

**Desain Kapal Multiguna Sesuai Kondisi Perairan dan Permintaan Transportasi Laut
Dalam Mendukung Percepatan dan Perluasan Ekonomi Kepulauan di KTI**
*Multipurpose Ship Design Under Water Conditions and Marine Transportation
Demand to Support the Acceleration and Expansion of Economic islands in eastern Indonesia*

Yusuf Siahaya

Dosen Pasca Sarjana Bidang Konversi Energi Teknik Mesin Universitas Hasanuddin Makassar
Jl. Perintis Kemerdekaan Km. 10, Tamalanrea, Makassar
e-mail : yusufsiahaya@yahoo.com

Naskah diterima 06 Oktober 2015, diedit 15 Oktober 2015, dan disetujui terbit 26 Nopember 2015

ABSTRAK

Kawasan Timur Indonesia terdiri dari banyak gugus pulau besar dan kecil, hasil komoditi masih terbatas (sembako dan bahan strategis) dalam mencukupi kebutuhan masyarakat sehingga masih mayoritas supply dari wilayah barat, beragam, dan tersebar tidak merata. Sehingga, diperlukan suatu alat angkut yang dapat mendistribusikan komoditi melalui pelabuhan pengumpul dan pengumpan regional/lokal. Untuk efektif dan efisien transportasi, dibutuhkan suatu alat angkut sesuai karakteristik permintaan transportasi laut KTI yaitu berupa kapal multiguna. Penelitian ini bertujuan untuk mewujudkan suatu sistem angkutan laut yang optimal, memperbaiki dan menemukan cara pengangkutan laut yang layak teknis dan ekonomis melalui perekayasaan alat angkutan laut multiguna (kapal serbaguna), dan bersifat kuantitatif, menggunakan metode optimalisasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kapal multiguna yang sesuai untuk wilayah kepulauan di Kawasan Timur Indonesia berciri Roro, Lolo, dan LCT, dapat dipergunakan untuk mengangkut berbagai keperluan dan jenis muatan (penumpang, general kargo/kontainer dan muatan roda). Hasil analisis menunjukkan bahwa kecenderungan muatan roda semakin meningkat sehingga permintaan jenis tipe kapal Roro menjadi acuan perencanaan desain kapal multiguna. Berdasarkan batasan optimalisasi (*constrains optimization*) yaitu batasan kondisi geografi, infrastruktur (fasilitas pelabuhan), dan oseanografi diperoleh ukuran kapal yang optimal untuk Kawasan Timur Indonesia adalah kapal multiguna berukuran 800 GRT, dapat mengangkut kendaraan beroda, penumpang dan general kargo (konsep berupa gambar *lines plan*, *general arrangement*, *hydrostatic curve*, kebutuhan tenaga penggerak, serta lengkung stabilitas kapal multiguna seperti terlampir).

Kata kunci: Permintaan transportasi, Jenis muatan, Jenis kapal, multiguna

ABSTRACT

Eastern Indonesia consists of many great and small islands Cluster; the results are still limited commodities to meet the needs of the community so that the supply commodities majority from western region, diverse, and are unevenly distributed. Thus, it is needed a means of transport that can distribute commodities through the port collector and feeder regional/local. For effective and efficient transportation, are needed an appropriate conveyance sea transportation demand characteristics Eastern Indonesia in the form of a multipurpose vessel. This study aims to realize an optimal sea transportation system, improve and find a way of sea transport technically and economically feasible through engineering for design multipurpose vessels, and quantitative, using optimization methods. The data used are secondary data from the results of previous studies such as transportation demand conditions, infrastructure, data oceanographic and ship operating in Eastern Indonesia. The results showed that the multipurpose ship suitable for archipelago in Eastern Indonesia characterized by Roro, Lolo, and LCT, can be used to transport a variety of purposes and types of carries (passengers, general cargo/container and load wheels). Based on the restriction optimization (optimization constrains) which limits geography, infrastructure (port facilities), and oceanography obtained optimal ship size for Eastern Indonesia is a multipurpose vessel measuring 800 GRT, can carry wheeled vehicles, passenger and general cargo (the concept of an image lines plan, general arrangement, hydrostatic curve, propulsion needs, as well as the arch stability multipurpose vessel as attached).

Keywords: Transportation demand, Type of cargo, the type of ship, and multipurpose

PENDAHULUAN

Armada angkutan laut di Kawasan Timur Indonesia umumnya belum direncanakan sesuai karakteristik permintaan angkutan laut yang dinamis dan kondisi infrastruktur pelabuhan yang serba terbatas fasilitasnya sehingga merupakan permasalahan dalam pengembangan sistem angkutan laut. Desain, tipe kapal yang berfungsi sebagai pengangkut muatan serbaguna sesuai permintaan transportasi, dan kondisi perairan dapat meningkatkan keselamatan pelayaran dan efisiensi sistem transportasi. Studi perancangan dan perekayasa bertolak dari karakteristik permintaan jasa angkutan laut, kondisi perairan dan infrastruktur pelabuhan di Kawasan Timur Indonesia, serta merujuk kepada perkembangan iptek alat angkutan laut dan persyaratan-persyaratan IMO tentang konstruksi dan keselamatan kapal di laut.

Kelancaran arus barang membutuhkan sarana angkutan laut yang mengarah ke multiguna dan handal sesuai dengan permintaan. Oleh karenanya, perlu dilakukan studi bagaimana desain kapal multiguna yang sesuai kondisi perairan dan permintaan transportasi laut, perlu ditemukan, kapal laut optimal yang didesain merupakan kapal multiguna dalam mendukung percepatan dan perluasan ekonomi Kepulauan di Kawasan Timur Indonesia. Studi ini, dimaksudkan untuk mendesain kapal, bertujuan menciptakan sistem angkutan laut yang optimal, memperbaiki dan menemukan cara pengangkutan laut yang layak teknis dan ekonomis, melalui perekayasa alat angkutan laut multiguna.

Hasil penelitian ini, mewujudkan suatu desain kapal laut yang optimal, dapat mengangkut berbagai jenis muatan barang dan/atau kendaraan, sehingga mendukung implementasi Poros Maritim dan menjadi solusi Tol Laut dalam pendistribusian dan pengangkutan komoditi yang serbaguna dan volume terbatas sebagai angkutan antara gugus pulau yang tersebar di kepulauan Kawasan Timur Indonesia.

Penelitian ini menemukan suatu basic design dengan kapal ukuran 800 GT, berciri Ro-Ro - Lo-Lo dengan faktor ramp door samping atau depan. Penelitian ini sesungguhnya dapat menghasilkan variasi ukuran kapal yang ditentukan menurut fungsi wilayah pelayanan dengan batasan permintaan transportasi yang dinamis.

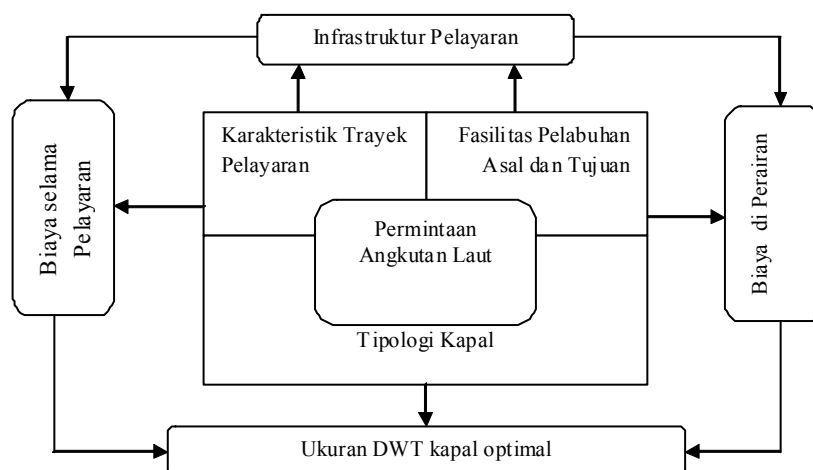
METODE

Penentuan dan pengambilan keputusan atas elemen-elemen sistem yang terkait, dalam sistem perencanaan transportasi laut, berdasar pada informasi dan hasil penelitian struktur dan volume arus barang, pertimbangan kondisi supra dan infrastruktur pelabuhan yang menjadi asal dan tujuan pelayaran kapal-kapal perintis [3].

Secara kuantitatif jumlah dan ukuran kapal yang sesuai dianalisa berdasarkan analisa struktur muatan dan kepelabuhanan. Dimensi ruang muat dan ukuran kapal pada suatu jaringan transportasi laut ditentukan oleh parameter berikut [11, 17]; Jarak pelayaran, Frekwensi pelayaran dalam suatu trayek pelayaran, Fasilitas pelabuhan, Potensi jumlah muatan yang diangkut.

Keempat parameter tersebut merupakan pembatas perancang kapal dalam iterasi penentuan dimensi kapal, sehingga dapat memberikan efek biaya minimum terhadap pemakai jasa transportasi. Secara umum, prinsip perancangan kapal dilakukan dengan metode spiral desain, bertolak dari persyaratan dan keperluan operasional seperti; kelaikan ekonomi, tipe kargo dan penanganan bongkar muat, DWT kapal, kecepatan kapal, jarak pelayaran dan faktor lingkungan.

Metode optimasi digunakan untuk mencari alternatif ukuran-ukuran pokok kapal berdasarkan prinsip-prinsip minimum total biaya kapal dan memaksimalkan penerimaan.



