PROSIDING, Seminar Teknologi Kebumian dan Kelautan (SEMITAN III)
Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya (ITATS), Indonesia, 10 Juli 2021
ISSN 2686-0651
Vol. 3, No. 1, Juli 2021

OPTIMASI PANJANG KAPAL FERI RO-RO 1500 GT DENGAN FUNGSI TUJUAN BIAYA PENGADAAN MATERIAL DAN INSTALASI PENGGERAK

Abrian Sistian[1,*)], Minto Basuki[1)], dan Pramudya I. S.[1)]

[1)]Jurusan Teknik Perkapalan, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya
Jln. Arief Rachman Hakim, 100 Surabaya

[*)]e-mail: abriansistiansby@gmail.com

ABSTRAK

Kapal feri merupakan salah satu jenis kapal yang berlayar pada jarak dekat atau kapal yang berlayar dari pulau satu ke pulau yang lain, sehingga dikenal juga sebagai kapal penyeberangan. Optimisasi ialah suatu proses untuk mencapai atau mendapatkan suatu fungsi maksimal atau minimal dengan hasil yang optimum. Tujuan penelitian ini ialah melakukan optimasi panjang Kapal Feri Ro-Ro 1500 GT dengan fungsi tujuan biaya pengadaan material dan instalasi penggerak. Pada industri perkapalan di Indonesia, kendala yang dihadapi salah satunya ialah dalam pengadaan material. Baja merupakan komponen utama material kapal yang *unrenewable* dan ketersediannya saat ini semakin terbatas. Terlebih lagi persaingan pasar global yang begitu ketat, industri kapal nasional harus mempunyai strategi khusus. Salah satu contoh yang dapat dilakukan adalah dengan pengurangan biaya produksi. Dilihat dari sudut pandang desain, suatu pengurangan biaya produksi dapat dilakukan dengan mengoptimalkan bentuk badan kapal. Pengoptimalan bentuk badan kapal akan langsung terkait dengan biaya pengadaan material. Data penelitian yang digunakan sebagai objek penelitian adalah Kapal Feri Ro-Ro 1500 GT. Metode yang digunakan untuk menghitung besarnya hambatan kapal yaitu dengan metode *Holtrop*. Lalu metode *Watson* untuk menghitung estimasi berat baja. Penentuan model yang paling optimal dapat dilihat dari nilai *objective function* yang berasal dari hasil analisa data pada grafik. Hasil penelitian memperpanjang kapal akan berdampak pada kenaikan biaya baja yang dibutuhkan, tetapi terjadi pengurangan terhadap besarnya hambatan dan tenaga penggerak. Kapal varian tiga, merupakan kapal yang paling optimal. Selisih biaya terbesar adalah sekitar 2.206 milyar rupiah. Nilai ini ± 7% dari total biaya pengadaan yang termahal.

Kata kunci : Bentuk kapal, Biaya pengadaan, Kapal feri ro-ro, Optimasi panjang

ABSTRACT

Ferries are either a type of ship that sails at close range or a ship that sails from one island to another, so it is also known as a crossing ship. Optimization is a process to achieve or obtain a maximum or minimal function with optimum results. The purpose of this research is to optimize the length of ro-ro 1500 GT ferry with the purpose of material procurement costs and drive installation. In the shipping industry in Indonesia, one of the obstacles faced is in the procurement of materials. Steel is the main component of ship material that is unrenewable and its availability is now increasingly limited. Moreover, global market competition is so tight, the national ship industry must have a special strategy. One example that can be done is by reducing production costs. From a design point of view, a reduction in production costs can be done by optimizing the shape of the ship's body. Optimization of the shape of the ship body will be directly related to the cost of procurement of materials. The research data used as the object of the research is the Ro-Ro 1500 GT Ferry. The method used to calculate the magnitude of the ship's obstacles is by the Holtrop method. Then watson method to calculate the estimated weight of steel. The determination of the most optimal model can be seen from the objective function value derived from the results of data analysis on the chart. The results of the study of extending the ship will have an impact on the increase in steel costs needed, but there is a reduction in the magnitude of barriers and driving power. The third variant ship, is the most optimal ship. The largest cost difference is around 2.206 billion rupiah. This value ± 7% of the total cost of procurement is the most expensive.

