

STUDI PRELIMINARY DESAIN HULL FORM KAPAL GENERAL CARGO UNTUK PELAYARAN JAKARTA KE MAKASAR DENGAN MENGGUNAKAN METODE PENDEKATAN DETERMINISTIC

Eko Sasmito Hadi, Akhsanul Zain

ABSTRACT

Preliminary designs with deterministic approaches used to solve the uncertainty related information from a ship design results preliminary design of conventional. In order to overcome the imbalance of optimization in the design process, the preliminary design is equipped with a method Collaborative Optimization (CO), which is part of the Multidisciplinary Design Optimization (MDO). Process design optimization in preliminary design with a deterministic approach based on the value subsystem optimization required by the vessel (d). Ship design requirements of this study are deadweight requirements, volume cargo requirements and speed/resistance requirements.

The preliminary design hull form general cargo for shipping Jakarta to Makassar by using deterministic approach is expected to provide an alternative principal dimension and design variations of the optimal hull form based on information dock and owner requirement. In addition, this study is also expected to be an alternative method used in the preliminary process design of modern ships because in the preliminary designs have efforts to optimize an element ship design.

Keywords: Deterministic approach, principal dimension, preliminary design, variation hull form, collaborative optimization, owner requirement, deadweight, cargo volume, and resistance/power the vessel.

1. PENDAHULUAN

Preliminary desain merupakan salah satu tahap yang harus ditempuh dalam proses perancangan kapal. Perancangan kapal merupakan proses perancangan yang dilakukan secara berulang-ulang untuk memenuhi syarat dan ketentuan yang harus dipenuhi oleh sebuah kapal. Persyaratan ini dapat dipenuhi dengan cara menentukan ukuran utama berdasarkan informasi variasi *hull form* untuk memperoleh variasi bentuk dan karakteristik kapal. Suatu proses perancangan kapal harus memuat item-item secara mendetail dari proses perancangan awal sampai kapal dibangun dan diserahkan kepada pemilik kapal.

Salah satu unsur yang perlu diperhatikan dalam perancangan kapal pada tahap *preliminary design* adalah rute pelayaran dan *bunkering port*. unsur-unsur ini mempengaruhi pertimbangan dalam menentukan ukuran utama kapal. Oleh karenanya pada tahap *preliminary design* perlu dilakukan suatu upaya untuk mengoptimasi setiap element-element yang ada, salah satunya adalah dengan menggunakan metode pendekatan *deterministic*.

2. TINJAUAN UMUM KAPAL GENERAL CARGO DAN PELABUHAN

2.1. Kapal General Cargo

Perkembangan tipe kapal dagang atau *merchant ship* telah mengalami perkembangan yang cukup cepat, ditinjau dari jenis muatan dan jalur pelayarannya maka kapal dagang diklasifikasikan menjadi beberapa type. Diantaranya kapal general cargo, kapal container, tankers, kapal muatan curah atau *dry bulk carrier*, kapal penumpang, dan *tugs*.

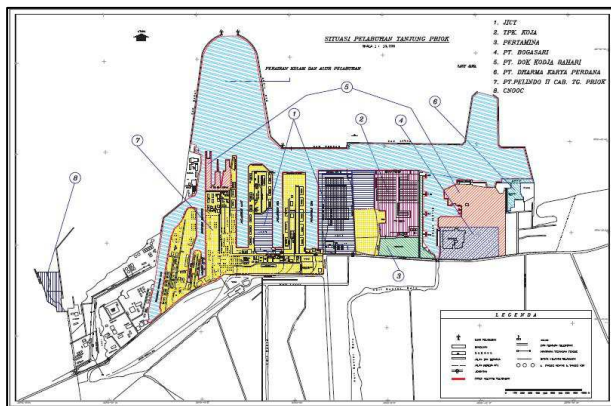
Kapal general cargo merupakan kapal yang didesain secara *flexible*, kapal ini mampu membawa beberapa jenis muatan. Kapal general cargo dibedakan menjadi 2 macam yaitu, (Robert Taggart, 1980)

- Kapal general cargo berukuran besar, dengan ciri-ciri, memiliki ukuran utama yang besar, kecepatan tinggi, melayani beberapa pelabuhan (*multiport*) dengan berbagai variasi jenis muatan, dan variasi daerah pelayaran,

- Kapal general cargo berukuran kecil, dengan ciri-ciri, Kapal ini didesain untuk menggangkut bermacam-macam jenis muatan pada jarak dekat diantara suatu pelabuhan, khususnya untuk melayani atau mengangkut barang-barang kebutuhan manusia seperti makanan. Kapal ini umumnya memiliki 2 buah *boom* dan *winch rings* dan dua buah *crane* yang dapat berputar.

