas kebutuhan dan pengembangan angkutan penyeberangan pada rute Tahoku–Luhu yang menghubungkan Semenanjung Huamual di Kabupaten Seram Bagian Barat dengan Pulau Ambon. Saat ini, rute tersebut hanya dilayani oleh kapal kayu dan speedboat kecil yang memiliki keterbatasan kapasitas dan tingkat keselamatan [5]. Moda transportasi tersebut tidak mampu memenuhi permintaan mobilitas penumpang dan distribusi barang yang terus meningkat. Akibatnya, masyarakat sering terpaksa menggunakan rute alternatif dengan biaya dan waktu perjalanan yang lebih tinggi, yang pada akhirnya menurunkan nilai konektivitas wilayah dan membebani ekonomi masyarakat [6].

Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem transportasi penyeberangan pada rute Tahoku–Luhu guna meningkatkan konektivitas wilayah di koridor Ambon–Seram. Dengan menggunakan metode regresi untuk memprediksi pertumbuhan muatan, serta indikator BOR dan LF untuk mengevaluasi kinerja fasilitas, penelitian ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi mengenai kebutuhan fasilitas, pola operasional, dan jenis moda transportasi yang paling sesuai. Penelitian ini memberikan kontribusi penting dengan mengisi kesenjangan dalam kajian sebelumnya dan mendukung pengembangan sistem transportasi antarpulau yang lebih efisien dan efektif di Provinsi Maluku.

2. Metodologi

2.1. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada untuk merencanakan sistem angkutan penyeberangan rute Tahoku-Luhu di Provinsi Maluku. Pengambilan data muatan dilakukan pada bulan Oktober 2023 di Pelabuhan Tahoku, Pulau Ambon. Peta lokasi penelitian terdapat pada Gambar 1.

2.2. Metode Pengumpulan Data

Data penelitian diperoleh melalui observasi lapangan untuk mendapatkan data karakteristik lintasan dan aktivitas bongkar-muat, serta penelusuran kepustakaan untuk mendapatkan data muatan.

2.3. Pengolahan Data

Data karakteristik lintasan dan aktivitas bongkar-muat diolah secara deskriptif kualitatif. Data muatan diolah menggunakan pendekatan kuantitatif untuk memprediksi pertumbuhan muatan dan tingkat kebutuhan terhadap transportasi penyeberangan.

2.4. Analisis Data

Data masa lalu dari tiap jenis muatan merupakan basis data untuk mengestimasi pertumbuhan muatan pada tahun rencana (20 tahun). Pertumbuhan muatan dianalisis dengan metode regresi linear sederhana.

Model persamaan regresi linear sederhana terdapat pada Persamaan (1) [18].

$$Y = a + bx_n + e \quad (1)$$

Di mana:

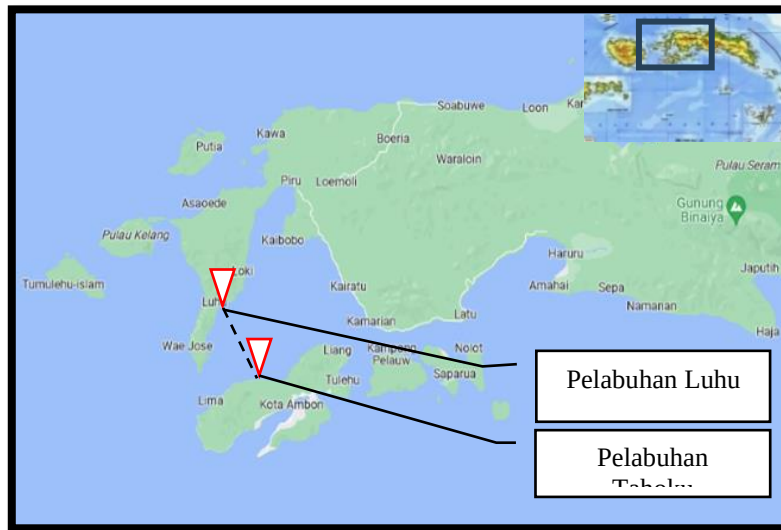
Y = *dependent* (jumlah pertumbuhan muatan)

a = *intercept* (konstanta)

b = koefisien regresi

x_n = *predictor* (jumlah muatan pada tahun ke-n)

e = *error*



Sumber: [17] <https://www.google.com/maps/>, 2023

Gambar 1. Peta lokasi penelitian

Perencanaan operasional angkutan penyeberangan dilakukan berdasarkan indikator produktivitas kapal, kemampuan dermaga, waktu tempuh kapal, jumlah dermaga, dan kebutuhan kapal. Penentuan masing-masing indikator, adalah sebagai berikut:

- Produktivitas kapal merupakan indikator dari kemampuan muat kapal pada suatu waktu tertentu. Dalam penelitian ini, produktivitas kapal dianalisis menggunakan pendekatan Faktor Muat (*Load Factor/LF*), dengan menggunakan Persamaan (2) [19].

$$LF = \frac{Nk}{Ck} \quad (2)$$

di mana:

$$Nk = \text{jumlah muatan}$$

Ck = kapasitas muat kapal

- Kemampuan dermaga merupakan indikator dari ketersediaan dermaga dalam melayani kunjungan kapal. Dalam penelitian ini, kemampuan dermaga dianalisis menggunakan pendekatan *Berth Occupancy Ratio* (BOR), dengan menggunakan Persamaan (3) [19][20].

$$BOR = \frac{BT \cdot \Sigma}{\Sigma} \frac{K}{BH} \quad (3)$$

di mana:

$$BT = \text{Berthing Time (jam)}$$
$$\sum K = \text{jumlah kunjungan kapal/hari}$$
$$\sum B = \text{jumlah dermaga}$$
$$H = \text{waktu operasi pelabuhan/hari (jam)}$$

- Waktu tempuh kapal merupakan indikator dari realisasi kapal dalam menempuh suatu rute pada kurun waktu tertentu. Dalam penelitian ini, waktu tempuh kapal dianalisis menggunakan Persamaan (4) yang diadopsi dari persamaan kecepatan [21].

$$T_{sea} = \frac{s}{SPD} \quad (4)$$

di mana:

$$T_{seq} = \text{waktu tempuh kapal (jam)}$$
$$S = \text{panjang rute (mil)}$$

SPD = kecepatan kapal (knot)

- Jumlah dermaga merupakan indikator dari kecukupan dermaga secara kuantitas dalam melayani tingkat kunjungan kapal pada suatu kurun waktu tertentu. Dalam penelitian ini, jumlah dermaga dianalisis menggunakan Persamaan (5) [21].

$$D = \frac{\frac{FK}{\text{pelabuhan}} \times [T_{sea} + T_{port}]}{T_{ops}} \quad (5)$$

di mana:

D = jumlah dermaga
 FK = frekwensi kapal
 $\sum \text{trip}$ = jumlah trip/hari
 T_{sea} = waktu berlayar
 T_{port} = waktu di pelabuhan
 T_{ops} = waktu operasional pelabuhan

- Kebutuhan kapal merupakan indikator dari kecukupan armada kapal secara kuantitas dalam melayani muatan pada suatu kurun waktu tertentu. Dalam penelitian ini, jumlah kebutuhan kapal dianalisis menggunakan Persamaan (6) [21].

$$K = \frac{\sum \text{trip} \times [T_{sea} + T_{port}]}{T_{ops}} \quad (6)$$

di mana:

K = kebutuhan armada kapal
 $\sum \text{trip}$ = jumlah trip/hari

Perencanaan kebutuhan fasilitas darat pada angkutan penyeberangan dilakukan berdasarkan indikator kebutuhan untuk masing-masing fasilitas, yaitu gedung terminal (ruang tunggu, ruang kantin, ruang administrasi/perkantoran, dan loket+toilet+musala) dan areal parkir (pengantar dan penjemput). Adapun penentuan kebutuhan pada masing-masing fasilitas adalah sebagai berikut:

- Analisis kebutuhan ruang tunggu menggunakan Persamaan (7) [20].

$$A_1 = a. n. N. X. y \text{ (m}^2\text{)} \quad (7)$$

di mana:

a = kebutuhan luas ruang untuk 1 orang/trip (1,2 m²)
 n = jumlah penumpang/trip (70/call)
 N = jumlah kapal yang berangkat pada waktu bersamaan (1 unit)
 X = rasio jumlah penumpang terbanyak dengan jumlah penumpang per kapal (diasumsikan = 1)
 Y = fluktuasi rasio (diasumsikan = 1)

- Analisis kebutuhan ruang kantin (A_2) menggunakan Persamaan (8) [20].

$$A_2 = 15\% \text{ dari } A_1 \quad (8)$$

- Analisis kebutuhan ruang administrasi/perkantoran (A_3) menggunakan Persamaan (9) [20].

$$A_3 = 15\% \text{ dari } A_1 \quad (9)$$

- Analisis kebutuhan ruang loket+toilet+musala (A_4) menggunakan Persamaan (10) [20].