Keywords: Ship shape, Procurement costs, Ro-ro ferry, Long optimization

PENDAHULUAN

Kapal feri ro-ro yang saat ini menjadi moda transportasi paling efektif dan efisien di Indonesia. Kapal *ferry* merupakan salah satu jenis kapal yang berlayar pada jarak dekat atau kapal yang berlayar dari pulau satu ke pulau yang lain, sehingga dikenal juga sebagai kapal penyeberangan. Kapal *ferry* yang dirancang dengan memiliki dua pintu *ramp doors* yaitu pintu depan dan pintu belakang adalah kapal ferry jenis Ro-Ro atau singkatan dari *roll-on/roll-off* (Hamza dkk, 2013) Kapal Ro-Ro berbeda dari kapal

ISSN 2686-0651
Vol. 3, No. 1, Juli 2021

lo-lo(*lift on-lift off*) yang menggunakan crane untuk memuat kargo (Muzdalifah dkk, 2016).

Kapal ro-ro merupakan suatu sub - sistem dan transportasi perairan dan dikenal sebagai suatu moda transportasi yang aman, ramah lingkungan dan efjsien, karena alat transportasi ini sejak la dirancang bangun, pada saat dibangun, dioperasikan sampai ditutup selalu diawasi oleh baik Pemerintah sebagai Regulator maupun Biro Klasifikasi untuk selalu mernenuhi persyaratan keselamatan dan pencegahan pencemaran lingkungan serta jaminan untuk kenyamanan pemakai jasanya (Nickum, 1988). Di Indonesia moda transportasi ini dimulai sejak jaman Belanda yang pada mulanya dibina oleh Direktorat Jenderal Perhubungan Laut dan sejak 24 Agustus 1965 lalu pembinaannya dialihkan ke Direktorat Jenderal Perhubungan Darat. Namun demikian pengawasan dan pembinaan terhadap Keselamatan dan Kelaikan tetap dilaksanakan oleh Direktorat Jenderal Perhubungan Laut (Zaky, 2012).

Berbagai kendala dihadapi oleh industri perkapalan di Indonesia, salah satunya ialah dalam pengadaan material. Baja merupakan komponen utama material kapal, namun komiditi yang *unrenewable* dan ketersediannya saat ini semakin terbatas. Terlebih lagi komponen kapal yang ± 80%-nya impor, mengakibatkan harga pokoknya menjadi tidak stabil dan dipengaruhi banyak variabel (termasuk *crude oil*) (Adinugraha, 2009).

Untuk bisa memenangkan persaingan pasar global dan tidak stabilnya harga material, industri kapal nasional harus mempunyai strategi khusus. Salah satunya memiliki keunggulan bersaing (*competitive advantages*), keunggulan bersaing ini hanya terjadi apabila memiliki keunggulan komparatif (*comparative advantages*) (Frinces, 2013). Tiap individu, perusahaan, maupun negara memiliki keunggulan komparatif. Ini merupakan kemampuan menghasilkan barang atau jasa dengan biaya yang lebih rendah daripada yang dikeluarkan oleh pesaing (Ramadhani, 2021). Dengan cara meminimalisir biaya penggunaan material, galangan akan mampu bersaing sehingga keuntungan yang diperoleh galangan akan semakin besar.

Proses meminimalisir biaya ini sangat terkait erat dengan desain kapal yang akan dibangun. Ini berarti untuk melakukan suatu upaya *cost reduction*, pihak galangan harus bisa mendesain ulang atau setidaknya memodifikasi bentuk badan kapal sehingga biaya penggunaan material dapat diminimalkan. Tetapi, pada kenyataanya, untuk mendesain suatu bentuk badan kapal memerlukan waktu yang tidak sedikit.

Kemajuan teknologi informasi memengaruhi perkembangan perancangan desain kapal. Hingga sekarang, proses desain kapal ini dilakukan secara berulang ulang untuk mendapatkan ukuran utama yang diinginkan. Proses ini disebut dengan *spiral design* (Papanikolaou, 2014). Akan tetapi proses ini memerlukan waktu yang lebih lama untuk menentukan besarnya ukuran utama yang diinginkan. Oleh karena itu, banyak yang sudah mengembangkan metode untuk mempercepat proses desain kapal. Salah satunya adalah metode optimisasi (Fauzi, 2019).

