

Pemodelan Rumus Empiris Ukuran Utama Kapal Penyeberangan untuk Tahap Konsep Desain

Ahmad Nasirudin^{*,1}, Bagaskoro Dwi Prastio¹, Rizky Chandra Ariesta¹, Hasanudin¹

¹Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Jalan Raya Kampus ITS, Surabaya, Jawa Timur, 60111, Indonesia

*E-mail: anasirudin@na.its.ac.id

Diterima: 14 Maret 2024, direvisi: 30 April 2024, disetujui: 10 Juni 2025,
tersedia daring: 25 Juni 2025, diterbitkan: 30 Juni 2025

Abstrak

Indonesia merupakan negara kepulauan yang membutuhkan alat transportasi laut untuk menghubungkan antar pulau. Kondisi ekonomi juga mendorong kebutuhan akan moda transportasi laut yang efisien, baik untuk penumpang maupun barang. Namun, sebagian perusahaan penyedia alat transportasi laut masih menggunakan kapal yang dibeli bekas dari luar negeri. Dengan seiring berkembangnya teknologi di bidang perkapalan mulai banyak perusahaan pelayaran memilih untuk memiliki kapal penyeberangan yang dibangun dan didesain di dalam negeri. Hal ini tidak hanya memenuhi kebutuhan spesifik domestik, tetapi juga mendorong pertumbuhan industri galangan kapal nasional. Dalam proses desain kapal, Gross Tonnage (GT) kerap digunakan untuk memperkirakan kapasitas kendaraan dan penumpang, meskipun kapal dengan GT yang sama dapat memiliki kapasitas yang berbeda. Dalam kajian ini bertujuan untuk menentukan rumus empiris untuk penentuan ukuran utama kapal dengan jumlah dan jenis kendaraan sebagai variabelnya. Data dikumpulkan dari kapal penyeberangan *single-ended* yang beroperasi di Indonesia. Dengan menggunakan metode analisis regresi linier untuk mendapatkan perhitungan kapasitas kendaraan pada penentuan ukuran utama kapal yaitu $L_{pp} (m) = 0.1814 LM + 20.69$, $B (m) = 0.0383 LM + 6.9412$, $H (m) = 0.0087 LM + 2.1937$, $T (m) = 0.006 LM + 1.4824$. Selain rumus penentuan ukuran utama tersebut, didapatkan pula rumus untuk menentukan nilai *lanometer* dengan variabel jumlah dan jenis kendaraan sebagai berikut $LM = 12.3 * \Sigma \text{ bus besar} + 7.3 * \Sigma \text{ truk tronton} + 6.3 * \Sigma \text{ truk sedan} + 5.1 * \Sigma \text{ sedan} + 2.3 * \Sigma \text{ (sepeda motor/4)}$. Rumus yang dihasilkan ini sangat praktis dan dapat menghasilkan nilai yang akurat untuk kapal dengan *single car deck* dan memiliki nilai GT dibawah 1500 GT.

Kata kunci: alat transportasi laut, analisis regresi linier, desain kapal penyeberangan, perhitungan kapasitas kendaraan.

Abstract

Empirical Formula Modeling for Main Dimensions of Ferry Vessels in the Conceptual Design Stage: Indonesia is an archipelagic nation that relies heavily on maritime transportation to connect its numerous islands. Economic conditions in Indonesia further drive the necessity for efficient sea transportation for both passengers and cargo. Nevertheless, many marine transportation providers still operate vessels purchased secondhand from abroad. With advancements in shipbuilding technology, an increasing number of shipping companies now prefer to utilize ferries designed and build domestically. This trend not only fulfills specific domestic ferry requirements but also enhances Indonesia's shipbuilding industry. In ship construction, vessel designs commonly use Gross Tonnage (GT) as a basis to estimate vehicle and passenger capacities, resulting in varying actual capacities despite identical GT values. This study aims to develop empirical formulas for determining the main dimensions of ferries, using the number and type of vehicles as variables. The empirical formulas presented in this research are based on operational data of various single-ended ferries in Indonesia. Linear regression analysis methods were applied, resulting in formulas to calculate main dimensions as follows: Length between perpendiculars (L_{pp}, m) = $0.1814 LM + 20.69$, Breadth (B, m) = $0.0383 LM + 6.9412$, Depth (H, m) = $0.0087 LM + 2.1937$, and Draft (T, m) = $0.006 LM + 1.4824$. Additionally, this study produced an empirical formula to estimate *lanometer* (LM) values based on vehicle numbers and types, given by $LM = 12.3 \times \Sigma (\text{large buses}) + 7.3 \times \Sigma (\text{three-axle trucks}) + 6.3 \times \Sigma (\text{medium trucks}) + 5.1 \times \Sigma (\text{sedans}) + 2.3 \times \Sigma (\text{motorcycles/4})$. The resulting formulas are practical, delivering accurate estimations specifically for ferries with single car decks and Gross Tonnage values below 1500 GT.

Keywords: ferry vessel design, linier regression analysis, marine transportation, vehicle capacity calculation.