$$A_4 = 25\% \times (A_1 + A_2 + A_3) \quad (10)$$

- Analisis kebutuhan luas gedung terminal menggunakan Persamaan (11) [20].

$$A = (A_1 + A_2 + A_3 + A_4) \quad (11)$$

- Analisis kebutuhan areal parkir kendaraan pengantar menggunakan Persamaan (12) [20].

$$B_1 = b. n. N. X. y \text{ (m}^2\text{)} \quad (12)$$

di mana:

- B_1 = luas areal parkir kendaraan menyeberang
 b = areal per kendaraan {rata-rata b (Gol. II) = $1,32 \text{ m}^2/\text{unit}$; b (Gol. IV) = $11,23 \text{ m}^2/\text{unit}$; b (Gol. V) = $17,12 \text{ m}^2/\text{unit}$ □ untuk memuat 62 ton barang, diperlukan 7 unit truk, asumsi 1 truk 10 ton}
 n = jumlah kendaraan/call
 N = jumlah kapal sandar/bertolak dalam waktu bersamaan (1 unit)
 X = rasio antara jumlah penumpang terbanyak dalam satu hari dengan jumlah penumpang per kapal adalah 1
 y = fluktuasi rasio sebesar 1

- Analisis kebutuhan areal parkir kendaraan penjemput menggunakan Persamaan (13) [20].

$$B_2 = b \cdot n \cdot N \cdot X \cdot y \text{ (m}^2\text{)} \quad (13)$$

Di mana:

- B_2 = luas areal parkir kendaraan penjemput
 b = areal per kendaraan (rata-rata $b = 15 \text{ m}^2/\text{unit}$ minibus)
 n = jumlah penumpang/call (70 orang/call), maka kebutuhan minibus = $70/10 \text{ orang} = 7 \text{ unit minibus}$
 N = jumlah kapal sandar/bertolak dalam waktu bersamaan (1 unit)
 X = rasio antara jumlah penumpang terbanyak dalam satu hari dengan jumlah penumpang per kapal adalah 1
 y = fluktuasi rasio sebesar 1

Analisis pertumbuhan muatan pada tahun rencana dengan metode regresi linear mencerminkan estimasi kebutuhan muatan pada masa mendatang. Hasil estimasi selanjutnya menjadi dasar penentuan pola operasional dan kebutuhan fasilitas angkutan penyeberangan. Pola operasional dan kebutuhan fasilitas yang dihasilkan merupakan optimalisasi terhadap sistem dan kebutuhan angkutan penyeberangan pada rute Tahoku-Luhu.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Gambaran Umum Lintasan Tahoku-Luhu

Lintasan Tahoku-Luhu menghubungkan Pulau Ambon melalui jazirah Leihitu dengan semenanjung Huamual di Pulau Seram. Jarak lintasan pelayaran Tahoku-Luhu adalah 12,4 mil. Kapal rakyat yang dioperasikan berukuran kecil dengan kapasitas muat sebesar 30 orang untuk jenis kapal kayu dan 14 orang untuk jenis *speedboat*. Tiap kapal hanya melayari 1 trip/hari.

Pada sisi Tahoku, pelabuhan juga melayani pelayaran menuju Pulau Manipa, Pulau Kelang dan wilayah pesisir belakang semenanjung Huamual di Kabupaten Seram Bagian Barat. Waktu tempuh menuju Pelabuhan Luhu 1-2 jam. Kapal yang menuju Pulau Manipa, Pulau Kelang dan wilayah pesisir belakang semenanjung Huamual, waktu tempuhnya mencapai 2-3 jam. Pelabuhan Tahoku memiliki dermaga tipe *pier* sepanjang 25x3 meter, beserta sejumlah fasilitas darat seperti areal parkir, ruang tunggu, toilet, musala, dan kantin. Kondisi fasilitas pelabuhan sangat sederhana dan kurang terawat. Tarif penyeberangan untuk tujuan Luhu sebesar Rp30.000/penumpang pada jenis kapal kayu, dan Rp. 50.000/penumpang pada jenis *speedboat*. Keadaan pelabuhan dan tipe kapal di Pelabuhan Tahoku terdapat pada Gambar 2.

3.2. Analisis Kebutuhan

Pengembangan Pelabuhan Tahoku sebagai pelabuhan penyeberangan perlu disesuaikan dengan tingkat kebutuhan. Tingkat kebutuhan merupakan akumulasi dari muatan penumpang, kendaraan R-2 dan barang. Penentuan tingkat kebutuhan didasarkan pada data masa lampau untuk memprediksikan atau mengestimasi kebutuhan di waktu mendatang sesuai periode rencana. Dalam penelitian ini, periode rencana ditetapkan 20 tahun. Data muatan masa lampau pada lintasan Tahoku-Luhu terdapat pada Tabel 1.