Optimisasi ialah suatu proses untuk mencapai atau mendapatkan suatu fungsi maksimal atau minimal dengan hasil yang optimum (Rao, 2019). Dalam rangka memajukan industri perkapalan di Indonesia, penulis mencoba mempelajari salah satu software perancangan kapal serta melakukan suatu proses optimasi pada sebuah kapal. Maxsurf Professional dijadikan sebagai alat utama penelitian ini karena pengoperasian yang terbilang mudah serta dapat diiterasikan dengan beberapa software umum yang lain, contohnya *MS. Office, AutoCad, Corel Draw*, dan lain sebagainya. Dalam penelitian yang dilakukan penulis ini, analisis hasil penelitian lebih difokuskan pada proses optimasi kapal.

METODE

Studi Literatur

StudI Literatur yang digunakan dalam penulisan skripsi ini yaitu dengan mengumpulkan berbagai referensi baik dari buku, internet maupun dari hasil pengamatan obyek yang ada di lapangan. Di antaranya yaitu pengetahuan mengenai kapal feri ro-ro 1500 GT dan efek penambahan panjang kapal terhadap biaya pengadaan.

Pengolahan Data

Dari hasil pengumpulan data, tahap selanjutnya adalah proses pengolahan data. Pada tahap ini dibagi menjadi 5 permodelan kapal yang dilakukan untuk mendapatkan desain kapal yang paling optimal. Dalam penelitian ini yang dijadikan sebagai objek penelitian adalah Kapal Feri Ro-Ro 1500 GT dengan data kapal sebagai berikut:

Tipe Kapal	: Feri Ro-Ro
LOA	: 71.867 m
LPP	: 65.4 m
B	: 14 m
H	: 4.6 m
T	: 3.1 m
Vs	: 15 Knot
Cb	: 0.6
GT	: 1500 GT

ISSN 2686-0651
Vol. 3, No. 1, Juli 2021

Analisis Hambatan

Setelah kapal dimodelkan, tahapan berikutnya menghitung hambatan pada masing-masing kapal yang sudah divariasikan dimensi utamanya dengan menggunakan Software Maxsurf. Tetapi apabila jika hambatan dan stabilitas kapal terlalu besar, maka kembali ke pengolahan data awal. Perhitungan hambatan dan tenaga penggerak dilakukan dengan dua metode, yaitu metode Holtrop dan metode Fung yang sudah tersedia dalam Software Maxsurf.

Analisis Perhitungan Biaya

Perhitungan biaya yang dilakukan adalah untuk mengetahui berapa besar biaya pengadaan. Biaya pengadaan sendiri yang akan dihitung adalah biaya baja yang digunakan dan biaya instalasi penggerak. Biaya pengadaan instalasi penggerak didapatkan dari perkalian antara besamya daya penggerak dan satuan biaya per satuan daya. Estimasi berat baja dihitung dengan menggunakan metode Watson, kemudian biaya baja lambung didapatkan dari perkalian antara berat baja lambung dengan satuan biaya per satuan berat.

Penentuan Model Paling Optimum

Berikut ini langkah-langkah yang dilakukan untuk menentukan penentuan model paling optimum, diantaranya:

a. Dalam menentukan model yang paling optimum, perlu ditentukan terlebih dahulu variabel apa saja yang memengaruhi proses optimasi kapal. Variabel itu diantaranya:
   - Variabel Bebas : panjang kapal (Loa dan Lpp)
   - *Constraint* (Terikat) : *displacement* (tidak melebihi 1%), lebar kapal (B), tinggi kapal (H), dan sarat kapal (T)
   - *Constant* (Tetap) : kecepatan kapal (Vs), koefisien blok (Cb) serta rasio perbandingan B/T dan H/T.
b. Tahanan dan stabilitas kapal harus sesuai dengan kriteria yang diinginkan, yaitu: tahanan kapal tidak melebihi 1% dari tahanan rancangan kapal awal serta stabilitas kapal harus mengikuti standar peraturan IMO A. 749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships.
c. Penentuan model yang paling optimal dapat dilihat dari nilai *objective function* yang berasal dari hasil analisa data pada grafik. *Objective function* adalah nilai yang ingin diminimumkan atau dimaksimalkan dalam optimisasi, antara lain:
   - Hambatan kapal : hambatan pada setiap variasi kapal akan memiliki pengaruh terhadap biaya instalasi penggerak.
   - Panjang kapal : penambahan panjang kapal tentu saja akan berpengaruh pada biaya pengadaan baja.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Rancangan Awal Kapal