1. Pendahuluan

Indonesia merupakan negara kepulauan yang secara geografis terdiri atas ribuan pulau yang tersebar luas, sehingga menjadikan transportasi laut sebagai sarana utama untuk mobilitas. Kondisi ekonomi di Indonesia juga menjadi salah satu pemicu lainnya pada kebutuhan akan alat transportasi baik untuk penumpang ataupun transportasi barang antar pulau. Rata-rata kapal yang digunakan untuk jalur penyeberangan ini merupakan kapal yang dibeli dari luar negeri. Hal ini dilakukan karena, proses pembelian kapal secara langsung ini dinilai lebih cepat prosesnya dan lebih murah dalam membeli kapal bekas daripada membangun kapal baru. Namun untuk saat ini mulai banyak kapal penyeberangan yang dibangun dan didesain di dalam negeri. Hal ini selain dapat meningkatkan kualitas alat transportasi laut yang ada di Indonesia, namun dapat juga meningkatkan sektor industri galangan kapal di Indonesia. Dalam proses desain dan pembangunan kapal penyeberangan, diperlukan perhitungan teknis yang

mengacu pada owner requirements untuk menentukan ukuran utama kapal, kecepatan dinas, kapasitas muatan (*payload*), tonase kotor (GT), koefisien bentuk lambung, *dead weight tonnage* (DWT), dan *light weight tonnage* (LWT) [1][2].

Pengembangan kapal penyeberangan yang dirancang dan dibangun di dalam negeri semakin menjadi perhatian penting seiring meningkatnya kebutuhan untuk mendukung pertumbuhan ekonomi regional. Secara khusus, karakteristik unik dari masing-masing wilayah di Indonesia telah mendorong studi terhadap desain kapal yang spesifik sesuai kebutuhan operasional lokal [3], serta pemenuhan standar performa teknis yang optimal [4]. Tren pembangunan kapal baru domestik semakin diperkuat oleh kebutuhan aspek keselamatan dan keamanan, mengingat kapal bekas dari luar negeri umumnya sudah mendekati atau bahkan melebihi usia ekonomis yang ditentukan sekitar 25 tahun, yang juga sesuai dengan regulasi pengedokan kapal berbendera Indonesia [5]. Beberapa penelitian terbaru di Indonesia telah mengulas pendekatan modifikasi desain untuk meningkatkan keselamatan kapal penyeberangan, seperti penggunaan *side casing* [6], analisis gerakan *rolling* [7], hingga metode perhitungan dan evaluasi stabilitas yang lebih akurat [8]. Namun demikian, pengembangan rumus empiris dalam menentukan ukuran utama kapal secara praktis berdasarkan variabel kapasitas kendaraan masih perlu dieksplorasi lebih lanjut untuk menghasilkan desain kapal yang lebih efektif dan akurat, khususnya pada tahap konsep desain.

Oleh karena itu, penelitian ini memiliki signifikansi dalam merumuskan model empiris yang mengintegrasikan kapasitas kendaraan sebagai variabel utama dalam penentuan ukuran utama kapal penyeberangan pada fase perancangan konseptual. Urgensitas pendekatan ini didasari oleh fakta bahwa kapal dengan tonase kotor (GT) yang serupa dapat menunjukkan variasi dalam dimensi utama dan berat mati (LWT) akibat perbedaan kebijakan serta faktor teknis lainnya. Sementara itu, penelitian dan kajian-kajian sebelumnya belum memberikan formulasi empiris yang secara langsung mengakomodasi variabel tersebut.

2. Metodologi

Metode regresi merupakan analisis statistika yang memanfaatkan hubungan antara dua atau lebih peubah kuantitatif sehingga salah satu peubah dapat diramalkan dari peubah lainnya. Model matematis dalam menjelaskan hubungan antar variabel dalam analisis regresi menggunakan persamaan regresi, yaitu suatu persamaan matematis yang mendefinisikan hubungan antara dua variabel [9]. Dengan digunakannya metode regresi ini, maka metode ini dapat diterapkan untuk mendapatkan nilai ukuran utama kapal. Pada saat data-data telah terkumpul maka data tersebut diolah dan menghasilkan beberapa grafik yang memiliki nilai fungsi atau rumus pendekatannya. Jika dengan kurva linear menghasilkan nilai R^2 yang kecil maka kurva dapat diganti dengan pilihan lain seperti *polynomial*, *logarithmic*, dan lain-lain agar mendapatkan nilai R^2 yang mendekati 1 (satu). Koefisien determinasi atau sering disimbolkan (R^2) dimaknai sebagai sumbangan pengaruh yang diberikan oleh variabel bebas (x) terhadap variabel terikat (y) [10]:

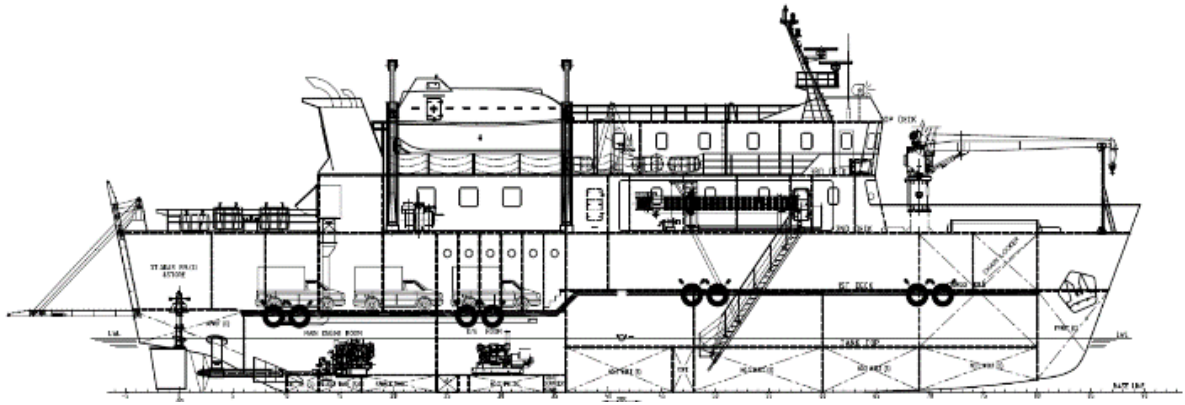
$$R^2 = \frac{((n)(\sum xy) - (\sum x)(\sum y))^2}{(n(\sum x^2) - (\sum x)^2)(n(\sum y^2) - (\sum y)^2)} \quad (1)$$