2.2. Pelabuhan Cabang Tanjung Priok

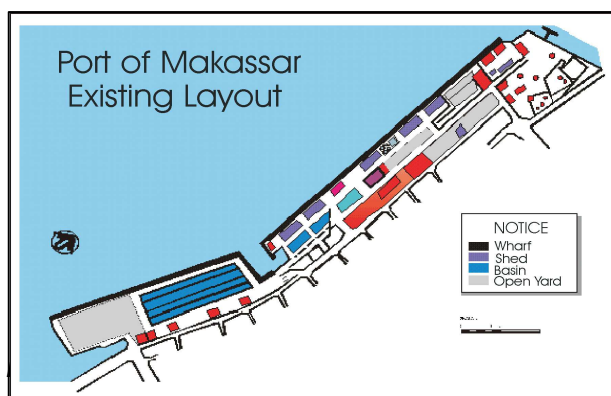
Pelabuhan Tanjung Priok (Gambar. 1) terletak di Jakarta Utara. Pelabuhan ini merupakan pelabuhan tersibuk di Indonesia. Pelabuhan ini menangani lebih dari 30% komoditi Non Migas Indonesia, disamping itu 50% dari seluruh arus barang yang keluar/masuk Indonesia melewati pelabuhan ini. Karenanya Tanjung Priok merupakan barometer perekonomian Indonesia.



Gambar 1. Layout Pelabuhan Tanjung Priok

2.3. Pelabuhan Makassar Sulawesi Selatan

Pelabuhan Makassar (Gambar 2) terletak di kota Ujung Pandang pantai barat Propinsi Sulawesi Selatan, perairan Selat Makassar tepatnya di Kotamadya Ujung Pandang. Pelabuhan Makassar ini dari 3 pangkalan yaitu pangkalan Soekarno, Hatta, dan Paotere.



Gambar 2. Layout Pelabuhan Makassar

3. ASPEK PERANCANGAN KAPAL

Perancangan kapal perlu memperhatikan beberapa aspek penting diantaranya,

- Pemilik kapal atau *owner*
Secara umum permintaan pemesan dari pemilik kapal didasarkan pada beberapa faktor diantaranya, muatan kapal, trayek pelayaran, kecepatan kapal, dan nilai ekonomis kapal.
- Pihak galangan kapal atau *ship builder*
Pihak galangan kapal merupakan pihak perancang kapal. Perancangan kapal yang baik adalah perancangan yang memenuhi permintaan pemesan serta memenuhi persyaratan ditinjau dari segi teknis dan ekonomis.

- Permintaan pemesan atau *owner requirements*
Ketentuan-ketentuan yang diberikan oleh pemilik kapal adalah, *dead weight tonnage*, kecepatan dinas, daerah pelayaran, batas sarat air, volume ruang muat dan ketentuan lain yang berhubungan dengan muatan.
Untuk mendapatkan suatu desain kapal yang optimal dan memuaskan maka sebuah kapal harus dapat memenuhi persyaratan umum dari sebuah desain kapal. persyaratan umum dari suatu kapal diantaranya persyaratan nilai ekonomis kapal, kelayakan kapal, keamanan kapal, dan keindahan kapal

4. PROSES PRELIMINARY DESAIN

Methodes desain yang lazim digunakan digunakan dalam proses perancangan kapal dagang adalah desain spiral. Proses perancangan kapal dengan desain spiral dibagi dalam 4 tahap yaitu, *concept desain*, *preliminary desain*, *contract desain*, dan *detail desain*

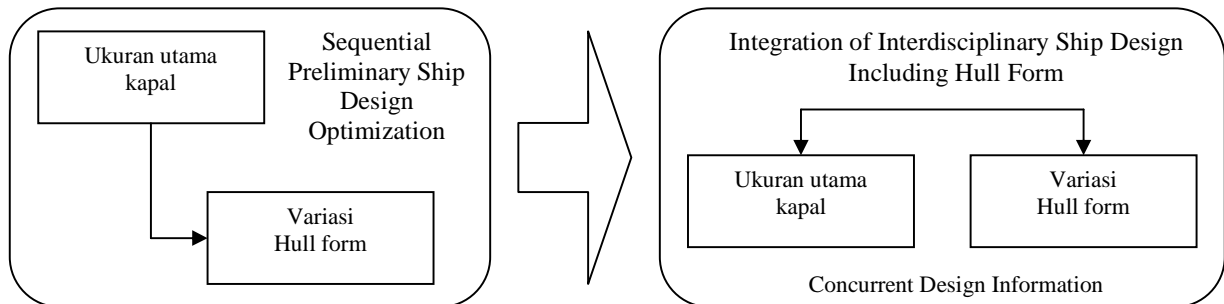
Proses preliminary desain kapal sendiri dibagi dalam beberapa tahap diantaranya, (Robert Taggart, 1980)