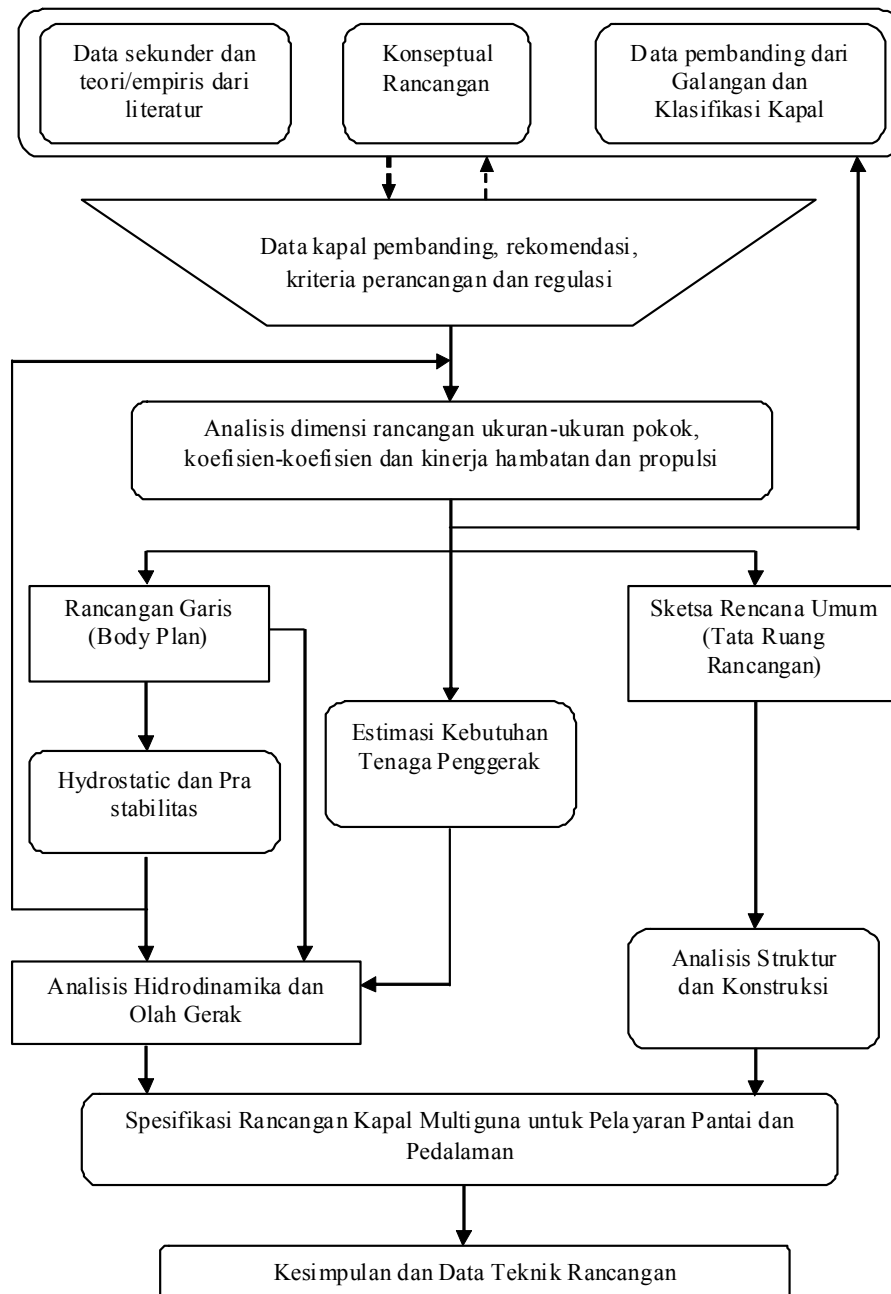
Gambar 1. Model Perencanaan Berbasis Permintaan [21]

Tahapan dan bagian-bagian utama dalam proses rancang bangun kapal terdiri dari; [21]:

- 1) Penetapan kriteria perancangan, kondisi operasional kapal dari segi teknis, ekonomis, kenyamanan dan keamanan.
- 2) Perekayasa badan kapal, bentuk di bawah garis air dengan meminimalkan hambatan dan mengoptimalkan gerak kapal.
- 3) Sistem permesinan, perlengkapan kapal dan alat alih muat dirancang sesuai permintaan kapal dan sifat muatan.

Penelitian dilaksanakan di lokasi Makassar, Kendari, Ambon, Kupang dan Sorong. Analisis data dilakukan sebagaimana dalam gambar alur pikir. Analisis dalam penetapan rancangan secara konseptual didekati dengan metode kombinasi prinsip kualitatif dan kuantitatif dan mengacu pada studi literatur, analisis perekayasa yang telah ada serta melakukan Brain Storming.

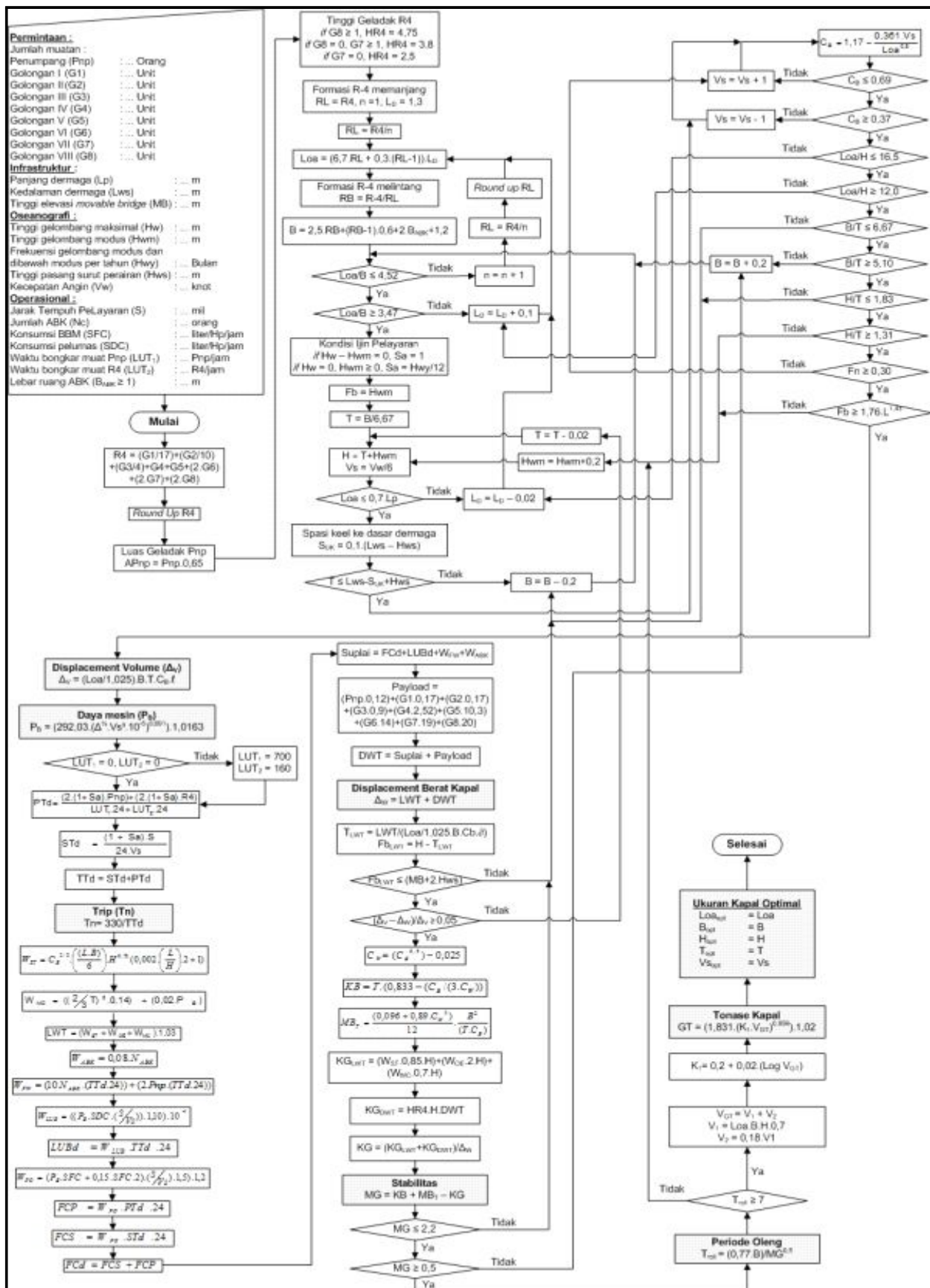
Untuk mendapatkan hasil yang optimal, dibuatkan bagan alir Pra Rancangan kapal. Bagan alir ini memberikan penjelasan tahapan dalam pra



Gambar 2. Alur Pikir Proses Perancangan Kapal Multiguna

Ketiga hal ini, mempunyai kaitan dengan variabel bentuk dan saling mempengaruhi dalam mewujudkan suatu rancangan kapal yang

rancangan kapal multiguna untuk Kawasan Timur Indonesia, flowchart ini dapat dilihat pada lampiran laporan.



Gambar 3. Bagan Alir Pra Rancangan Kapal

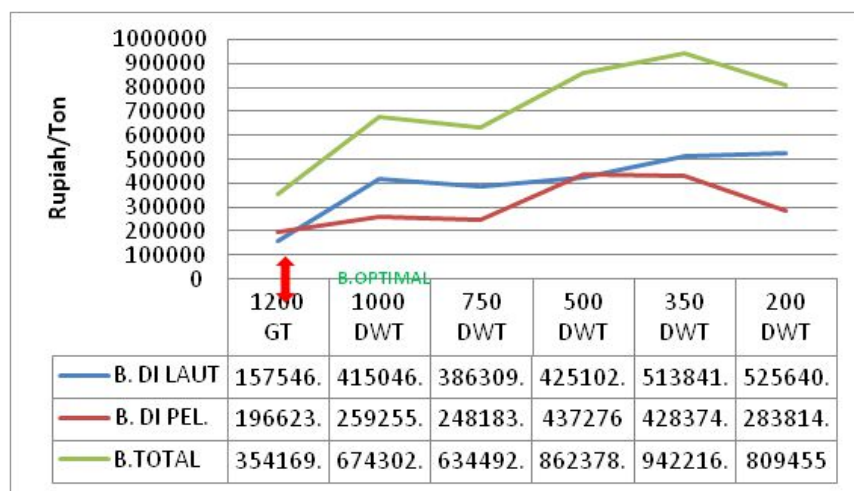
HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik muatan dipengaruhi oleh perekonomian, level pemanfaatan potensi wilayah dan penguasaan teknologi di suatu wilayah, kesesuaian sarana dan tipologi kapal serta karakteristik muatan yang berkesesuaian dengan pelabuhannya sebagai prasarana. Karakteristik muatan dan bentuk kemasan barang adalah masih terbatas volumenya di masing-masing pelabuhan, kemasan barang konvensional (muatan lepas, kantong, drum, batangan, ikatan kubik dan sebagainya).