Dimana R^2 adalah nilai koefisien determinasi, x adalah variabel bebas, dan y adalah variabel terikat. R^2 dapat dipakai untuk memprediksi seberapa besar kontribusi pengaruh variabel bebas (x) terhadap variabel terikat (y) dengan syarat hasil uji fungsi dalam analisis regresi bernilai signifikan, jika tidak maka nilai R^2 tidak dapat digunakan.

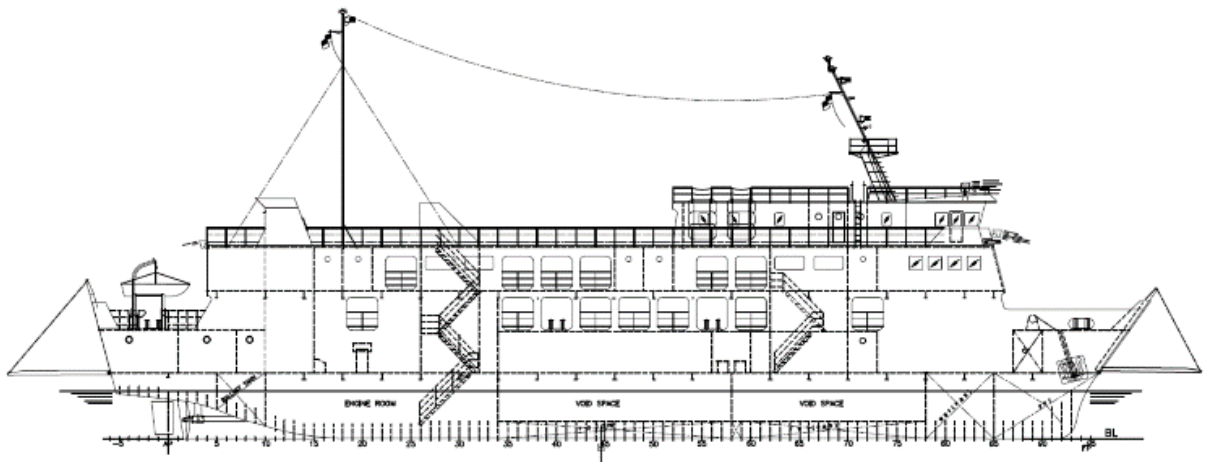
2.1. Data Kapal Penyeberangan

Kapal penyeberangan adalah kapal niaga yang digunakan untuk mengangkut penumpang, kendaraan, dan kargo dalam pelayaran antarperairan. Menurut International Maritime Organization (IMO), kapal penumpang didefinisikan sebagai kapal yang dirancang untuk mengangkut lebih dari 12 orang penumpang, di luar awak kapal [11].

Kapal ferry jenis *Roll-on/Roll-off* (Ro-Ro) merupakan kapal yang dirancang secara khusus untuk mempermudah proses bongkar muat kendaraan dengan pintu masuk dan keluar yang memungkinkan



Gambar 1. Ferry RoPax.



Gambar 2. Ferry Ro-Ro Single Ended.

kendaraan untuk langsung masuk dari satu sisi dan keluar dari sisi yang lain tanpa perlu melakukan manuver putar balik. Area muat kendaraan biasanya terdapat pada dek utama (*main deck*), serta dapat dilengkapi area tambahan di bawah dek utama (*under main deck*) pada kapal berukuran lebih besar. Saat ini, kapal ferry Ro-Ro yang beroperasi di Indonesia terdiri dari tiga jenis utama, yaitu:

- Kapal Ferry *RoPax*: Kapal ini menggabungkan fungsi transportasi penumpang dan kendaraan dalam satu desain, dikenal sebagai RoPax karena integrasi desain akomodasi penumpang dan sistem Ro-Ro dapat dilihat pada Gambar 1.
- Kapal Ferry *Ro-Ro Single Ended*: Kapal ini hanya memiliki satu sistem penggerak utama yang terletak di bagian buritan kapal, seperti kebanyakan kapal konvensional dapat dilihat pada Gambar 2.
- Kapal Ferry *Ro-Ro Double Ended*: Memiliki dua sistem penggerak yang berada di bagian haluan dan buritan kapal, biasanya dioperasikan pada rute jarak pendek sehingga kapal tidak perlu melakukan manuver putar balik saat proses bongkar muat ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Ferry Double Ended.

2.2. Metode Lanemeter

Lanemeter merupakan satuan standar luas dek yang digunakan dalam kapal Ro-Ro atau kapal kargo untuk mengukur kapasitas angkut kendaraan dan barang. Istilah *lanemeter* didefinisikan sebagai luasan dek dengan lebar 2 meter dan panjang 1 meter, setara dengan luas 2 m². Selain itu, terdapat pula istilah truck *lanemeter* yang memiliki lebar antara 2,5 hingga 3 meter dan panjang 1 meter [12][13].