Sumber: hasil observasi, 2023

Gambar 2. Keadaan pelabuhan dan tipe kapal

Tabel 1. Data muatan pada lintasan Tahoku-Luhu

Tahun	Jenis Muatan		
	Penumpang (Orang)	Kendaraan R-2 (Unit)	Barang (Ton)
2018	10.200	7.892	1.477
2019	10.800	8.320	2.306
2020	11.340	9.467	2.807
2021	11.720	11.707	4.578
2022	12.900	12.792	5.179

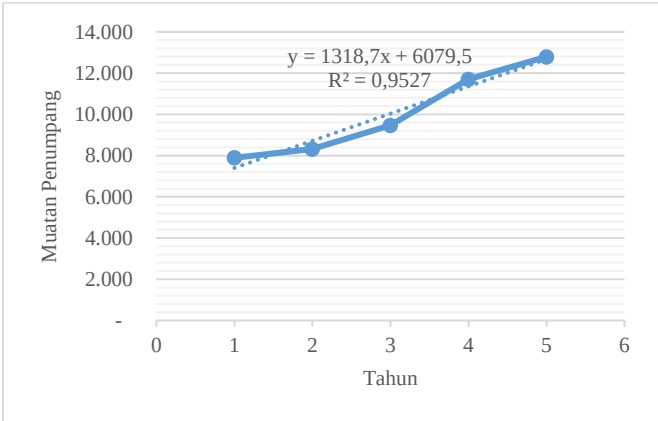
Sumber: [22] Dinas Perhubungan Kabupaten Maluku Tengah, 2023

Data pada Tabel 1 menunjukkan bahwa terdapat tren pertumbuhan muatan tiap tahun yang mencapai 5% untuk penumpang, 12% untuk kendaraan R-2, dan 50% untuk barang. Berdasarkan data tersebut, maka dengan menggunakan Persamaan (1), dihasilkan grafik regresi untuk tiap jenis muatan sebagaimana tampak pada gambar 3, 4, dan 5 beserta model persamaan regresi. Model tersebut selanjutnya digunakan untuk memprediksi pertumbuhan muatan pada tahun rencana. Model dan hasil prediksi muatan disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Model dan hasil prediksi muatan

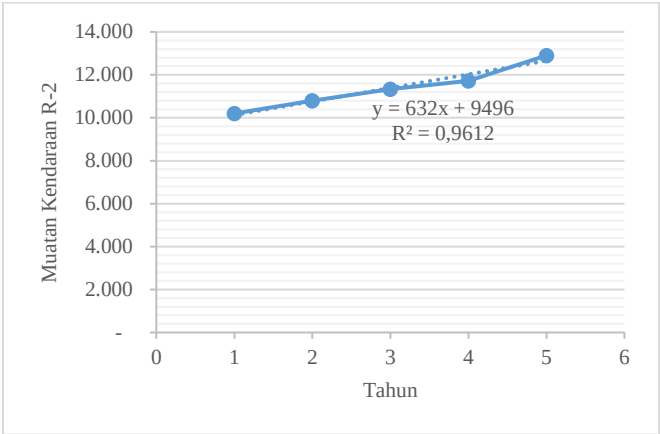
Jenis Muatan	Model Peramalan	R	R ²	Hasil Peramalan (tahun)	Hasil Peramalan (hari)
Penumpang (orang)	$y = 9.496 + 632x$	0,96	0,98	22.136	70
Kendaraan R-2 (unit)	$y = 6.079,5 + 1318.7x$	0,95	0,98	32.454	102
Barang (ton)	$y = 366,6 + 967.6x$	0,96	0,98	19.719	62