Perhitungan optimasi berangkat dari suatu rancangan awal suatu kapal yang memenuhi persyaratan yang diminta oleh pemesan. Rancangan kemudian diubah secara bertahap. Bentuk dan ukuran-ukuran rancangan mula disebut varian nol. Prasyarat penting untuk mendapatkan hasil yang benar adalah untuk tidak merubah syarat-syarat yang dapat digunakan untuk perbandingan, sehingga semua varian memenuhi semua syarat yang sama dan tidak ada salah satu yang diuntungkan atau dirugikan. Ketentuan-ketentuan ini diperlukan untuk dapat membandingkan penawaran yang dibuat oleh beberapa galangan. Alternatif-alternatif dari penawaran seperti ini menunjukkan perbedaan-perbedaan pada dimensi utama, parameter bentuk, *displacement*, tenaga penggerak utama, tonase, penggunaan bahan bakar per hari dan biaya pembuatan.

Nama Kapal : KM Senja Persada
Jenis Kapal : Kapal Fery Ro-Ro
Kecepatan : 15 knot (7.71 m/s)

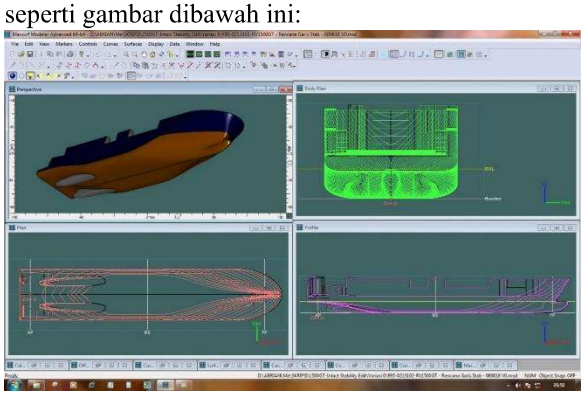
Nilai-nilai dimensi utama dari kapal tersebut adalah seperti berikut:

Loa : 71.867 m	H : 4.6 m
Lpp : 65.4 m	d : 3.1 m
Lwl : 70.516 m	B : 14 m
Freeboard : 1.5 m	Cb : 0.6

Dari nilai dimensi utama yang ada diatas, kemudian dicari rasio perbandingan dimensi utama, yaitu:

L/B	: 6.673	B/d	: 4.516
L/H	: 14.217	H/d	: 1.484

Setelah itu, rencana garis yang telah ada dikonversi kedalam program *Maxsurf Pro* sehingga menjadi seperti gambar dibawah ini:



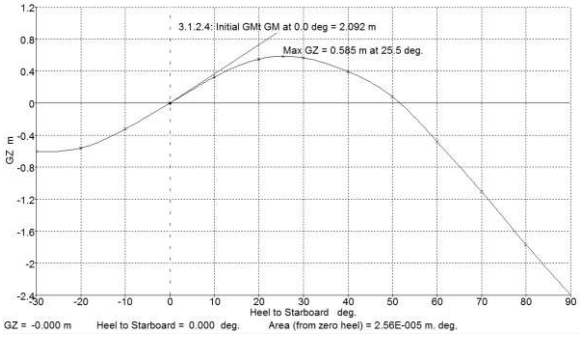
Gambar 1: Rencana Garis Varian Nol.