Di Eropa dan Amerika, *lanemeter* tidak hanya digunakan untuk menentukan jumlah kendaraan yang diangkut, tetapi juga untuk perhitungan kargo (termasuk kontainer). Evaluasi kapasitas *lanemeter* didasarkan pada karakteristik kapal serta kebutuhan operasional rute tertentu, yang meliputi biaya operasional dan pelayaran kapal. Oleh sebab itu, penting untuk mengevaluasi parameter teknis kapal sebelum menentukan kapasitas *lanemeter* yang optimal. Parameter teknis yang digunakan antara lain panjang keseluruhan (*Length Overall/ LOA*), lebar (*breadth*), sarat air (*draft*), tonase kotor (GT), bobot mati (DWT), daya penggerak utama, kecepatan operasi, dan kapasitas daya listrik.

Kapasitas *lanemeter* dikaitkan dengan ukuran standar kontainer *Twenty-foot Equivalent Unit* (TEU) yang diangkut pada platform beroda. Kapasitas ini tidak memperhitungkan kendaraan ringan (mobil) yang dimuat dalam platform khusus [14]. Basis data dalam studi ini mencakup kapal Ro-Ro yang khusus mengangkut kargo pada rute pelayaran pendek di Eropa [14].

2.3. Penentuan Ukuran Utama Kapal Existing

Ukuran utama atau dimensi kapal mempengaruhi banyak dari aspek *technoeconomical* dari karakteristik sebuah kapal. Maka dari itu penentuan ukuran utama kapal sangatlah penting pada tahap awal mendesain. Dari hal ini banyak kombinasi dari panjang, lebar, tinggi, dan sarat yang dapat memenuhi kebutuhan utama, dan batasan dalam mendesain ukuran kapal.

2.3.1. Length Between Perpendicular (*Lpp*)

Panjang dari sebuah kapal sangat mempengaruhi performa secara ekonomis, ukuran kapal yang lebih panjang memiliki WSA (*Wetted Surface Area*) yang lebih besar sehingga menimbulkan hambatan viscous yang lebih besar. Berikut merupakan rumus yang digunakan untuk mengestimasi *Lpp* menurut [15]:

$$L_{pp} = \Delta^{0.3} \cdot V^{0.3} \cdot 3.2 \frac{C_B + 0.5}{\left(\frac{0.145}{F_n}\right) + 0.5} \quad (2)$$

Lpp adalah *length between perpendicular* (m), Δ adalah *displacement* (ton), *V* adalah kecepatan dinas (knot), dan *F_n* adalah *Froude number*.

2.3.2. Lebar (B)

Menurut Papanikalou [16], pemilihan *B*, dapat diperoleh dari rasio *L/B*. hubungan ini menyatakan rasio *L/B* merupakan fungsi dari panjang *L* (m) [17]. Untuk mendapatkan lebar kapal Ro-Ro dengan *L* ≥ 80m, digunakan rumus menurut [18].

$$B = \frac{L}{10} + 8 \quad (3)$$

Dimana *B* adalah *Breadth* (m) dan *L* adalah *Ship Length* (m)

2.3.3. Sarat (*T*)

Menurut Wattson & Gilfillan [19], penentuan ukuran sarat tergantung pada rasio sarat terhadap lebar kapal. Pada hal ini rasio yang digunakan pada kapal ferry Ro-Ro yaitu:

$$\left(\frac{B}{T}\right)_{max} = 9.625 - 7.5 C_B \quad (4)$$

Dimana *C_B* adalah *Block coefficient*.

Dalam hal ini dikarenakan keterbatasan dalam pencarian literatur mengenai rumus *existing* untuk penentuan ukuran tinggi kapal (*D*), maka perbandingan nilai dari rumus yang dihasilkan akan dibandingkan dengan ukuran yang terdapat pada kapal *existing*.

Tabel 1. Pelaksanaan survei.

No	Nama Perusahaan	Tanggal Survei
1	PT. Adiluhung Saranasegara Indonesia	2 Maret 2019
2	PT. Biro Klasifikasi Indonesia (Persero)	11 Maret 2019
3	PT. Dumas Tanjung Perak Shipyard	22 Maret 2019
4	PT. Dok Perkapalan Surabaya	22 Maret 2019

Tabel 2. Dimensi tiap jenis kendaraan.

No	Jenis Kendaraan	Panjang (mm)	Lebar (mm)	PM. No. 30 Tahun 2016	
				Panjang (mm)	Lebar (mm)
1	Bus Besar	12000	2500	12300	3100
2	Truk Tronton (14 Ton)	7000	2500	7300	3100
3	Truk Sedang (8 Ton)	6000	2000	6300	2600
4	Sedan	4800	1700	5100	2300
5	Sepeda Motor	2000	2400	2300	3000

2.4. Pengumpulan Data

Data yang digunakan kajian ini merupakan rencana umum dari kapal ferry *Ro-Ro single ended* yang beroperasi di Indonesia. Pengumpulan data dilakukan dengan melakukan survei secara langsung dari beberapa galangan dan biro klasifikasi yang berada di Surabaya dan Bangkalan. Survey dilakukan pada awal minggu perkuliahan dan pada bulan Maret. Penentuan jumlah sampel kapal ferry yang dijadikan objek penelitian diambil pada beberapa perusahaan pelayaran yang dilakukan di tahun 2019. Berikut merupakan rincian dari tempat dan waktu survei yang telah ditunjukkan pada Table 1.