Kecenderungan sistem palet banyak digunakan pada pelabuhan-pelabuhan regional dan lokal, serta muatan peti kemas berkembang pesat pada Pelabuhan Makassar, Kendari, Ambon, Kupang. Kecenderungan muatan rada berupa mobil, sepeda motor, dan alat-alat berat banyak ditemui pada pelabuhan-pelabuhan utama (PU), pelabuhan pengumpul (PP), dan pelabuhan pengumpan (PR). Karakteristik muatan menyerupai angkutan ferry yang didominasi oleh muatan penumpang, multikemas/satuan dan dapat mengangkut muatan roda.

Analisis Ekonomis Kapal

Untuk mendapatkan kapal optimal di antara bobot kapal 1200 GT s/d 200 DWT, yang memiliki total biaya (Rp/ton) terendah selama di pelabuhan dan di laut, seperti pada gambar di bawah ini. Biaya-biaya tersebut diskennariokan menurut bobot DWT kapal dan variasi load factor muatan.



Gambar 4. Biaya Optimal Kapal dalam Muatan Optimis (30%)

Dari ke tiga skenario ini diperoleh kapal optimal adalah kapal 1200 GT.

Metode Optimalisasi

Berdasarkan identifikasi masalah dari aspek permintaan, teknis kapal penyeberangan dan aspek tujuan pokok angkutan penyeberangan dengan menggunakan metode pemrograman linear dapat diambil suatu fungsi objektif yang merupakan tujuan utama dalam proses optimalisasi yaitu mendapatkan biaya operasional kapal meminimalkan dalam tahapan pra-rancangan kapal.

Menemukan $X = \{X_1, X_2, X_3, \dots, X_n\}$

Dimana, X merupakan vektor desain atau variabel pemilihan, dengan memaksimalkan fungsi objektif $f(X)$ yang berdasarkan batasan kondisi geometri, permintaan, oseanografi, infrastruktur yang diformulasikan dalam persamaan dan ketidaksamaan dalam proses optimalisasi sebagai berikut [56]:

$$\text{Memaksimalkan } \sum_{j=1}^n f_j X_j, \text{ dengan batasan } \left. \begin{array}{l} \sum_{j=1}^n a_{ij} X_j \leq b_i, i = 1 \dots q \\ \text{dan} \\ X_j \geq 0, j = 1 \dots p \end{array} \right\}$$

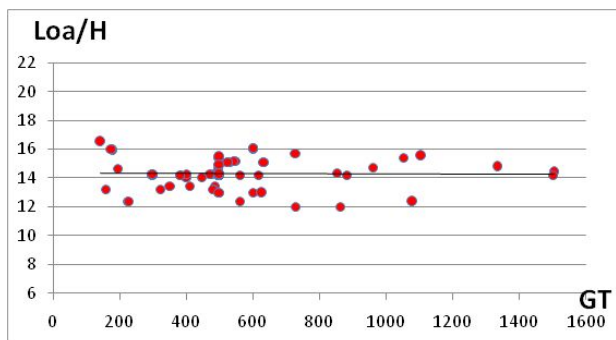
atau secara sederhana dirumuskan sebagai berikut :

$$\left. \begin{array}{l} g_j(X) \leq 0, j = 1, 2, \dots, q \\ \text{dan} \\ h_j(X) \geq 0, j = q + 1, q + 2, \dots, p \end{array} \right\}$$

Terdapat lima variabel desain yang menjadi pertimbangan dan digunakan sebagai variabel bebas yaitu panjang kapal (Loa), lebar kapal (B), tinggi kapal (H), sarat kapal (T) serta kecepatan kapal (Vs).

Berdasarkan data statistik yang diperoleh dari peta lintas penyeberangan tahun 2012, sebanyak 80 kapal feri tipe Ro-Ro di wilayah KTI dijadikan sebagai sumber olahan data. Dari data tersebut kemudian dibuat batasan berdasarkan dimensi rasio perancangan kapal yaitu rasio Loa/B , Loa/H , B/T dan H/T (Santoso, 1983). Batasan rasio tersebut menjadi acuan perancangan kapal dan berbagai referensi yang digunakan sebelumnya dalam perancangan kapal.

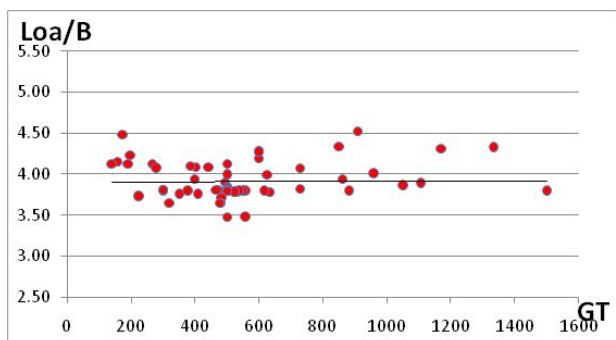
Rasio Loa/H berpengaruh terhadap kekuatan struktur dan konstruksi kapal. Nilai Loa/H yang besar, akan mengurangi kekuatan memanjang kapal dan sebaliknya memperkuat kekuatan memanjang kapal.



Gambar 5. Hubungan Rasio Loa/H dengan GT Kapal di KTI

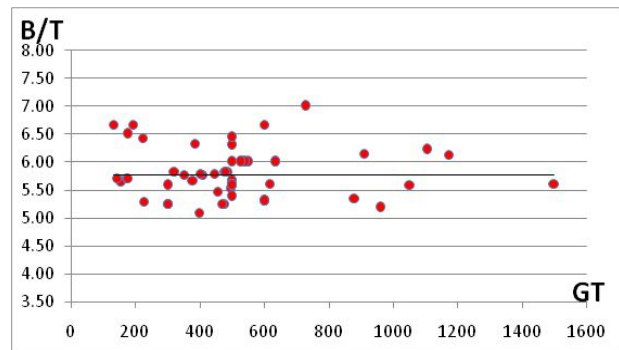
Beberapa referensi menggunakan batasan L/H berkisar 9,0-14,0 [46], 8,97-11,44 [39] dan 14,0-18,0 [52]. Variasi data yang digunakan sebagai batasan berkisar antara 12,0 sampai 16,5. Rentang data 4,5 dengan standar deviasi sebesar 1,04. Kondisi oseanografi di Kawasan Timur Indonesia bervariasi sehingga terdapat rasio L/H yang rendah dan juga tinggi.

Perbandingan L/B yang besar terutama kapal-kapal dengan kecepatan tinggi dan mempunyai perbandingan ruangan yang baik, akan mengurangi kemampuan olah gerak kapal dan kemampuan stabilitas kapal. Perbandingan L/B yang kecil memberikan kemampuan stabilitas yang baik, tetapi dapat menambah hambatan kapal.



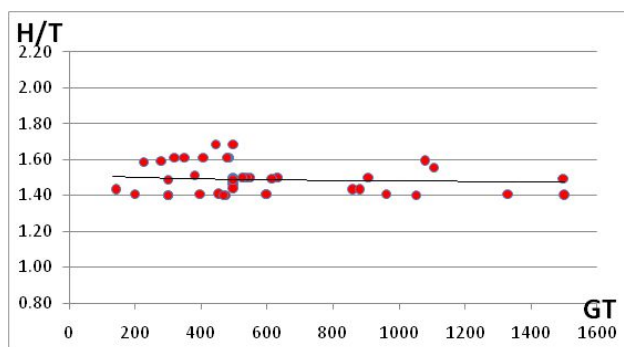
Gambar 6. Hubungan Rasio Loa/B dengan GT Kapal di KTI

Batasan rasio ini berada diantaranya L/B berkisar 3,0-6,5 [53], 2,92-4,81 [39], dan 6,0-8,0 [52]. Rasio panjang (Loa) terhadap lebar (B) kapal berkisar antara 3,47 sampai 4,52. Rentang data 1,05 dengan standar deviasi sebesar 0,22. Ukuran rasio L/B rendah selain untuk mendapatkan kemampuan stabilitas yang baik, juga memungkinkan ukuran ruang muat yang lebih besar dengan kondisi batasan panjang kapal yang konstan.



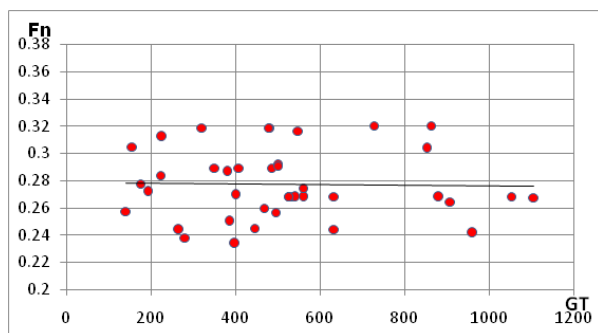
Gambar 7. Hubungan Rasio B/T dengan GT Kapal di KTI

Referensi nilai rasio B/T berkisar 2,8-5,7 [59], 2,97-5,71 [39] dan 2,0-2,5 [53]. JICA dan Schneekluth memberikan rasio yang lebih besar untuk mendapatkan performa stabilitas yang lebih baik. Rasio lebar (B) terhadap sarat (T) dengan ukuran GT kapal yang beroperasi di KTI berkisar antara 5,1 sampai 7,0. Rentang data 1,9 dengan standar deviasi sebesar 0,4.