ISSN 2686-0651
Vol. 3, No. 1, Juli 2021

Selain data mengenai dimensi utama kapal, data-data yang juga dibutuhkan untuk melakukan optimasi antara lain:

Displacement : 1857 ton RPM Mesin : 1800 rpm
Merk Mesin : CAT LWT : 515 ton
DWT : 1342 ton Daya Mesin : 1774 HP
Kecepatan : 15 knot

Berdasarkan pada data-data diatas, stabilitas awal untuk varian nol dapat diketahui. Gambar kurva stabilitas awal untuk varian nol dapat dilihat seperti dibawah ini:



Gambar 2: Kurva Stabilitas Awal Varian Nol

Dalam kurva di atas menunjukkan *Initial GMt at 0.0 deg* memenuhi standar ≥ 0.150 m dengan hasil yang diperoleh 2.092 m. Serta *Angle of maximum GZ* memenuhi standar ≥ 25.0 *deg* dengan hasil yang diperoleh 25.5 *deg*.

Optimasi Dimensi Utama dari Segi Panjang Kapal

Untuk melakukan proses optimasi panjang kapal, langkah-langkah yang dilakukan, adalah:

1. Optimasi dilakukan dengan memvariasikan panjang kapal, Length Per Pendicular dan Length Over All, hingga mencapai displacement yang diinginkan, yaitu nilainya mendekati nilai rancangan awal kapal.
2. Persentase kenaikan panjang kapal (L), dua kali lebih besar dibanding dengan kenaikan persentase lebar (B), tinggi (H), dan sarat air (T). Dengan kata lain, apabila panjang dinaikan sebesar 10%, maka pesentase kenaikan dimensi utama kapal lainnya berkisar kurang lebih 5%. Kisaran persentase kenaikan dimensi utama kapal (selain panjang kapal) juga divariasikan hingga displacement tiap varian tidak terlalu jauh berbeda.
3. Pada saat melakukan proses variasi, perbandingan B/T dan H/T juga dipertahankan agar tetap konstan, hal ini berkaitan untuk mempertahankan stabilitas awal kapal. Sehingga tidak perlu dilakukan semua varian dilakukan perhitungan stabilitas awal.
4. Koefisien blok (Cb) dan displacement dipertahankan agar tetap konstan hingga akhir variasi. Walaupun ada perubahan pada nilai displacement, tetapi nilai perubahan tersebut tidak melebihi 1%.
5. Setelah didapat bentuk rencana garis yang sesuai dengan persyaratan optimasi, maka langkah selanjutnya adalah mengitung hambatan dan tenaga penggerak kapal.

Variasi Dimensi Utama Kapal

Berikut ini adalah perubahan dimensi utama kapal untuk setiap varian yang ada, yaitu:

Varian Satu
Data rancangan kapal:
Loa : 72.967 m H : 4.485 m
Lpp : 66.6 m d : 3.023 m
B : 13.650 m
Rasio perbandingan dimensi utama:
L/B : 4.879 B/d : 4.516
L/H : 14.849 H/d : 1.484

Varian Dua
Data rancangan kapal:
Loa : 74.167 m H : 4.373 m
Lpp : 67.8 m d : 2.947 m
B : 13.309 m
Rasio perbandingan dimensi utama:
L/B : 5.094 B/d : 4.516
L/H : 15.505 H/d : 1.484

Varian Tiga
Data rancangan kapal:
Loa : 75.367 m H : 4.264 m
Lpp : 69 m d : 2.873 m
B : 12.976 m
Rasio perbandingan dimensi utama:
L/B : 5.317 B/d : 4.516
L/H : 16.184 H/d : 1.484

Varian Empat
Data rancangan kapal:
Loa : 76.567 m H : 4.157 m
Lpp : 70.2 m d : 2.801 m
B : 12.652 m
Rasio perbandingan dimensi utama:
L/B : 5.549 B/d : 4.516
L/H : 16.887 H/d : 1.484

Varian Lima
Data rancangan kapal:
Loa : 77.767 m H : 4.053 m
Lpp : 71.4 m d : 2.731 m
B : 12.335 m
Rasio perbandingan dimensi utama:
L/B : 5.788 B/d : 4.516
L/H : 17.616 H/d : 1.484