2.5. Analisis Data

Berdasarkan data didapatkan adalah *General Arrangement* dianalisis untuk mendapatkan nilai *lanemeter* dengan dilakukan pengukuran luasan geladak kendaraan pada tiap kapal. Pada tahap ini dibutuhkan data berupa panjang geladak kendaraan, beserta lebar geladak kendaraan. Dalam perhitungan *lanemeter* ini, terlebih dahulu dilakukan penentuan untuk lebar satu *lane*. Nilai lebar untuk satu *lane* ini ditentukan dengan menggunakan ukuran kendaraan terlebar. Dalam hal ini digunakan lebar dari jenis kendaraan bus besar (2,5 m x 12 m) dan truk tronton (2,5 m x 9 m). Namun, sesuai dengan Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 30 Tahun 2016 tentang Kewajiban Pengikatan Kendaraan pada Kapal Angkutan Penyeberangan, ukuran untuk 1 *lane* kendaraan pada geladak kendaraan harus ditambah sebesar 0,6 m, sehingga lebar untuk 1 *lane* yaitu sebesar 3,1 m. Sehingga didapatkan rumus untuk penentuan satu Lanemeter (LM) untuk luasan geladak adalah:

$$LM = \text{lebar geladak} / (2,5 \text{ m} + 0,6 \text{ m}) \times L_{\text{geladak kendaraan}} \quad (5)$$

Rumus penentuan nilai pembagian lebar geladak kendaraan terhadap satu *lane* tersebut dibulatkan ke bawah pada kelipatan 3,1.

2.6. Hubungan Jumlah Kendaraan Terhadap Lanemeter

Dengan didapatkannya rumus penentuan nilai *lanemeter* dari luasan geladak kendaraan, maka dapat pula dilakukan perhitungan nilai *lanemeter* dari jumlah kendaraan. Jenis kendaraan yang menjadi penentu dalam penentuan *lanemeter* ini merupakan jenis kendaraan seperti bus besar, truk tronton, truk sedang, sedan, dan sepeda motor. Penentuan tipikal dimensi kendaraan dihitung dengan memperhatikan Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 30 Tahun 2016 tentang Kewajiban Pengikatan Kendaraan pada Kapal Angkutan Penyeberangan, dimana jarak antar muka dan belakang kendaraan sekurang – kurangnya sebesar 0,3 m, dan jarak antar samping kendaraan berjarak sekurang kurangnya 0.6 m. Berikut merupakan tabel dimensi yang digunakan dari tiap jenis kendaraan.

Berdasarkan penentuan dimensi kendaraan pada Tabel 2, maka rumus penentuan *lanemeter* dengan variabel jumlah kendaraan dapat dirumuskan sebagai berikut:

Tabel 3. Data kapal yang digunakan.

No	Nama Kapal	Lanemeter (m)	Ukuran Utama (m)				
			Loa	Lpp	B	H	T
1	Ferry Ro-Ro 200	51,10	33,78	27,94	9,00	2,80	2,00
2	Ferry Ro-Ro 500	55,40	40,30	33,00	11,60	3,10	1,85
3	Ferry Ro-Ro 600	140,10	54,40	47,25	13,00	3,40	2,45
4	Ferry Ro-Ro 750	160,50	56,02	48,82	14,00	3,80	2,70
5	KMP. Drajat Paciran	247,90	80,22	72,00	15,20	5,10	3,60
6	Ferry Ro-Ro 5000	383,00	103,1	94,89	19,50	6,15	4,30
7	Ferry Ro-Ro 300 GT	86,10	39,38	34,50	11,00	3,30	2,30
8	Ferry Ro-Ro 500 GT	123,30	45,50	40,15	12,00	3,20	2,15
9	Ferry Ro-Ro 500 GT	123,00	47,60	42,00	12,00	3,20	2,15
10	Ferry Ro-Ro 1500 GT	232,00	65,25	61,65	14,00	4,10	2,80
11	KMP. Tanjung Sole	123,30	48,50	42,00	12,00	3,20	2,15
12	KMP. Kayong Utara	14,60	33,50	29,20	7,60	2,30	1,50
13	KMP. Bahtera Mas II	123,00	45,50	40,15	12,00	3,20	2,15
14	KMP. Karya Maritim II	156,20	61,20	51,20	13,50	3,60	2,40
15	KMP. Dalenta Woba	180,00	56,70	50,50	14,00	3,80	2,70
16	KMP. Lema	180,00	56,02	48,82	14,00	3,80	2,70
17	KMP. SMS Swakarya	137,20	53,00	48,10	13,72	3,66	2,36
18	KMP. Labitra Adinda	173,90	61,20	51,20	13,50	3,16	2,50
19	KMP. Gunsa 8	220,00	72,00	62,07	13,50	4,50	2,76
20	KMP. Elysia	357,40	98,63	90,00	16,20	6,50	4,45

$$LM = 12.3 \cdot \sum A \text{ bus besar} + 7.3 \cdot \sum B \text{ Truk Tronton} + 6.3 \cdot \sum C \text{ Truk Sedang} + 5.1 \cdot \sum D \text{ Mobil} + 2.3 \cdot \sum E \left[\left(\frac{\text{motor}}{4} \right) \right] \quad (6)$$

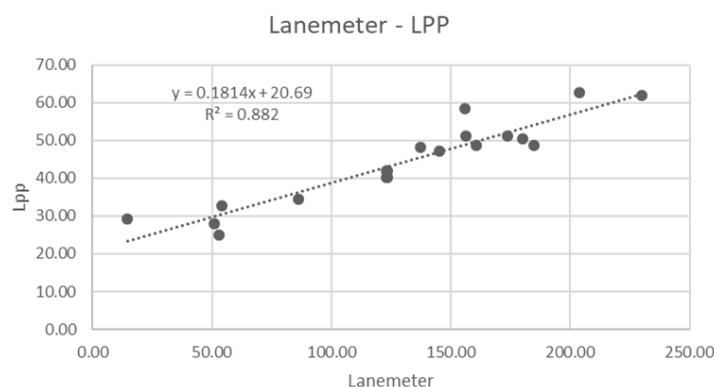
Dimana LM adalah Lanemeter dan Σ adalah penjumlahan nilai variabel .