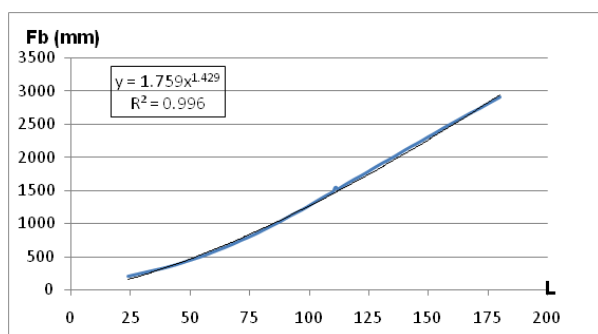
Gambar 8. Hubungan Rasio H/T dengan GT Kapal di KTI

Perbandingan H/T berhubungan dengan reserve displacement atau daya apung cadangan. Nilai H/T yang tinggi dijumpai pada kapal-kapal penumpang. Referensi nilai H/T berkisar 1,5-2,0 [44], 1,25-1,86 [39], dan 1,22-1,52 [53]. H/T berhubungan dengan lambung timbul kapal. Rasio Tinggi (H) terhadap sarat (T) berkisar antara 1,40 sampai 1,68. Rentang data 0,28 dengan standar deviasi sebesar 0,08.

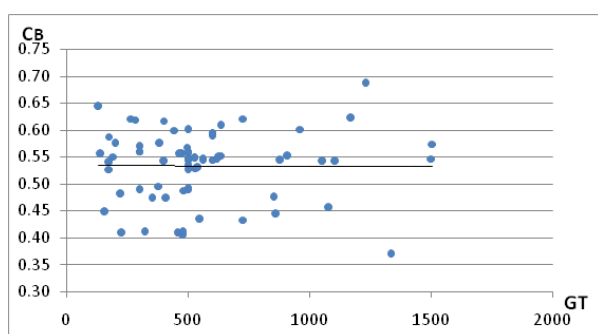


Gambar 8. Hubungan Rasio H/T dengan GT Kapal di KTI

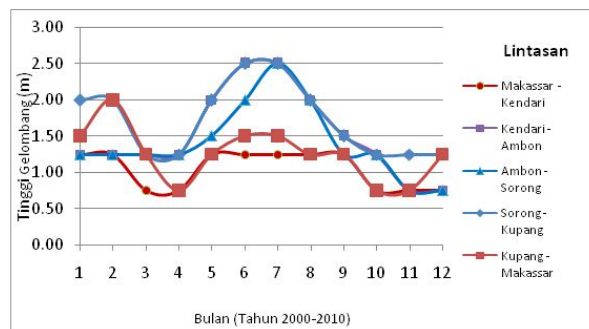
Pada gambar 9 menunjukkan hubungan nilai Froude number terhadap ukuran GT kapal. Kapal feri Ro-Ro di Kawasan Timur Indonesia sebagian besar memiliki kecepatan rendah, memiliki F_n berkisar 0,22 sampai 0,33. Salah satu solusi yang ingin ditemukan dalam penelitian ini berdasarkan identifikasi masalah yakni meningkatkan kecepatan V_s kapal, sehingga F_n yang digunakan sebagai acuan adalah F_n untuk kapal feri kecepatan tinggi, dapat diformulasikan dengan persamaan 14. Dimana V_s = kecepatan kapal (m/s^2); L = panjang kapal (m); dan g = percepatan gravitasi $9,81 m/s^2$.

Gambar 9. Hubungan F_n terhadap GT Kapal KTI

Batasan Lambung Timbul Tinggi lambung timbul minimum kapal harus diperhatikan agar kapal selalu mempunyai daya apung cadangan. Lambung timbul (F_b) minimum untuk kapal tipe B (kapal selain bermuatan tangki minyak), diatur dalam International Load Line Convention (ILLC).

Gambar 10. Hubungan F_b terhadap Panjang Kapal

Hubungan lambung timbul minimum dengan panjang kapal (L) dapat diperlihatkan pada Gambar 10. Koefisien blok lambung kapal diperlukan untuk mendapatkan displacement yang besar pada sarat terendah. Kapal feri tipe Ro-Ro memiliki C_b berkisar 0,56-0,78 [43], 0,55-0,80 [36], 0,52-0,72 [40].

Gambar 11. Hubungan C_b terhadap GT Kapal di KTI

Dalam optimalisasi menggunakan batasan C_b berdasarkan karakteristik kapal feri yang beroperasi di KTI, berkisar 0,69-0,37 dengan nilai standar deviasi 0,06, seperti terlihat pada Gambar 11. Untuk menjaga variasi serta perubahan berat muatan maka diberikan toleransi berat 5% dari selisih displacement volume dengan berat kapal.

Stabilitas Kapal

Tinggi metasentra melintang (MG) memberikan indikator karakteristik stabilitas dari setiap kapal. MG untuk kapal penumpang yang beroperasi antar pulau di perairan tertutup dan terbuka berkisar 0,5 m sampai 2,2 m [53]. Kapal dengan nilai MG tinggi memiliki periode oleng pendek dengan gerak yang tidak nyaman (uncomfortable) pada kecepatan tinggi (Watson, 1998). Kapal dengan nilai MG rendah akan memiliki periode oleng yang lama dan lebih nyaman pada kecepatan rendah. Periode oleng melintang dihitung dengan persamaan sebagai berikut [59]:

$$T_{roll} = \frac{2\pi \cdot K}{\sqrt{g \cdot MG}}$$

Dimana T_{roll} = periode oleng (s); K = jari-jari perputaran = $0,385 \cdot B$ (m); dan MG = tinggi metasentra melintang (m). Kapal feri tipe roro biasanya memiliki jarak titik gravitasi yang rendah, hal tersebut menghasilkan periode oleng yang pendek berkisar 7 detik [38]

Infrastruktur dan Karakteristik Pelayaran

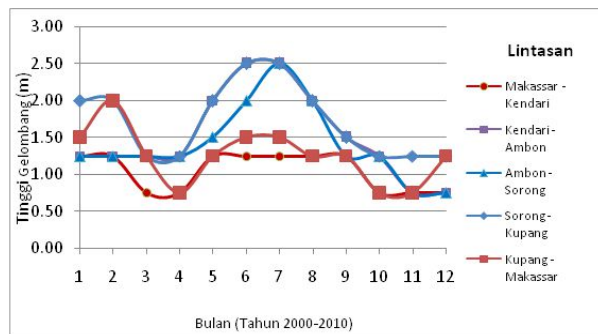
Kapal rancangan harus sesuai dengan kondisi perairan, rute pelayaran, dan fasilitas pelabuhan. Kondisi kedalaman maksimal sarat (T) kapal yang akan beroperasi. Rute pelayaran memberi batasan terhadap kondisi infrastruktur yang dilewati ketika kapal berlayar. Panjang kedalaman kolam dermaga

dan infrastruktur lain yang mendukung operasional kapal. Batasan infrastruktur, pelabuhan yang panjang dermaga, kedalaman dan pelensengan (movable bridge) pelabuhan dijadikan sebagai batasan (constraints) dalam optimalisasi. Umumnya tipe dermaga yang digunakan pada pelabuhan adalah dermaga beton (quay wall) dan dermaga dolphin.

Panjang dermaga untuk tipe dolphin dihitung dari kedua ujung terluar mooring dolphin (tempat penambatan) atau dihitung sepanjang catwalk yang menghubungkan setiap *mooring dolphin*.

Batasan Oseanografi

Batasan geometri merupakan kondisi dan informasi ketinggian ombak atau gelombang serta kecepatan angin. Hal tersebut berhubungan kondisi kapal ketika berlayar. Kondisi gelombang dan angin berpengaruh pada saat kapal berlabuh, sandar atau ditambatkan di dermaga. Variasi dan karakteristik gelombang laut didasarkan pada rata-rata bulanan pada kurun waktu tahun 2000-2010 [42]. Rata-rata tinggi gelombang (HW) pada lintasan bervariasi antara 0,75 – 1,25 meter pada lintasan Makassar – Kendari, 1,25 – 2,5 meter pada lintasan Kendari – Ambon, 0,75 – 2,5 meter pada lintasan Ambon – Sorong, 1,5 – 2,5 meter pada lintasan Sorong – Kupang dan 0,75 – 2,0 meter pada lintasan Kupang – Makassar. Ketinggian gelombang mempengaruhi ukuran kapal yang mampu berlayar pada lintasan tersebut, agar dalam operasionalnya kapal mampu berlayar dengan frekuensi yang tinggi.

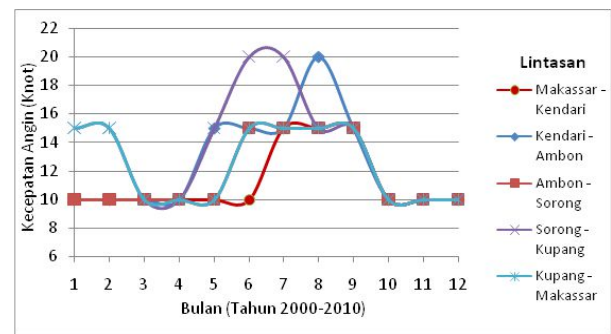


Gambar 12. Variasi Rata-rata Tinggi Gelombang pada Lintasan Pelayaran (diolah dari Kurniawan, 2011)

Dalam penelitian ini pengaruh tinggi gelombang dikaitkan dengan ukuran minimal Fb guna mengurangi efek green seas. Tinggi minimal Fb yang diambil adalah nilai modus dari tinggi gelombang per tahun.

Pada gambar 13, rata-rata kecepatan angin (VW) bervariasi antara 10 – 15 knot pada lintasan Makassar – Kendari, Ambon – Sorong, serta Kupang – Makassar, dan kecepatan 10 – 20 knot pada lintasan Kendari – Ambon dan lintasan Sorong – Kupang. Kecepatan angin dengan arah yang berlawanan dengan arah kapal akan mempengaruhi kecepatan kapal ketika berlayar. Bentuk geladak akomodasi

yang masih konvensional memberi beban tersendiri terhadap kecepatan kapal.