Sumber: hasil analisis, 2023



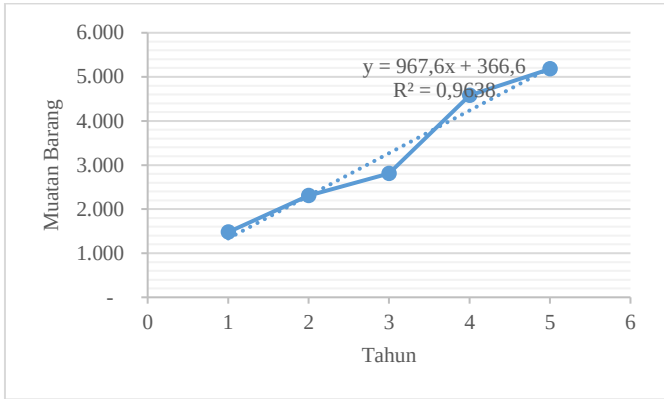
Sumber: hasil analisis, 2023

Gambar 3. Grafik regresi untuk muatan penumpang



Sumber: hasil analisis, 2023

Gambar 4. Grafik regresi untuk muatan kendaraan R-2



Sumber: hasil analisis, 2023

Gambar 5. Grafik regresi untuk muatan barang

Data hasil prediksi muatan pada Tabel 2 menunjukkan bahwa pada periode peramalan, jumlah muatan harian mencapai 70 orang penumpang, 102 unit kendaraan R-2, dan 62 ton barang. Bila hasil ini dibandingkan dengan kapasitas moda transportasi eksisting, maka tingkat kebutuhan sudah melampaui tingkat pelayanan. Oleh karena itu, diperlukan pengembangan pada sistem transportasi sehingga mampu melayani kebutuhan muatan baik penumpang, kendaraan maupun barang. Proses pengembangan diawali dengan penentuan jenis moda yang sesuai, yakni angkutan penyeberangan.

3.3. Perencanaan Pengembangan

Pengembangan sistem transportasi pada lintasan Tahoku-Luhu dilakukan untuk menjawab kebutuhan muatan pada lintasan tersebut. Konsep pengembangan meliputi kapal, pola operasional, dan fasilitas pelabuhan. Berdasarkan karakteristik muatan, maka tipe kapal yang dipilih adalah jenis *Ro-Ro*. Kapasitas muat kapal ditentukan berdasarkan simulasi terhadap tiga unit kapal yang beroperasi di wilayah Maluku dengan pendekatan Satuan Unit Produksi (SUP). Data kapasitas kapal, jumlah muatan kapal berdasarkan SUP, dan hasil perhitungan *load factor* berdasarkan Persamaan (2) terdapat pada Tabel 3.

Tabel 3. Data kapasitas kapal, jumlah muatan dan <i>load factor</i>						
No.	Jenis Muatan	SUP	Kapasitas Kapal			Jumlah Muatan (SUP)
			KMP Terubuk	KMP Samandar	KMP Danau Rana	
1	PNP	1,00	300,00	200,00	120,00	106,98
2	R-2	2,80	-	-	-	194,04
3	R-4 (Gol. IV)	19,81	4,00	4,00	10,00	
4	R-4 (Gol. V)	34,47	10,00	10,00	2,00	
5	Barang	1,00				67,29
	Kapasitas (SUP)		668,51	623,92	386,99	
	Jumlah Muatan (SUP)					417,60
	<i>Load Factor</i>		0,63	0,67	1,08	

Sumber: [23] PT. ASDP Cabang Ambon, 2023

Pilihan terhadap kapasitas kapal didasarkan pada kriteria memaksimalkan *Load Factor* (LF). Berdasarkan data pada Tabel 3, maka terdapat dua alternatif kapal terpilih yang memenuhi kriteria tersebut, yakni KMP. Danau Terubuk ($LF = 0,63$) dan KMP. Samandar ($LF = 0,67$). Mengingat LF pada KMP. Samandar ($0,67$) lebih besar dari LF pada KMP. Terubuk, maka KMP. Samandar yang dipandang memenuhi kriteria sehingga ditetapkan sebagai kapal penyeberangan yang akan disimulasikan sebagai model pada pengembangan sistem angkutan penyeberangan pada rute Tahoku-Luhu.

Pengembangan sistem angkutan penyeberangan diawali dengan perencanaan pola operasional. Pola operasional pada angkutan penyeberangan meliputi waktu tempuh, waktu operasional pelabuhan, dan jumlah trip pelayaran. Perhitungan waktu tempuh kapal merujuk pada Persamaan (4). Sesuai spesifikasi teknis kapal KMP. Samandar, kecepatan maksimum kapal adalah 10 knot dan kecepatan operasional 9 knot. Sehingga, waktu tempuh untuk jarak pelayaran Tahoku-Luhu sepanjang 12,4 mil laut dapat dihitung, sebagai berikut:

$$T_{sea} = \frac{12,4 \text{ mil}}{9 \frac{\text{mil}}{\text{jam}}} = 1,37 \text{ Jam} = 1 \text{ jam dan } 22,20 \text{ menit.}$$

Bila waktu tempuh ditambah dengan waktu manuver/ancang-ancang serta faktor kelonggaran (singgah/berangkat), maka T_{sea} dapat dibulatkan menjadi 1 jam dan 30 menit. Adapun waktu operasional pelabuhan disesuaikan dengan aktivitas masyarakat, yakni pukul 06.00-12.00 WIT (6 jam). Jumlah trip pelayaran disesuaikan dengan kebutuhan muatan. Jadi, pada tingkat kebutuhan muatan harian sebesar 417,60 SUP dan kapasitas muat KMP. Samandar sebesar 623,92 SUP, maka LF mencapai 0,67 atau 67%. Sehingga, pelayanan pelayaran yang dibutuhkan adalah 1 *roundtrip*/hari.