2.7. Data Kapal yang digunakan

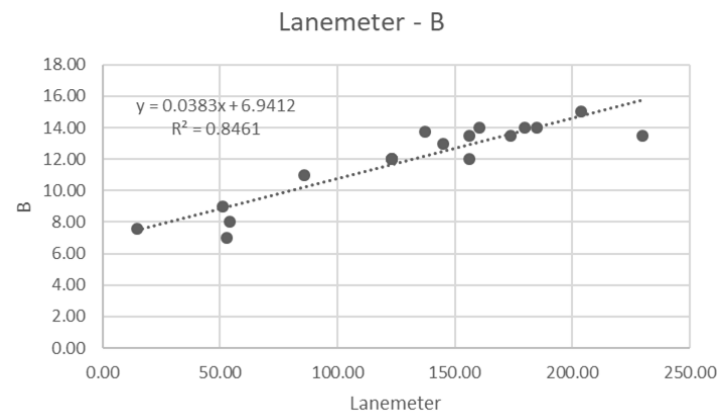
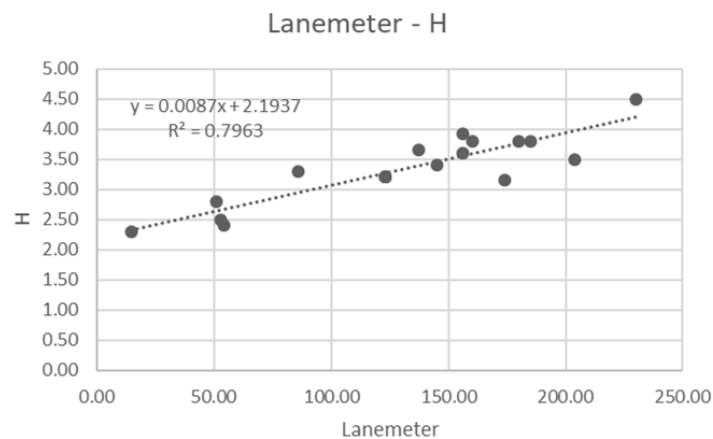
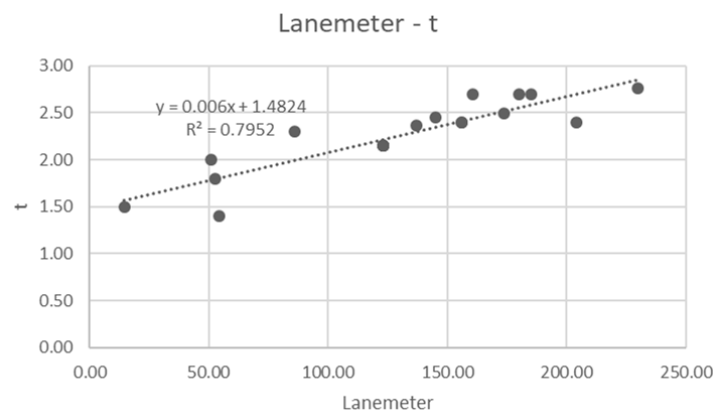
Setelah rumus *lanemeter* terhadap luas geladak kendaraan kapal ditentukan sebagaimana tercantum dalam Persamaan (5), diperoleh data dari dua puluh kapal ferry Ro-Ro *single-ended* yang beroperasi di Indonesia. Data ini memuat informasi mengenai *lanemeter* serta ukuran utama kapal (Loa, Lpp, B, H, dan T) sebagaimana tercantum dalam Tabel 3. Data ini menjadi dasar bagi validasi dan kalibrasi rumus empiris yang dikembangkan untuk mendukung analisis desain awal kapal ferry Ro-Ro di Indonesia.

3. Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan data yang digunakan pada Tabel 3, maka hubungan antara *lanemeter* dengan ukuran utama kapal dapat dilihat pada Gambar 4, 5, 6, dan 7.



Gambar 4. Grafik hubungan *lanemeter* – Lpp.

Gambar 5. Grafik hubungan *lanemeter* – B.Gambar 6. Grafik hubungan *lanemeter* – H.Gambar 7. Grafik hubungan *lanemeter* – T.

Berdasarkan hasil analisis regresi linier diperoleh rumus baru untuk menentukan ukuran utama kapal berdasarkan *lanemeter* untuk Lpp, B, H, dan T pada persamaan berikut:

$$L_{pp}(m) = 0.1814 LM + 20.7 \quad (7)$$

$$B(m) = 0.0383 LM + 6.9 \quad (8)$$

$$H(m) = 0.0087 LM + 2.2 \quad (9)$$

$$T(m) = 0.006 LM + 1.5 \quad (10)$$

3.1. Perbandingan dengan Rumus Eksisting

Setelah didapatkannya rumus penentuan ukuran utama kapal ferry *Ro-Ro*, maka rumus yang sudah dihasilkan tersebut harus diuji ketepatan hasilnya dengan dibandingkan dengan rumus penentuan ukuran utama untuk kapal ferry *Ro-Ro* yang sudah ada dan juga dibandingkan dengan ukuran utama kapal yang

Tabel 4. Data Kapal KMP Karya Maritim II.