ISSN 2686-0651
Vol. 3, No. 1, Juli 2021

Analisis Hasil Penelitian

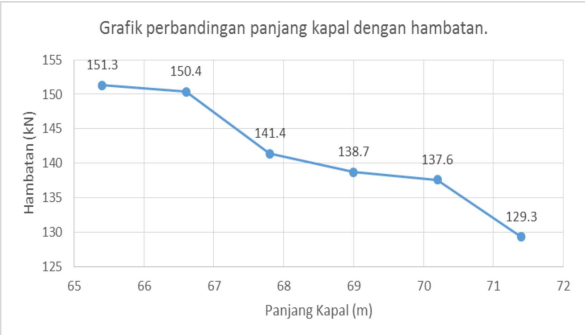
Pada saat melakukan proses optimasi dengan memvariasikan deretan panjang kapal, terjadi perubahan-perubahan pada sifat dan karakteristik kapal. Dapat dilihat dari tabel 1 sampai tabel 2, serta gambar 3 sampai gambar 5, bahwa semakin panjang suatu kapal, maka hambatan kapal tersebut semakin berkurang dan *gross tonage* (GT) juga semakin berkurang, namun dengan persyaratan bahwa perbandingan antara lebar dan sarat (B/T) serta tinggi dan sarat (H/T) dipertahankan tetap sama.

Tabel 1: Hasil Optimasi Panjang dan Biaya Pengadaan

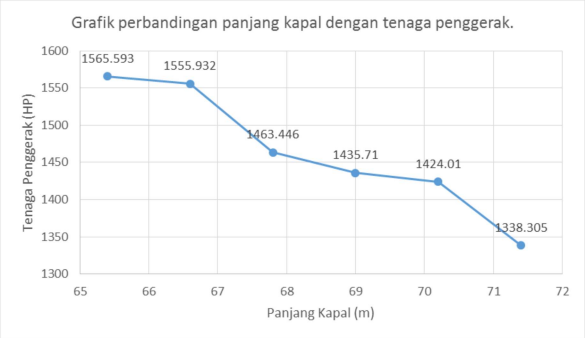
No.	Keterangan	Satuan	Varian Nol	Varian Satu	Varian Dua
1	Panjang Kapal, Loa	m	71.867	72.967	74.167
2	Panjang Kapal, Lpp	m	65.4	66.6	67.8
3	Lebar	m	14	13.65	13.309
4	Tinggi	m	4.6	4.485	4.373
5	Sarat	m	3.1	3.023	2.947
6	Hambatan Tarik	kN	151.3	150.4	141.4
7	Tenaga Penggerak	HP	1565.593	1555.932	1463.446
8	Berat Baja	ton	793.56	828.9	865.42
9	Berat Bulbows	ton	3.97	4.14	4.33
10	Biaya Pengadaan Baja	Milyar Rp	12.76	13.329	13.916
11	Biaya Instalasi Penggerak	Milyar Rp	19.517	19.517	16.729
12	Biaya Pengadaan Total	Milyar Rp	32.277	32.846	30.645

Tabel 2: Hasil Optimasi Panjang dan Biaya Pengadaan

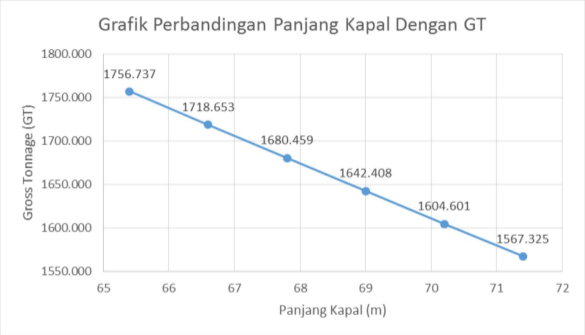
No.	Keterangan	Satuan	Varian Tiga	Varian Empat	Varian Lima
1	Panjang Kapal, Loa	m	75.367	76.567	77.767
2	Panjang Kapal, Lpp	m	69	70.2	71.4
3	Lebar	m	12.976	12.652	12.335
4	Tinggi	m	4.264	4.157	4.053
5	Sarat	m	2.873	2.801	2.731
6	Hambatan Tarik	kN	138.7	137.6	129.3
7	Tenaga Penggerak	HP	1435.71	1424.01	1338.305
8	Berat Baja	ton	903.31	942.72	983.33
9	Berat Bulbows	ton	4.52	4.71	4.92
10	Biaya Pengadaan Baja	Milyar Rp	14.525	15.159	15.812
11	Biaya Instalasi Penggerak	Milyar Rp	16.115	15.725	15.167
12	Biaya Pengadaan Total	Milyar Rp	30.64	30.884	30.979



Gambar 3: Grafik Perbandingan Panjang Kapal Dengan Hambatan.