Gambar 13. Variasi Kecepatan Angin pada Lintasan Penyeberangan (diolah dari Kurniawan, 2011)

Kecepatan kapal (VS) dengan bentuk geladak akomodasi konvensional pada kondisi muatan penuh akan berkurang sekitar 3-5 knot pada kecepatan angin (VW) 30 knot atau 15 m/s [55]. Dapat disimpulkan dalam perencanaan kapal penyeberangan kecepatan minimal harus lebih besar dari pengurangan kecepatan kapal oleh angin.

Berdasarkan data infrastruktur dan oseanografi (gelombang dan kecepatan angin) serta batasan geometri, dengan mengikuti bagan alir (flowchart) prarancangan, diperoleh ukuran kapal optimal sebagai berikut :

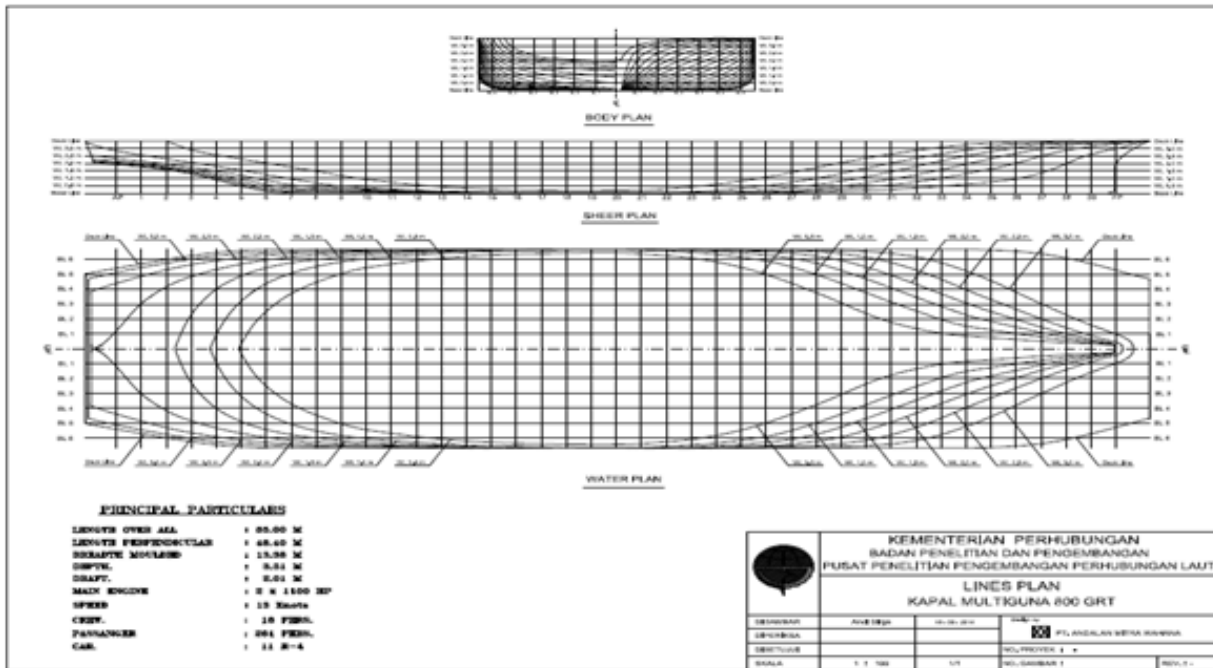
Panjang keseluruhan kapal (LOA)	: 55,00 m
Length Perpendicular (LBP)	: 48,40 m
Lebar kapal (B)	: 13,38 m
Tinggi kapal (H)	: 3,51 m
Sarat kapal (T)	: 2,01 m
Kecepatan kapal (Vs)	: 13,0 Knot
Koefisien blok (Cb)	: 0,60
MG estimasi	: 1,58 m
Periode Olang (TRoll)	: 8,5 detik
Freeboard (Fb)	: 1500 mm
Displacement kapal (A):	798 ton
Tonase Kotor (GT)	: 800 GT

Rencana Garis (Lines Plan)

Bentuk kapal dapat diproyeksikan dalam tiga bidang antara lain bidang datar horizontal, bidang datar vertikal memanjang dan bidang datar vertikal melintang yaitu body plan, sheer plan dan half breadth plan. Pembuatan rencana garis menggunakan metode diagram NSP (Nederlandsche Scheepsbouw Proefstationen) sebagai tahap awal. Selanjutnya perubahan ketidaksesuaian terhadap batasan ditindak lanjuti dengan metode trial and error.

Rencana Umum (General Arrangement)

Secara umum general arrangement (Rencana Umum) untuk semua tipe kapal, memiliki kesamaan dalam hal fungsi pemanfaatan ruangan. Rencana

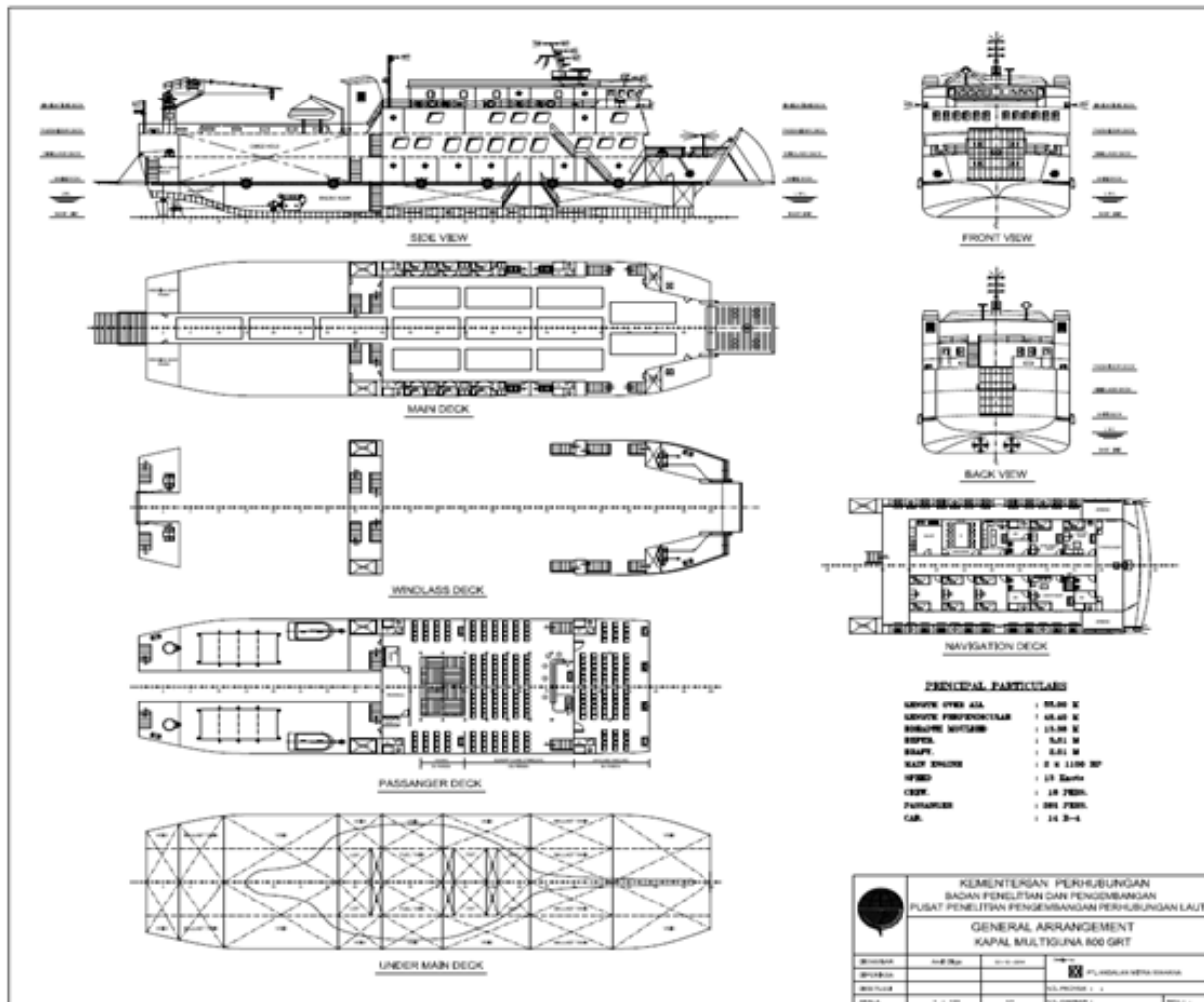


Gambar 14. Lines Plan

Rencana Umum (*General Arrangement*)

Secara Umum (*General Arrangement*) merupakan gambaran umum tata letak dari pembagian ruangan-ruangan di atas kapal

berdasarkan fungsinya dengan mempertimbangkan efisiensi ruangan serta sistem koordinasi yang efektif antara ruangan yang satu dengan ruangan lainnya (Taggar,1980).