Pengembangan fasilitas pelabuhan dilakukan pada sisi ruang perairan dan sisi ruang darat. Fasilitas ruang perairan meliputi dermaga dan jumlah kapal. Dermaga yang dibutuhkan dihitung berdasarkan distribusi waktu *demand*, yakni pada siang hari dengan waktu operasi pelabuhan 6 jam/hari. Bila diasumsikan waktu bongkar/muat pada tiap pelabuhan adalah 1 jam, maka dengan Persamaan (5) diperoleh kebutuhan dermaga, sebagai berikut:

$$D = \frac{\frac{6}{2} \times [1,5 \text{ jam} + 1 \text{ jam}]}{6 \text{ jam}} = 1,25 \approx 1 \text{ dermaga}$$

Kebutuhan armada dihitung dengan Persamaan (6), dan diperoleh hasil:

$$K = \frac{6 \times [1,5 \text{ jam} + 1 \text{ jam}]}{6 \text{ jam}} = 2,5 \approx 2 \text{ kapal}$$

Hasil perhitungan diatas menunjukkan bahwa pada lintasan Tahoku-Luhu dibutuhkan dermaga (D) sebanyak 1 unit pada masing-masing sisi pelabuhan dan kapal (K) sebanyak 2 unit. Jumlah kapal di sini sepadan dengan jumlah *trip* pelayaran/hari. Artinya, dalam kasus ini dibutuhkan 2 trip pelayaran/hari yang dapat dilakukan oleh 1 unit kapal pulang/pergi (P.P.).

Pengembangan fasilitas pada sisi darat meliputi gedung terminal dan areal parkir. Perhitungan kebutuhan merujuk pada persamaan (7) s.d. persamaan (13). Hasil perhitungan kebutuhan fasilitas pada sisi darat selengkapnya disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Kebutuhan fasilitas sisi darat

No.	Fasilitas	Luas (m ²)
A	Gedung Terminal	135
1	Ruang Tunggu	84
2	Kantin	12
3	Ruang administrasi	12
4	Loket+Toilet+Musala	27
B	Areal Parkir	224,84
B1	Areal parkir menyeberang	119,84
B2	Areal parkir penjemput	105,00
	Luas Total	359,84

Sumber: hasil analisis, 2023

Data pada Tabel 4 menunjukkan bahwa pengembangan total luas kawasan yang dibutuhkan untuk pengembangan pelabuhan penyeberangan pada rute Tahoku-Luhu adalah seluas 359,84 m². Lahan tersebut diperuntukkan untuk penyediaan fasilitas gedung terminal dan areal parkir. Luasan lahan tersebut belum terhitung untuk ruang akses dan ruang antar-fasilitas di kawasan pelabuhan serta akses transportasi yang menghubungkan areal jalan raya dengan kawasan pelabuhan.

3.4. Diskusi

Rute Tahoku-Luhu merupakan jalur lintasan laut potensial yang menghubungkan sisi barat Pulau Ambon (kawasan Leihitu) dengan sisi barat Pulau Seram (kawasan Huamual dan sekitarnya). Pertumbuhan muatan yang relatif tinggi di jalur tersebut sejauh ini belum terfasilitasi oleh sarana dan prasarana transportasi yang andal. Masyarakat masih menggunakan jasa kapal rakyat tradisional sebagai moda transportasi antarpulau untuk mengangkut beragam muatan. Kondisi tersebut selain kurang optimal karena keterbatasan kapasitas dan fungsi mengangkut barang dan kendaraan, juga mengandung risiko bila menghadapi cuaca laut ekstrim. Akibatnya, masyarakat acapkali beralih ke moda dan rute alternatif yang menawarkan waktu dan biaya transportasi lebih besar. Dampaknya terletak pada tingginya beban ekonomi masyarakat dan konektivitas antarwilayah yang rendah. Olehnya itu, perencanaan pengembangan angkutan penyeberangan merupakan solusi dan ikhtiar untuk menjawab tingginya kebutuhan masyarakat terhadap transportasi yang aman dan andal di kawasan tersebut. Langkah ini selain mampu menunjang kelancaran kegiatan sosial-ekonomi masyarakat dan pengembangan wilayah, meningkatkan keselamatan pelayaran antarpulau, juga diperuntukkan guna meningkatkan konektivitas wilayah pada koridor Ambon-Seram.