No	Komponen	Nilai	Satuan
1	H	3.6	m
2	LoA	61.2	m
3	Lpp	51.2	m
4	Lwl	58.752	m
5	B	13.5	m
6	T	2.4	m
7	Cb	0.585	
8	Displ.	1324	ton
9	Kapasitas Kendaraan	9	truk
		10	sedan
10	Kapasitas Penumpang	240	orang
11	kec. Dinas	12	knot
12	(dalam m/s)	6.168	m/s
13	Mesin induk	2x1500	HP
14	Fn	0.25692	
15	Lanemeter	166.80	

Tabel 5. Hasil perbandingan rumus perhitungan.

Ukuran Utama	Rumus Existing	Rumus hasil (6) – (9)	Kapal Existing	Selisih Eksisting	Selisih Lanemeter
Lpp	59,402 (1)	51,019	51,200	16.0%	-0.4%
Lebar (B)	13,940 (2)	13,341	13,500	3.3%	-1.2%
Tinggi (H)	-	3,645	3,600	0.0%	1.3%
Sarat (T)	2,661 (3)	2,501	2,400	10.9%	4.2%

existing. Rumus baru yang dihasilkan akan diuji ketepatannya dengan rumus eksisting yang telah ditulis pada persamaan (2), (3), dan (4). namun dalam hal ini rumus yang tersedia untuk penentuan ukuran utama hanya dapat dilakukan untuk penentuan Lpp, B, dan T. Sehingga dalam perbandingan ini harus dibandingkan juga dengan ukuran utama pada kapal yang *existing*.

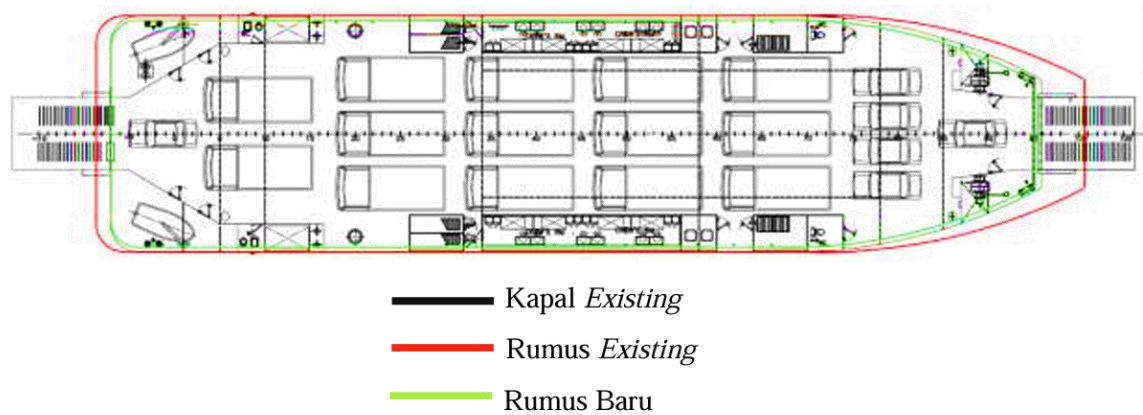
Dalam perbandingan ini digunakan kapal pembanding yaitu KMP. Karya Maritim II dengan data pembanding seperti pada Tabel 4.

Dari data tabel 4 dilakukan perhitungan untuk membandingkan hasil ukuran utama kapal dengan menggunakan parameter persamaan dari rumus Schneekluth [15], dari perhitungan persamaan R kuadrat digunakan dari persamaan 6 hingga 9 mendapatkan hasil akurasi yang lebih tinggi yang disajikan pada Tabel 5.

3.2. Analisis Tipikal Bentuk Layout Rencana Umum

Dengan adanya data berupa rencana umum pada kapal ferry Ro-Ro *single ended* yang sudah didapatkan, maka dilakukan analisis data yang ada untuk penentuan tipikal layout rencana umum. Analisis tipikal bentuk layout rencana umum ini bertujuan untuk memudahkan dalam mendesain rencana umum dari ukuran utama yang sudah dihasilkan. Analisis layout rencana umum ini dilakukan pada kapal ferry Ro-Ro *Single Ended* dengan satu tingkat geladak kendaraan (*car deck*).