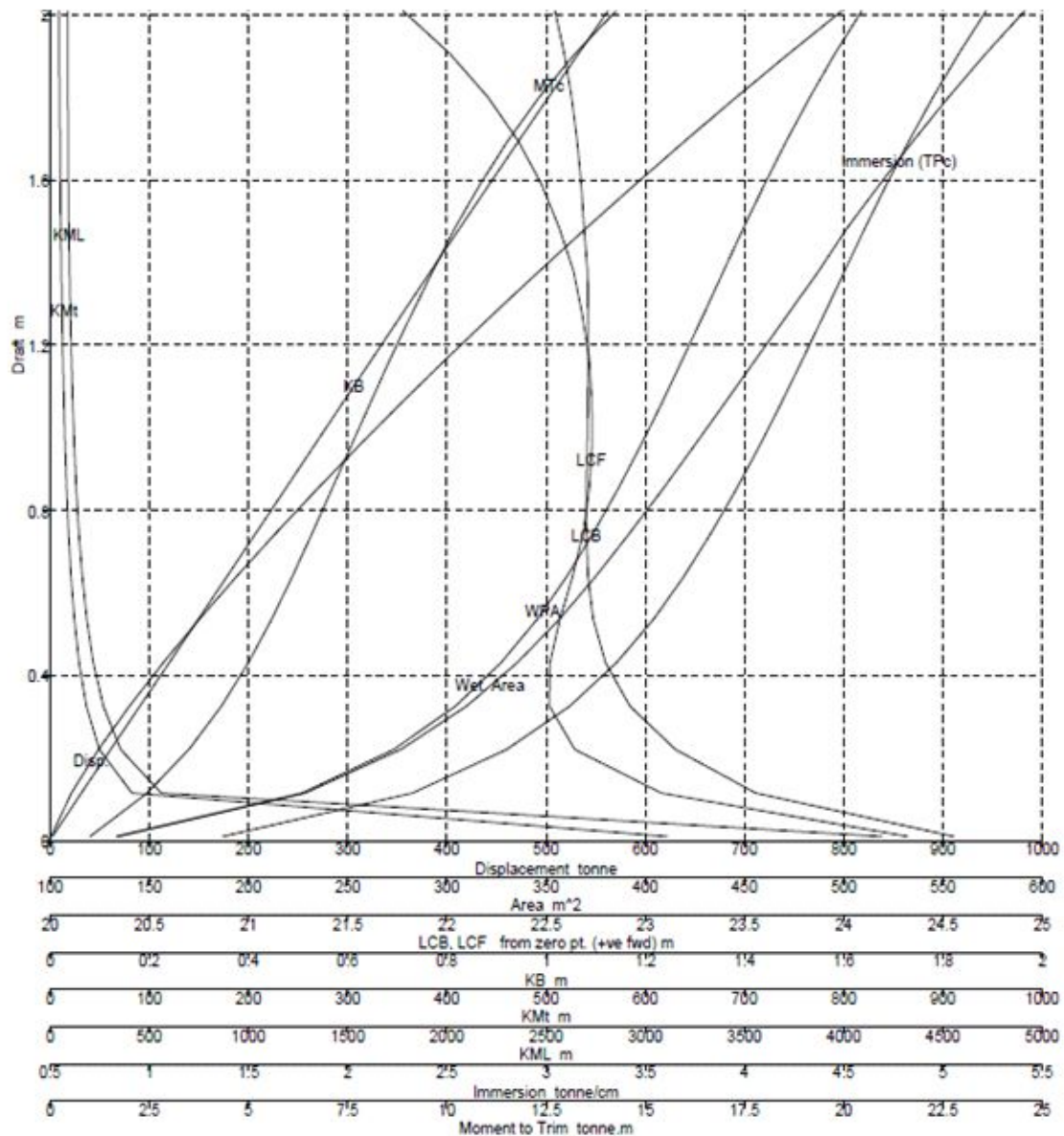
Gambar 15. Rencana Umum Kapal Multiguna

Hidrostatic Curve

Kurva hidrostatik adalah curva-curve yang menunjukkan keadaan badan kapal dibawah garis air untuk tiap kenaikan sarat, sebagaimana diperlihatkan pada gambar 16.

Stabilitas Kapal

Untuk penentuan lengan stabilitas lanjut, letak titik tekan dan gaya tekan dihitung dengan Panto Carena (*Cross Curve*). Untuk perhitungan stabilitas



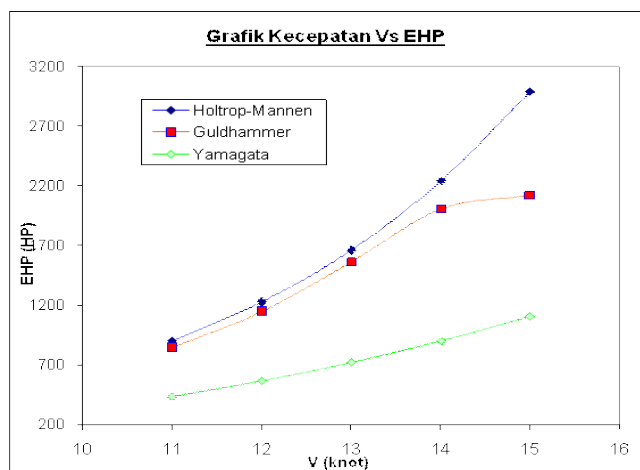
Gambar 16. Hidrostatic Curve

Hambatan dan Daya Mesin

Hambatan dan daya mesin perencanaan kapal multiguna menggunakan metode Metode Yamagata, Guldhammer, dan metode Holtrop-Mannen. Hasil analisis diperlihatkan pada gambar 17.

Perhitungan Efisiensi Propeller

Lwl	=	49,5	m
Lbp	=	48,4	m
T Aft	=	2,005997001	m
Kecepatan	=	6,6872	m/s
Jumlah Daun Propeller	=	4	
EHP	=	1568,496714	hp
EHP	=	1169,628	kW
Rt	=	131,183	kN



Tabel 1. Perhitungan Efisiensi Propulsi

No	Uraian	Formula	Nilai
1	Kecepatan (m/s)	dari data kapal	6,687
2	Arus Ikut (w)	$-0,05 + 0,5 C_b$	0,250
3	Thrust Deduction Fraction (t)	$t = k \cdot w$	0,175
4	Speed Advanced (V_A) knot	$V_s(1 - w)$	9,755
5	Speed Advanced (V_A) m/s	$V_s(1 - w) \times 0,5144$	5,018
6	Asumsi EHP/DHP	n asumsi	0,680
7	Diameter Propeller (Dp)	0,7 T aft	1,404
8	Delivery Horse Power (DHP)	EHP/n asumsi	1678,089
9	$K_Q^{1/4} J^{-3/4}$	$[DHP / (2 \rho r D_p^2 V_A^3)]^{1/4}$	1,01
10	Jarak Sumbu poros ke Lunas (E)	$0,045T + 0,5D_p$	0,792
11	Immersion of propeller shaft (h)	$\{(T - E) + 0,0075 L_{bp}\}$	1,577
12	Po - Pv [kN/m ²]	$98100 - 1750 + rgh$	112,207
13	Thrust (T) [kN]	$Rt / (1 - t)$	158,960
14	A_E / A_0	$(1,3 + 0,3Z)T / ([Po - Pv]D_p^2) + k$	1,997
15	1/J (B4-55)	Dari grafik Bp ₂ - 1/J	2,150
16	1/J (B4-70)	Dari grafik Bp ₂ - 1/J	2,070
17	1/J (B4-55,4)	Interpolasi	1,378
18	Putaran Propeller per menit (RPM)	$1/J \times V_A / D_p \times 60$	295,503
19	h ₀ (B4-55)	Dari grafik Bp ₂ - 1/J	0,533
20	h ₀ (B4-70)	Dari grafik Bp ₂ - 1/J	0,540
21	h ₀ (B4-55,4)	interpolasi	0,601
22	h _H	$(1 - t) / (1 - w)$	1,100
23	h _R	1 - 1,1	1,100
24	Koefisien Kuasi Propulsif (QPC)	$h_H \times h_0 \times h_R$	0,727
25	Delivery Horse Power (DHP)	EHP/QPC	2157,492
26	Brake Horse Power (BHP)	DHP/0,97	2224,219

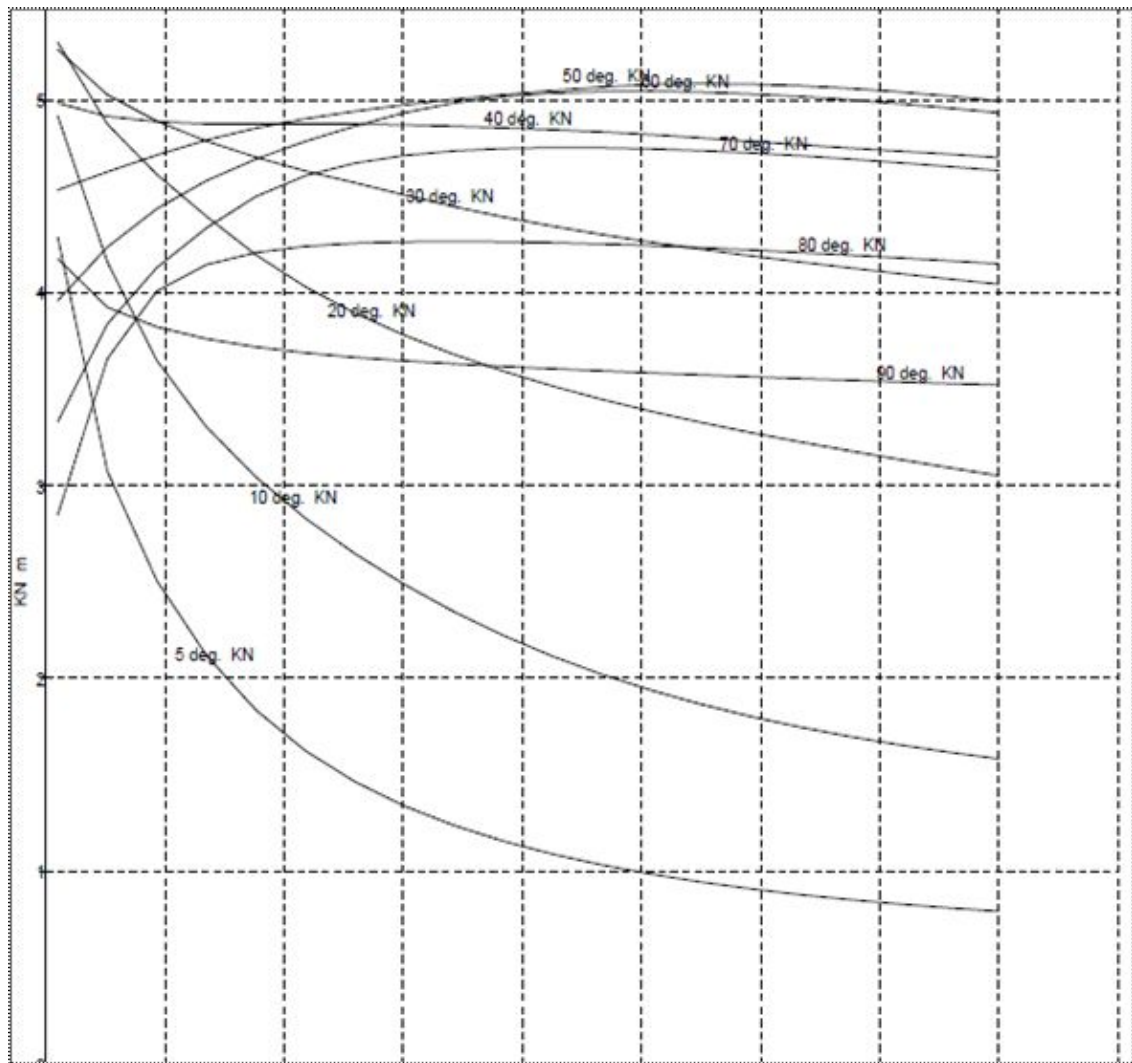
lanjut metode yang digunakan untuk membuat panto carena adalah metode Benyamin-Spence. Hasil Panto Carena diperlihatkan pada gambar 18.