Perencanaan sistem transportasi penyeberangan pada rute Tahoku-Luhu meliputi pola operasional serta kebutuhan sarana dan prasarana berdasarkan tingkat pertumbuhan muatan pada tahun rencana. Pilihan kapal untuk melayari rute tersebut adalah jenis *Ro-Ro* karena keandalan kapasitas, jaminan keselamatan pelayaran dan fungsionalitas untuk mengangkut muatan penumpang, kendaraan, dan barang. Penggunaan kapal *Ro-Ro* juga sejalan dengan karakteristik geografis Maluku sebagai wilayah kepulauan yang memiliki beragam potensi dalam jumlah terbatas. Hasil perencanaan pola operasional yang menunjukkan bahwa dibutuhkan satu unit dermaga pada tiap sisi pelabuhan dan satu unit armada kapal untuk melayari rute Tahoku-Luhu sekali pulang pergi per hari menunjukkan bahwa rute tersebut merupakan rute baru yang akan berperan sebagai pendorong tumbuhnya kegiatan ekonomi. Pola operasional yang dikembangkan selanjutnya berdampak pada tingkat kebutuhan sarana dan prasarana pada sisi darat guna memfasilitasi proses bongkar-muat sehingga menciptakan keamanan, kenyamanan, dan kelancaran sistem pergerakan di pelabuhan.

Pembukaan rute penyeberangan baru Tahoku-Luhu akan menambah layanan transportasi eksisting antarpulau Ambon-Seram, yakni rute Hunimua-Waipirit dan Tulehu-Masohi. Rute Tahoku-Luhu dapat memangkas waktu tempuh dari Pulau Ambon ke kawasan Semenanjung Huamual dibandingkan dengan rute alternatif melalui rute Hunimua-Waipirit sebesar 50%. Artinya, pembukaan rute Tahoku-Luhu dapat mendorong peningkatan konektivitas antara Pulau Ambon sebagai *core* dan Pulau Seram sebagai *periphery*. Hal ini sejalan dengan temuan penelitian sebelumnya tentang pengembangan cabang baru [15], serta pembuktian konsep *core-periphery* [16]. Hasil perencanaan ini diharapkan dapat mewujudkan peran transportasi dalam menunjang pertumbuhan ekonomi wilayah.

4. Kesimpulan

Pengembangan sistem transportasi penyeberangan pada rute Tahoku-Luhu dapat dilakukan melalui perencanaan pola operasional dan kebutuhan fasilitas pada sisi ruang perairan dan sisi ruang darat berdasarkan prediksi muatan pada tahun rencana. Pola operasional yang direncanakan adalah mengoperasikan satu unit armada kapal feri untuk melayari rute sepanjang 12,4 mil laut pergi pulang per hari, kecepatan kapal 9 knot, waktu tempuh kapal 1,5 jam, waktu operasional pelabuhan 6 jam/hari. Pola operasional tersebut membutuhkan dukungan satu unit dermaga pada masing-masing sisi pelabuhan dan lahan seluas 359,84 m² untuk penyediaan fasilitas darat. Pengembangan tersebut diharapkan dapat menjawab kebutuhan masyarakat baik untuk perjalanan penumpang maupun distribusi barang dan komoditas yang terus meningkat. Selain itu, penyelenggaraan angkutan penyeberangan ini dapat meminimalisasi risiko kecelakaan serta meningkatkan konektivitas antarpulau di Provinsi Maluku. Hasil

penelitian ini dapat digunakan oleh pemangku kebijakan sebagai referensi dalam menyusun arah pengembangan sistem transportasi penyeberangan di Provinsi Maluku. Penelitian ini dapat dilanjutkan dengan analisis kelayakan ekonomis untuk merumuskan kebijakan sistem penarifan.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Pimpinan Fakultas Teknik Universitas Pattimura yang telah memberikan dukungan finansial melalui skema Dana Penelitian PNPB tahun 2023.