Gambar 4: Grafik Perbandingan Panjang Kapal Dengan Tenaga Penggerak.

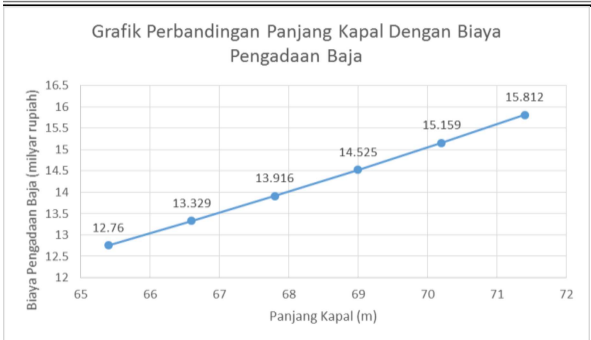


Gambar 5: Grafik Perbandingan Panjang Kapal Dengan GT.

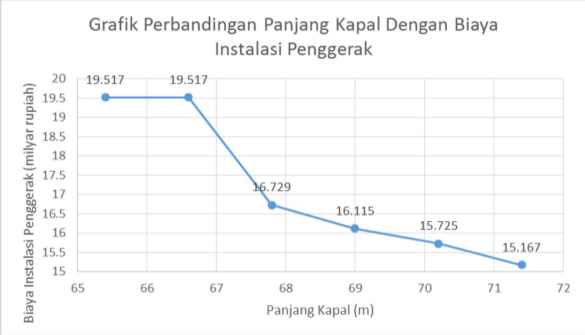
Hal ini dikarenakan luas permukaan bidang depan kapal yang berkurang secara proporsional dengan perubahan panjang kapal sehingga besarnya hambatan gelombang (*wave resistence*) dapat direduksi. Selain itu juga, dengan penambahan panjang yang berakibat pada pengurangan lebar dan sarat air, membuat bentuk lambung kapal semakin ramping, sehingga besar gaya gesek yang terjadi mengalami pengurangan sekaligus volume kapal juga berkurang dalam hal ini gross tonnage (GT).

Berkurangnya hambatan kapal berbanding lurus dengan daya penggerak yang dibutuhkan. Dengan kata lain, semakin kecil hambatan, maka semakin kecil pula daya penggerak yang dibutuhkan. Perubahan nilai hambatan dan daya penggerak berpengaruh langsung terhadap biaya instalasi penggerak. Semakin kecil daya penggerak yang dibutuhkan maka, biaya instalasi penggerak pun semakin kecil. Nilai perubahan ini dapat dilihat melalui gambar 6 dan gambar 7.

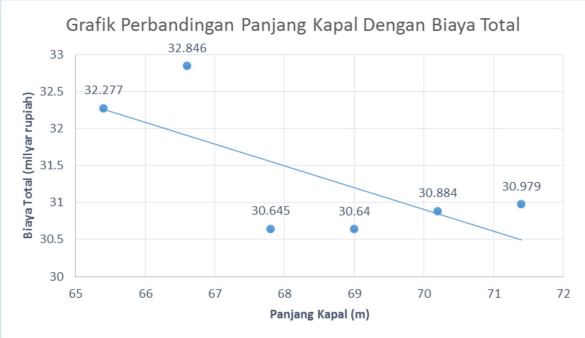
ISSN 2686-0651
Vol. 3, No. 1, Juli 2021



Gambar 6: Grafik Perbandingan Panjang Kapal Dengan Biaya Pengadaan Baja.



Gambar 7: Grafik Perbandingan Panjang Kapal Dengan Biaya Instalasi Penggerak.