Cross Curve digunakan untuk melihat posisi atau tinggi titik tekan kapal (K) pada setiap kemiringan dan pada berbagai displacement. Dalam tinjauan stabilitas kapal, terdapat 5 kondisi pemuatan yang dinilai adalah sebagai berikut :

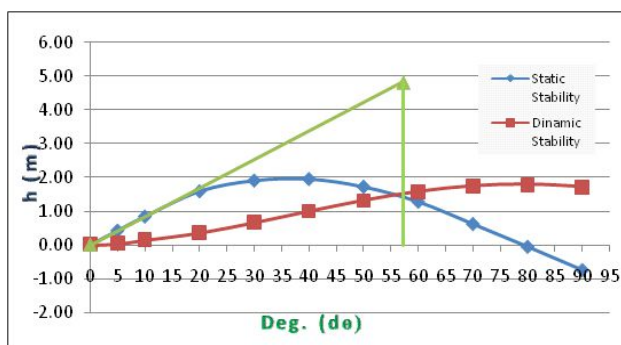
- Kondisi I : Kapal muatan penuh, komponen DWT kapal 100%
- Kondisi II: Kapal dengan muatan 75% dari komponen DWT kapal
- Kondisi III: Kapal dengan muatan 50% dari komponen DWT kapal
- Kondisi IV: Kapal dengan muatan 25% dari komponen DWT kapal
- Kondisi V : Kapal tanpa muatan, 0% dari payload kapal

Spesifikasi Teknis Kapal

Spesifikasi ini memperlihatkan bagaimana standar, ukuran utama kapal, serta hal yang berhubungan dengan pekerjaan konstruksi, peralatan, perlengkapan, permesinan, instalasi listrik. Kapal direncanakan, dibangun dan dilengkapi agar layak untuk dioperasikan di perairan Kawasan Timur Indonesia di daerah pelayaran pesisir pantai maupun lepas pantai dengan kemampuan olah gerak yang baik. Kapal dibangun dengan bahan baja yang diklaskan, konstruksi las penuh, berbaling baling dua yang digerakkan oleh 2 (dua) mesin diesel, bentuk badannya dibuat sedemikian rupa sehingga visualisasi dari rumah kemudi baik, mudah dikendalikan serta mempunyai sudut trim yang baik. Kapal dilengkapi dengan sebuah cargo hold (ruang muat), ruang penumpang, ruang kendaraan, ruang kemudi dan ruang ABK. Ruang muat disediakan untuk barang umum dan campuran yang telah dikemas.



Gambar 18. Panto Carena (Cross Curve)



Gambar 19. Lengan Stabilitas Kondisi I

1. Ukuran utama
 - Panjang Keseluruhan (LOA) : 55,00 m
 - Panjang antar garis tegak (LBP) : 48,40 m
 - Lebar (moulded) (B) : 13,38 m
 - Tinggi (moulded) (H) : 3,51 m
 - Sarat (T) : 2,01 m
 - Kecepatan (Vs) : 13 knot
 - Dayan mesin utama : 2 x 1100 HP
2. Kapasitas Kapal
 - Penumpang (Pnp) : 84 orang VIP Class
: 177 orang Ekonomi
 - Jumlah awak kapal (ABK) : 18 orang

Tabel 2. Resolution A.749 - Code on Intact Stability For All Types of Ships Covered by IMO Instruments

No	Regulation	Criteria IMO	Unit	KONDISI				
				I	II	III	IV	V
1	Initial GMt shall not be less than	0,150	m	4,83	5,61	6,73	8,39	10,59
2	Max GZ (h) at 30° or greater shall not be less than	0,200	m	1,909	2,027	2,170	2,348	2,605
3	Angle of Maximum GZ (h) shall not be less than	30,00	deg	38	38	35	35	35
4	Area 0 to 30° shall not be less than	0,055	M. Rad	0,592	0,644	0,708	0,790	0,904
5	Area 0 to 40° shall not be less than	0,090	M. Rad	0,946	1,020	1,110	1,224	1,385
6	Area Between 30° dan 40° shall not be less than	0,030	M. Rad	0,355	0,376	0,402	0,434	0,481

- Kendaraan R-4 : 14 unit
- Kapasitas ruang muat : 300 ton
- Tangki bahan bakar : 39 ton
- Tangki air tawar : 10 ton
- Tangki pelumas mesin : 10 ton
- Tangki kotoran (sewage tank) : 10 ton

3. Tonase Kapal

Gross Tonnage yang merupakan ruang tertutup kapal adalah 800 GT.

KESIMPULAN

Arah pergerakan lalu lintas barang, khususnya bahan pokok dan strategis masih mayoritas berasal dari pulau Jawa dan Sulawesi, bersifat satu arah dengan pelabuhan asal dari Tanjung Perak, Tanjung Priuk dan Pelabuhan Makassar. Bentuk kemasan barang yang diangkut kapal di Kawasan Timur Indonesia terdiri dari berbagai jenis muatan. Namun, secara prinsip memungkinkan dikontainerkan sehingga lebih efisien. Konsepsi rancangan kapal multiguna berbasis dari akumulasi ciri fungsi operasional dan muatan pelayaran perintis, pelayaran rakyat dan pelayaran tradisional dengan muatan general cargo, menghubungkan pelabuhan-pelabuhan feeder, pengumpul regional dan lokal.

Rancangan kapal multiguna yang sesuai wilayah perairan dan karakteristik muatan serta infrastruktur pelabuhan di KTI berciri Ro-Ro, Lo-Lo, dan LCT, berfungsi mengangkut berbagai keperluan dan jenis muatan (penumpang, general cargo dan muatan roda). Kecenderungan muatan roda semakin meningkat sehingga permintaan tipe kapal Roro menjadi dasar pertimbangan perencanaan kapal multiguna. Hasil analisis berdasarkan batasan geometri, infrastruktur (fasilitas pelabuhan), dan oseanografi menunjukkan bahwa ukuran kapal multiguna optimal yang diperlukan untuk Kawasan Timur Indonesia bervariasi menurut wilayah perairan dan struktur permintaan (demand transportasi), dipengaruhi oleh potensi wilayah (surplus/defisit produk komoditi) dan volume permintaan yang dicerminkan oleh populasi penduduk.

Secara general kebutuhan tonase kapal yang dapat dijadikan basic desain pengembangan kapal multiguna adalah berkisar 800 GRT, dapat mengangkut muatan roda 10-14 kendaraan, penumpang 200-260 orang dan muatan kargo/kemasan 200-300 ton. Pintu rampah (rampdoor) kapal dapat diposisikan disamping atau dengan sudut 45 derajat pada bagian depan dan belakang (sangat ditentukan oleh kondisi dermaga dan kedalaman kolam pelabuhan di depan dermaga serta pengaruh

tinggi rendahnya pasang surut).

Hasil perancangan kapal multiguna berupa konsep gambar lines plan, general arrangement, hydrostatic curve, kebutuhan tenaga penggerak, dan lengkung stabilitas kapal multiguna sebagaimana terlampir. Berdasarkan hasil penelitian ini, dapat disarankan Perlu kesesuaian antara kapal multiguna dengan pelabuhan-pelabuhan pengumpan dan pengumpul regional dan lokal, khususnya yang terkait dengan bongkar muat, penumpang dan kendaraan, agar waktu bongkar muat kapal di dermaga lebih efisien. Mengingat kondisi oseanografi (gelombang dan angin) di perairan KTI relatif ekstrim, diperlukan pengawasan operasional kapal terhadap kelayakan dan kelengkapan keselamatan.