- Rencana garis “lines”
- Perhitungan *floodable length* dan *freeboard*
- Rencana umum dan Struktur
- Kecepatan kapal dan daya mesin
- Pemilihan mesin

- Kapasitas dan letak titik berat (*Center of Gravity*) item DWT.
- Penentuan gaya berat dan letak titik berat (*Center of Gravity*) pada kapal
- Damaged Stabilitas

persyaratan kecepatan, kapasitas ruang muat dan *deadweight* (Young-Soon Yang, 2006).

Optimalisasi desain kapal juga dapat dilakukan pada proses preliminary desain secara konvensional (gambar 4) yaitu dengan cara melengkapi rencana optimasi pada tahap desain



Gambar 3. Informasi preliminary desain kapal

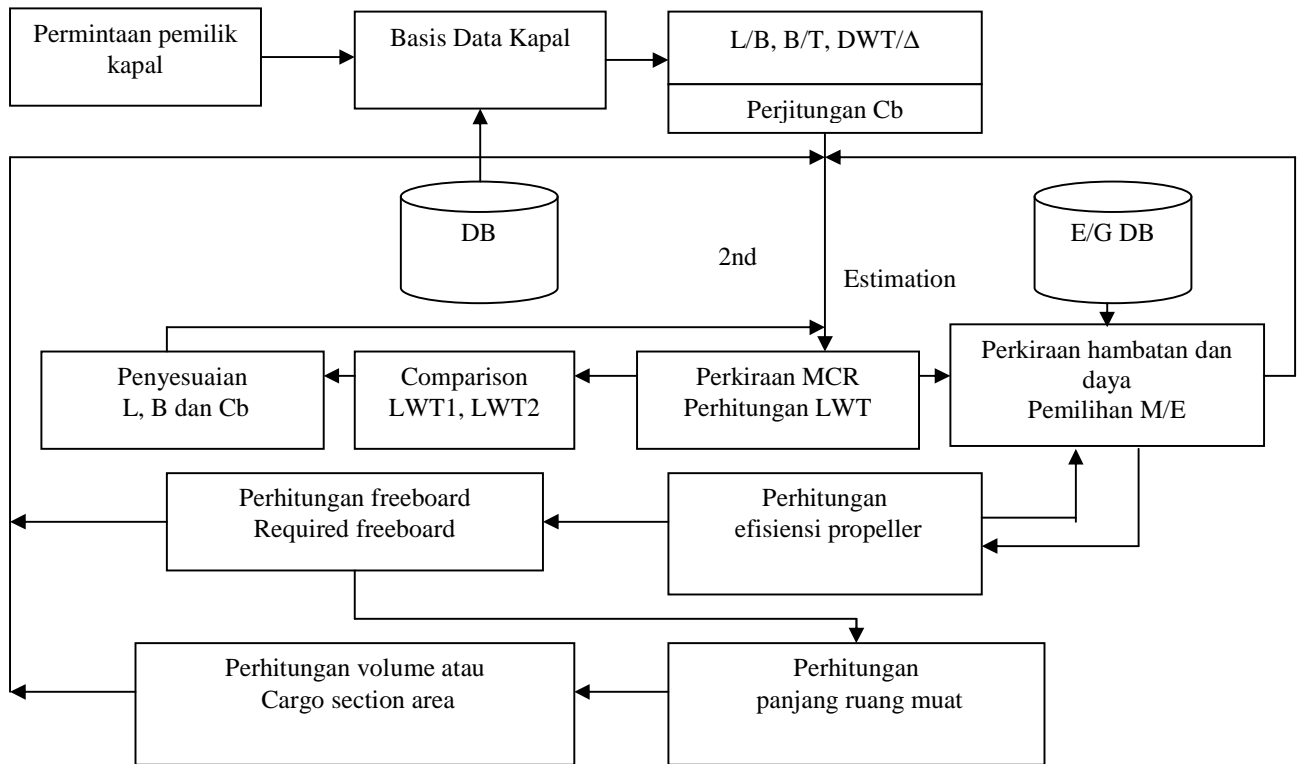
5. PRELIMINARY DESAIN KAPAL DENGAN METODE PENDEKATAN DETERMINISTIK DAN KONVENSIIONAL

Preliminary desain kapal dengan menggunakan pendekatan deterministik merupakan penentuan desain kapal berdasarkan faktor penentu berupa variabel desain yang telah dinyatakan dalam bentuk teori matematika atau hipotesa yang lazim digunakan dalam proses perancangan kapal.