Daftar Pustaka

- [1] W. P. Humang and A. Zulfadly, "Analisis keterpaduan moda transportasi angkutan penyeberangan dengan jalan raya di Pelabuhan Bajoe Kab. Bone", *PENA TEKNIK: Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Teknik*, vol. 1, no. 1, pp. 27–38, Mar. 2016.
- [2] Zurkiyah, T. Rahayu dan R. W. Rahmad, "Pola pelayanan pelabuhan penyeberangan Aceh Singkil – Simeulue", *SEMNASTEK – UISU*, pp. 105–110, 2022.
- [3] B. Siswoyo, "Persepsi masyarakat terhadap peralatan keselamatan kapal laut dan penyeberangan di Provinsi Maluku", *Warta Penelitian Perhubungan*, vol. 28, no. 2, pp. 146–156, Mar.-Apr. 2016.
- [4] H. Mandaku dan M. Rasyid, "Desain pengembangan jaringan transportasi penyeberangan untuk mendukung distribusi general cargo di antar-pulau di Provinsi Maluku", *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, vol. 11, no. 1, pp. 1–13, 2023.
- [5] H. Mandaku, "Sebuah analisis tentang sebab-sebab kejadian kecelakaan K.M. Putri Ayu di perairan Pulau Ambon-Maluku", *ARIKA*, vol. 06, no. 2, pp. 155–162, Ags. 2012.
- [6] W. P. Anggrahini, "Upaya peningkatan konektivitas angkutan laut dan penyeberangan antar kabupaten/kota di Maluku", *Warta Penelitian Perhubungan*, vol. 30, no. 1, pp. 23–34, Jan.-Jun. 2018.
- [7] S. Aminah, "Transportasi publik dan aksesibilitas masyarakat perkotaan", Jurusan Ilmu Politik FISIP, Universitas Airlangga, Surabaya, 2007.
- [8] H. Mandaku dan M. Rasyid, "Perkiraan tarikan pergerakan kendaraan logistik menuju ke Pulau Seram di Provinsi Maluku", *ARIKA*, vol. 17, no. 1, pp 33–41, Feb. 2023.
- [9] H. Mandaku, "Analisis kebutuhan transportasi penyeberangan pada lintasan Waipirit – Hunimua", *ARIKA*, vol. 4, no. 2, pp. 135–142, Ags. 2010.
- [10] N. A. Parahita, P. A. Suthanaya, D. M. P. Wedagama, "Analisis kinerja dan kebutuhan fasilitas pelabuhan penyeberangan Padangbai", *Jurnal Spektran*, vol. 9, no. 2, pp. 95–106, Jul. 2021.
- [11] Z. Ariany, T. Pitana dan I. Vanani, "Review of the risk analysis for the availability of equipment components the construction of ro-ro in Indonesia", *Proc. The 5th International Conference on Marine Technology*, Surabaya, pp. 1–8, 2020.
- [12] A. Rahman, "Optimalisasi peningkatan keselamatan angkutan penyeberangan lintas Pamatata – Bira Sulawesi Selatan", *ILTEK: Jurnal Teknologi*, vol. 17, no. 1, pp. 52–58, Apr. 2022.
- [13] R. Oktaparizki, E. Fatimah dan Azmeri, "Faktor pengembangan sarana dan prasarana pelabuhan penyeberangan Ulee Lheue", *Jurnal Teknik Sipil Universitas Syiah Kuala*, vol. 1, no. 4, pp. 953–960, Feb. 2018.
- [14] B. P. Sinaga dan J. Daud, "Kajian berth occupation ratio di dermaga pelabuhan penyeberangan Sibolga kaitannya dengan perkembangan pelabuhan", belum dipublikasikan. 2014.
- [15] M. Mankowska, "The concept of development of passenger ferry services in the Baltic Sea region in terms of the growing interbranch competition", *Proc. 17th International Conference on Transport Science – ICTS*, pp. 285–298, 2015.
- [16] Y. Lau, K. Tam and A. K. Y. Ng, "Ferry services and the community development of peripheral island areas in Hong Kong: Evidence from Cheung Chau", *Island Studies Journal*, Jul. 2022.
- [17] <https://www.google.com/maps/>, 2023.
- [18] F. Miro, Perencanaan Transportasi. Jakarta: Penerbit Erlangga, 2005.
- [19] H. Mandaku, "Analisis kebutuhan transportasi penyeberangan pasca pemekaran wilayah: studi kasus di Kabupaten Maluku Tengah (Thesis)," Jurusan Teknik Perkapalan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2012.
- [20] M. N. Nasution, Manajemen Transportasi. Jakarta: Penerbit Ghalia Indonesia, 2004.
- [21] H. Mandaku, "Studi pengembangan sistem transportasi penyeberangan Pulau Seram-Ambon", *ARIKA*, vol. 06, no. 1, pp. 9–18. Feb. 2012.
- [22] Dinas Perhubungan Kabupaten Maluku Tengah, 2023.
- [23] PT. ASDP Cabang Ambon, 2023.