Setelah diperoleh rumus empiris untuk menentukan ukuran utama kapal ferry Ro-Ro, perlu dilakukan validasi terhadap rumus tersebut dengan membandingkan hasil perhitungan dari rumus baru dengan rumus eksisting serta dimensi kapal ferry Ro-Ro yang aktual. Berdasarkan hasil perbandingan, terlihat bahwa dimensi geladak kendaraan yang dihasilkan dari rumus baru tidak berbeda secara signifikan dengan dimensi kapal eksisting. Namun, ukuran utama kapal berdasarkan rumus eksisting menunjukkan perbedaan yang signifikan, terutama pada parameter panjang antara tegak lurus (Lpp). Temuan ini menunjukkan bahwa rumus empiris baru memiliki tingkat akurasi yang cukup tinggi dan dapat dijadikan alternatif metode dalam penentuan ukuran utama kapal ferry Ro-Ro di Indonesia. Hasil analisis perbandingan tersebut dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Perbandingan Layout Geladak Kendaraan.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis penerapan metode *lanemeter* pada kapal ferry Ro-Ro *single-ended*, pendekatan ini menghasilkan rumus empiris dengan tingkat kesalahan yang lebih rendah dibandingkan dengan rumus *eksisting*. Perhitungan menggunakan rumus eksisting menunjukkan rata-rata kesalahan sebesar 7,54%, sedangkan perhitungan menggunakan rumus empiris yang dikembangkan dalam studi ini memiliki rata-rata kesalahan sebesar 0,98%. Dengan demikian, penerapan metode *lanemeter* terbukti lebih akurat dalam menentukan ukuran utama kapal Ferry Ro-Ro serta mampu meminimalkan deviasi dalam proses perancangannya.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada PT. Adiluhung Saranasegara Indonesia, PT. Biro Klasifikasi Indonesia (Persero), PT. Dumas Tanjung Perak Shipyard, dan PT. Dok Perkapalan Surabaya yang telah memberikan dukungan data-data kapal untuk melakukan pendekatan analisis pada penelitian ini.

Daftar Pustaka

- [1] R. C. Ariesta, M. H. N. Aliffrananda, S. Riyadi, and I. K. A. P. Utama, "An Investigation into the Justification of the Service Speed of Ro-Ro Ferry with Block Coefficient 0.8 Based on the Resistance and Seakeeping Performance," no. November, pp. 19–20, 2021.
- [2] B. Ariani, R. C. Ariesta, R. Prasetya, M. Oktaviani, and M. H. Hakim, "Investigation of Hull Design Modifications on Fuel Consumption and Energy Efficiency Design Index (EEDI)," *Kapal: Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Kelautan*, vol. 19, no. 3, pp. 133–140, 2022.
- [3] K. Perhubungan, "Dukung Program Tol Laut, 50 Kapal Perintis dan 3 kapal perambuan mulai dibangun."
- [4] B. Ariani, R. C. Ariesta, A. Wildani, M. H. Hakim, and M. Oktaviani, "Ship Performance Investigation Due To Deadrise Modification: A Case Study Passenger Ship," *Journal of Applied Engineering Science*, vol. 21, no. 2, 2023, doi: 10.5937/jaes0-41234.
- [5] J. F. J. Pruyn, E. Van De Voorde, and H. Meersman, "Second hand vessel value estimation in maritime economics: A review of the past 20 years and the proposal of an elementary method," *Maritime Economics and Logistics*, vol. 13, no. 2, pp. 213–236, 2011, doi: 10.1057/mel.2011.6.
- [6] Hasanudin, I. K. A. P. Utama, and J. H. Chen, "Application Side Casing on Open Deck RoRo to Improve Ship Stability," *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, vol. 135, no. 1, 2018, doi: 10.1088/1755-1315/135/1/012017.
- [7] Hasanudin, A. Zubaydi, and W. D. Aryawan, "Roll Dynamic Coefficients Approach Of Decay Test Using The Generalized Reduced Gradient Method (GRG)," *Journal of Applied Engineering Science*, vol. 21, no. 2, 2023, doi: 10.5937/jaes0-40421.
- [8] H. Hasanudin, A. Zubaydi, and W. D. Aryawan, "Stability Assessments of RoPax Open Car Deck on Longitudinal Wave," in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2022. doi: 10.1088/1755-1315/1081/1/012031.
- [9] R. E. Walpole, *Probability & Statistics for Engineer and Scientists*. Boston: Prentice Hall, 2012.
- [10] D. N. Gujarati, *Basic Econometrics*, 4th ed. McGraw-Hill Companies, 2003.
- [11] A. Embankment, *IMO and RoRO Safety*. United Kingdom: London SE1 7SR, 1997.
- [12] E. W. Ardhi, T. W. Pribadi, and R. A. Arief Wardana, "Analisis Penerapan Ukuran Lane Meter Pada Kapal Ro-Ro Di Indonesia," *Wave: Jurnal Ilmiah Teknologi Maritim*, vol. 15, no. 2, pp. 91–102, 2022, doi: 10.29122/jurnalwave.v15i2.4840.
- [13] Gaclaser, "Glossary of Shipping-Terminology." [Online]. Available: <http://www.gaclaser.co.za/index.php/shipping-terms/Glossary-of-Shipping-Terminology-1/L/Lanemeter-474/>
- [14] T. Zis and H. N. Psaraftis, "Operational measures to mitigate and reverse the potential modal shifts due to environmental legislation," *Maritime Policy and Management*, vol. 46, no. 1, pp. 117–132, 2019, doi: 10.1080/03088839.2018.1468938.
- [15] V. Schneekluth, H. Betram, *Ship Design for Efficiency and Economy*. 1998.
- [16] A. Papanikolaou, *Ship Design Methodologies of Preliminary Design*. Springer, 2014.

- [17] C. Friis, T. Paulsson, and C. Karlsson, "Entrepreneurship and Economic Growth: A Critical Review of Empirical and Theoretical Research," in *Swedish Institute for Growth Policy Studies*, Stockholm, 2022.
- [18] R. Munro-Smith, *Ship and Naval Architecture*, First Publ. London: The Chameleon Press Limited, 1973.
- [19] D. G. M. Watson, *Ship Design Method*. Glasglow, 1976.