Perlu pembangunan (pilot proyek kapal multiguna) dan peningkatan infrastruktur pelabuhan dalam meningkatkan efisiensi kapal-kapal (armada perintis, pelayaran rakyat, dan kapal lainnya) yang beroperasi di Indonesia Timur, sehingga efisien dan efektif dalam mendukung implementasi MP3EI dan poros maritim di wilayah KTI.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Baxter, B. 1977. Resistance and Powering (In Naval Architecture). Charles Griffin. London.
- [2] Benford. 1981. A Naval Architect Introduction to Engineering Economic.
- [3] Badan Litbang Perhubungan. 2007. *Studi Penataan Jaringan Pelayaran Yang Optimal dan Kebutuhan Ruang Kapal Penumpang*. Jakarta.
- [4] Gilman. 1997. Shipping Technology For Route to Developing Country. Journal of Transport Economic and Policy.
- [5] Goss. 1997. Economic Criteria For Optimal Ships Design.
- [6] Gwilliam, 1991. Current Issues In Maritime Economics, Kluwer Academic Publishers. Dordrecht, Netherland.
- [7] Jansson dan Shneersom. 1982. The Optimal Ships Size. Journal of Transport Economic and Policy.
- [8] Jinca, M.Y. 1994. Das Interinsulare Personense Verkehrssystem Und Seine Beziehungen Zur Regionalentwicklung in Ost-Indonesien. Verlag Koster. Berlin Deutschland.
- [9] Jinca, M.Y. 2013. *Conceptual Modeling of Port Development in Eastern Indonesia*. International Jurnal of Engineering and Science.

- (IRJES). Vol.2 ISSUE 10-PP.01-04
- [10] Jinca, M.Y. 2011, Transportasi Laut Indonesia, Analisis Sistem dan Studi Kasus. Briliant International. Surabaya.
- [11] Jinca, M.Y. 1985. *Sebuah Usulan Bobot Mati (DWT) Kapal Optimal untuk Angkutan Semen Tonasa*. Program Transportasi PPS-ITB-Bandung.
- [12] Jinca, M.Y. 1998. *Identifikasi Karakteristik Permintaan Angkutan Laut dan Penetapan Konseptual Rancangan*. KMN-Riset dan Teknologi, DRN. Jakarta.
- [13] Kementerian Koordinator bidang perekonomian, 2007, Dengan PSO menjembatani kesenjangan infrastruktur.
- [14] Kementerian Perhubungan Badan Penelitian dan Pengembangan, 2006. Studi kasus keterpaduan sistem jaringan transportasi di Pulau Sulawesi Jakarta, Indonesia.
- [15] Kementerian Perhubungan, Badan Penelitian dan Pengembangan, 2010. Studi lokasi pelabuhan utama dan pengumpul di Kawasan Timur Indonesia (KTI) dalam perspektif efisiensi logistik. Jakarta, Indonesia.
- [16] Kramadibrata, S, 2002, Perencanaan Pelabuhan, Penerbit ITB Bandung.
- [17] Linde. 1991. Indonesia Inter-Island Cargo Shipping Condition Regirement, Sistem the Design Proposal. International Maritime Conference. Jakarta.
- [18] Nowacki, H. 1985. Advanced Methods of Ship Design. Technical University of Berlin. Lecture Notes.
- [19] Poehls, H. 1991. Bruns Rolf. Multi-Purpose-Landing-Cargo-Passanger Ship For Interisland Shipping In Indonesia. Institut fuer Schiffbau Universitaet Hamburg. German.
- [20] Schneekluth. 1987. Ship Design for Efficiency and economic. Butterwart.
- [21] Schneekluth. 1985. Entwerfen Von Schiffen, Koehlers, Germany.
- [22] Siahaan, L.Denny. 2013. Containers Sea Transportation Demand in Eastern Indonesia. International Jurnal of Engineering and Science. (IRJES). Vol.2 ISSUE 9-PP.19-26.
- [23] Sihalohe, Antonius. 2012. Transportation Model Inter-Island Cluster Trans Maluku in Supporting for Regional Development of Maluku Province (A Study Integreted Model Between Road and Ferry Transport), International Refereed Journal of Engineering and Science (IRJES). Vol.1 ISSUE.3 PP.01-04.
- [24] UNCTAD. 1984. Port Development Handbook For Planner In Developing Countries, New York.
- [25] Watson, David. 1998. Practical Ship Design. Elsevier Ocean Engineering Book Series. Volume I, First Edition. British.
- [26] Kementerian Perhubungan, Badan Penelitian dan Pengembangan, 2012. Data Distribusi Angkutan Laut Dalam Negeri Tahun 2012. Jakarta, Indonesia.
- [27] Kementerian Perhubungan, Badan Penelitian dan Pengembangan, 2012. Data Distribusi Angkutan Laut Perintis Tahun 2012. Jakarta, Indonesia.
- [28] Sitepu, Ganding., 2010, Analisis Sistem Transportasi Laut Gugus Pulau Bagian Di Bagian Selatan Pulau Sulawesi. Disertasi, Program Pascasarjana Universitas Hasanuddin.
- [29] Stopford, Martin. 1997. Maritime Economics. Routledge, British.
- [30] Australian Maritime Safety Authority. 2007. Assistance with the Implementation of an Under Keel Clearance System For Torres Strait. Thompson Clarke Shipping, Ltd. Australia.
- [31] Ardianti, A. 2011. Konsep Rancangan Kapal Penyeberangan Untuk Lintasan Buton – Muna – Kabaena. Tesis. PPS Unhas. Tidak Dipublikasikan.
- [32] Bakri, Moch., dan Made S, I.Gusti, dan Yusuf, S, Yoswan, 1983. Teori Bangunan Kapal 3. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan. Jakarta, Indonesia.
- [33] Departemen Perhubungan. Peraturan Menteri Perhubungan Nomor KM 6 Tahun 2005 Tentang Pengukuran Kapal, Jakarta.
- [34] Direktorat Jenderal Perhubungan Darat. 1994. Petunjuk Teknis Persyaratan Pelayanan Minimal Kapal Sungai, Danau, dan Penyeberangan. SK Nomor : AP.005/3/13/DPRD/94. Jakarta, Indonesia.
- [35] Ganesan, Vikram. 2001. Global Optimization of the Non-convex Container Ship Design Problem Using the Reformulation Linearization Technique. Faculty of Virginia Polytechnic Institute and State University, Tesis.
- [36] Gudenschwager, Hans. 1998. Optimierungscompiler und Formberechnungsverfahren: Entwicklung und Anwendung im Vorentwurf von RO/RO-

- Schiffen. Schriftenreihe Schiffbau. Hamburg, Technische Universität Hamburg. Harburg.
- [37] Harries, S. Valdenazzi, F. Abt, C. Viviani, U. 2001. Investigation on Optimization Strategies for the Hydrodynamic Design of Fast Ferries. 6th International Conference on Fast Sea Transportation, Southampton, September 2001. England.
- [38] International Maritime Organization. 1997. IMO and Ro-ro Safety. London, United Kingdom.
- [39] Japan International Cooperation Agency (JICA), 2001. Materi Persentasi Seminar Transportasi Kapal Ferry Ro-Ro Untuk Masa Kini dan Masa Akan Datang. PT. IKI Makassar. Indonesia.
- [40] Kanerva, Markku. 2000. The Future of Ship Design. Deltamarin Limited. MPI Group, United Kingdom.
- [41] Kumar, Nagesh D. 2007. Optimization Method : Classical and Advanced Techniques for Optimization. Indian Institute Of Science. Handbook. India.
- [42] Kurniawan, R., Habibie M.N., Suratno. 2011. Variasi Bulanan Gelombang Laut di Indonesia. Jurnal Meteorologi dan Geofisika Volume 12 Nomor 3 - Desember 2011: 221 – 232.
- [43] Levander, Oscar. 2010. Energy Efficient Cruise And Ferry Concept. Compendium Marine Engineering, Ship & Offshore No.1. Halaman 10 -13.
- [44] Mitsui. 1985. Ship Basic Design. Mitsui Engineering and ShipBuilding Co, Ltd.
- [45] Moengin, Parwadi. 2010. Metode Optimasi. Bandung, Muara Indah.
- [46] Munro, R.S. 1978. Element Of Ship Design. Marine Media Management. London.
- [47] Nasution, H. M. N. 1996. Manajemen Pelayaran. Ghalia Indonesia. Jakarta.
- [48] Papanikolaou, A. D. 2011. Holistic Design and Optimisation Of High-Speed Marine Vehicles. The 9th HMSV Symposium, IX HSMV 25 - 27 May 2011. Naples.
- [49] Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 7 Tahun 2000. Tentang Kepelautan. Indonesia.
- [50] Ray, Fernando. 2011. Perancangan Program Aplikasi Optimasi Listrik Pada Industri Plastik Menggunakan Metode Sequential Dynamic Programming. Skripsi, Binus. Tidak Dipublikasikan.
- [51] Ravn, Eric Sonne. 2003. Probabilistic Damage Stability of Ro-ro Ships. Technical University of Denmark, Maritime Engineering. Disertasi. Denmark.
- [52] Santoso dan Sudjono. 1983. Teori Bangunan Kapal. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan. Jakarta, Indonesia.
- [53] Schneekluth, H dan Bertram, V. 1998. Ship Design for Efficiency and Economy. Second Edition. Butterworth-Heinemann. London.
- [54] Schneekluth, H. 1987. Ship Design for Efficiency and Economy. Butterworth-Heinemann. London.
- [55] Sugata, Kohei. Iwamoto, Yu. Ikeda, Yoshiho. Nihei Yasunori. 2010. Reduction of Wind Force Acting on Non-Ballast Ships. The 5th Asia-Pacific Workshop on Marine Hydrodynamics. Osaka, July 1-4, 2010. Jepang.
- [56] Schulze, Mark. 1998. Linear Programming for Optimization. Perceptive Scientific Instruments, Inc. Wilmington, United State.
- [57] Vassalos, D. Luis Guarin. Jasionowski. Zheng. 2003. A risk-based first-principles approach to assessing green seas loading on the hatch covers of bulk carriers in extreme weather conditions. Elsevier, Marine Structures 16 - 2003. Halaman 659–685.
- [58] Watson, David. 1998. Practical Ship Design. Elsevier Ocean Engineering Book Series. Volume I, First Edition. British.
- [59] Younis, G.M. dkk. 2011. Techno-Economical Optimization for River Nile Container Ships. Journal Brodo Gadja. Vol. 62 No. 4. Halaman 383 - 395.
- [60] Heere, Scheltema De.1970. Bouyancy and Stability of Ship, George G. Harrap & Co. Ltd, Great Britain.