Gambar 8: Grafik Perbandingan Panjang Kapal Dengan Biaya Total

Sedangkan dari optimasi biaya pengadaan baja, dapat dilihat pada gambar 8 bahwa biaya pengadaan baja mengalami kenaikan seiring penambahan panjang kapal. Hal ini terjadi karena adanya penambahan pelat untuk konstruksi kapal. Bila analisis difokuskan hanya sampai pada tahap biaya pengadaan minimal, maka dapat disimpulkan bahwa kapal varian tiga, merupakan kapal yang paling optimal. Selisih biaya terbesar adalah sekitar 2.206 milyar rupiah. Nilai ini ± 7% dari total biaya pengadaan yang termahal.

KESIMPULAN

Dari penjelasan yang sudah dijabarkan pada bab sebelumnya, penulis menarik beberapa kesimpulan, diantaranya:

1. Optimasi dimensi panjang kapal memerlukan suatu data rancangan awal untuk dijadikan data acuan yang dapat diperoleh dari data kapal yang telah ada (*existing ship*).
2. Untuk melakukan suatu proses optimalisasi, setiap parameter desain, yaitu dimensi utama kapal, perbandingan dimensi utama kapal, dan koefisien bentuk kapal; harus diperhatikan dengan seksama, karena semuanya akan saling berkaitan dalam penentuan sifat, karakteristik, dan bentuk lambung kapal.
3. Memperpanjang kapal berdampak pada pengurangan besar hambatan dan tenaga penggerak yang dibutuhkan.
4. Memperpanjang kapal akan berdampak pada kenaikan biaya baja yang digunakan, namun biaya instalasi penggerak akan berkurang.
5. Dari hasil penelitian didapat bahwa dengan memperpanjang kapal, galangan dapat menghemat biaya pengadaan sebesar 2.206 Milyar, atau sekitar 7% dari biaya pengadaan awal.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kami sampaikan kepada pimpinan dan staf PT. CENMARS INDONESIA yang telah memberikan data untuk penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Adinugraha, B. (2009). Optimasi Panjang Kapal Dengan Fungsi Tujuan Biaya Pengadaan Minimal Pada Pembangunan Kapal. *Penelitian Tidak Dipublikasikan. Jurusan Teknik Perkapalan. Universitas Indonesia.*

Fauzi, R. A., Hasanudin, H., & Ahadyanti, G. M. (2019). Optimisasi Ukuran Utama Kapal Roll On – Roll Off (Ro-Ro) Menggunakan Software Visual Basic dan Maxsurf. *Jurnal Teknik ITS*, *7*(2). https://doi.org/10.12962/j23373539.v7i2.35313

Frinces, Z. H. (2013). Membangun ekonomi daerah di Indonesia. *Jurnal Ekonomi Universitas Esa Unggul*, *4*(2), 17896.

Hamzah, B. Lukman, M. R. Alwi, A. Ardianti, and F. L. M. (2013). Optimasi Konstruksi Geladak Punumpang Kapal Ferry RO-RO 200 GT. *Jurusan Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin*, *7*, 978–979.

Muzdalifah, L., Chrismianto, D., & Hadi, E. S. (2016). Analisa Keselamatan Kapal Ferry Ro-Ro Ditinjau Dari Damage Stability Probabilistik. *Jurnal Teknik Perkapalan*, *4*(2).

ISSN 2686-0651
Vol. 3, No. 1, Juli 2021

Nickum, G. C. (1988). Subdivision and Damage Stability. *Principle of Naval Architecture Second Revision. EV Lewis. Jersey City, SNAME*, *1*.

Papanikolaou, A. (2014). *Ship design: methodologies of preliminary design*. Springer.

Ramadhani, N. (2021). *Perbedaan Teori Keunggulan Komparatif dan Kompetitif - Akseleran Blog*. https://www.akseleran.co.id/blog/keunggulan-komparatif/

Rao, S. S. (2019). *Engineering optimization: theory and practice*. John Wiley & Sons.

Zaky, M. (2012). Analisa Keselamatan Kapal Feri Ro-Ro Ditinjau Dari Damage Stability. *Jakarta: Biro Klasifikasi Indonesia, Penelitian Mandiri*.