Preliminary desain kapal secara tradisional menggunakan proses iterasi khusus dalam menentukan parameter desain seperti panjang, lebar, tinggi, syarat, power, dan semua karakteristik yang dibutuhkan untuk memenuhi

yang sudah ada. Sistem informasi (gambar 3) yang digunakan pada proses desain secara konvensional ini adalah sistem informasi yang berurutan atau *Sequential Preliminary Ship Design Optimization*. Selain sistem informasi berurutan, dalam proses perancangan kapal juga dikenal sistem informasi serentak atau *concurrent design information*.

Pengintegrasian *hull form* dengan informasi secara serentak, dilakukan pada ukuran utama dan *hull form* yang telah dievaluasi secara bersamaan. Parameter ini harus dihubungkan secara mendalam karena koefisien hidrostatik dapat secara langsung dihitung dan dianalisa secara serempak melalui proses optimasi iterasi pada modul *hull blending* dan modul *hydrostatic*. Metode ini dapat diterapkan dengan cara menempatkan suatu desain utama yang memiliki karakteristik yang kuat sehingga dapat menghasilkan ukuran utama baru yang optimal.



Gambar 4. Preliminary desain kapal secara konvensional

Untuk mengurangi dan meminimalisasi ketidaksesuaian suatu desain terhadap *owner requirement* pada tahap perancangan maka dalam *preliminary* desain kapal perlu dilakukan studi tentang preliminary desain kapal dengan pendekatan deterministik yang dilengkapi metode optimasi untuk menentukan ukuran utama kapal dan *hull form* yang optimal.

Proses preliminary desain dengan pendekatan deterministik (gambar 6) dimulai dengan tahap *blending hull* untuk mendapatkan nilai koefisien *Blending* (C_i). Selanjutnya *hull form* hasil *blending* dianalisa untuk menentukan modul hidrostatik berupa nilai C_b , C_m , C_p , C_{wp} , KB , BM , L_{cb} , $Displacement$, dan $Volume$ kapal. Masing-masing nilai dari modul hidrostatik ini berfungsi untuk menentukan parameter/element desain seperti *LWT*, *freeboard*, *cargo volume*, hambatan, daya, *propeller*, dan biaya pembangunan kapal.

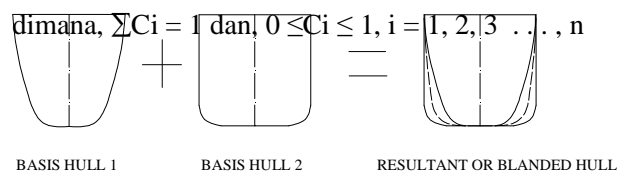
Setiap parameter desain pada tahap *preliminary* desain ini memiliki *constraints* atau batasan desain yang telah ditentukan oleh regulasi ataupun pemilik kapal. Batasan desain ini berfungsi sebagai pedoman dalam proses optimasi untuk menentukan variasi ukuran utama kapal dan *hull form* yang optimal.

5.1. Teknik *Blending Hull form*

Koefisien campuran "*blending coeficien*" (C_i), digunakan pada geometry lambung untuk mengatur bentuk lambung kapal. Hasil dari proses *hull form blending* (gambar 5) berasal dari pencampuran lambung kapal atau *hull* terhadap *basis hull*. Teknik pencampuran ini telah dilakukan di Virginia Tech (Neu. et al, 2000).

Blending hull form berfungsi untuk menentukan bentuk *hull form* yang sesuai dengan kebutuhan dalam memenuhi karakteristik hidrostatik suatu kapal. Namun teknik *Blending hull form* tidak harus selalu dilakukan karena koefisien campuran atau *Blending Coeficien* (C_i) dapat digantikan kedudukannya oleh koefisien blok (C_b) yang memiliki fungsi sama yaitu untuk menentukan bentuk lambung kapal.

$$\text{Resultan (or blended) ship hull} = \sum C_i \times \text{Basis Hull}_i$$



Gambar 5. Teknik *blending hull form*

5.2. Metode Collaborative Optimization (CO)

Collaborative optimization baru-baru ini dikembangkan dan aktif diteliti dalam riset *Multidisciplinary Design Optimization* (Braun, 1996). Rumusan *Collaborative optimization* (gambar 7) terdiri dari dua-level rencana hirarki dan sebuah *system Optimizer*. Sistem *Optimasi* ini menggunakan *metode error least-squared* pada variabel desain subsistem (x_i). Variabel *constrains* subsistem dan variabel *desain system-level* (z)

constrains inequality ($d_i \leq 0.0001$), dimana nilai d_i mengikuti persamaan dibawah ini (Kodiyalam, 1998).

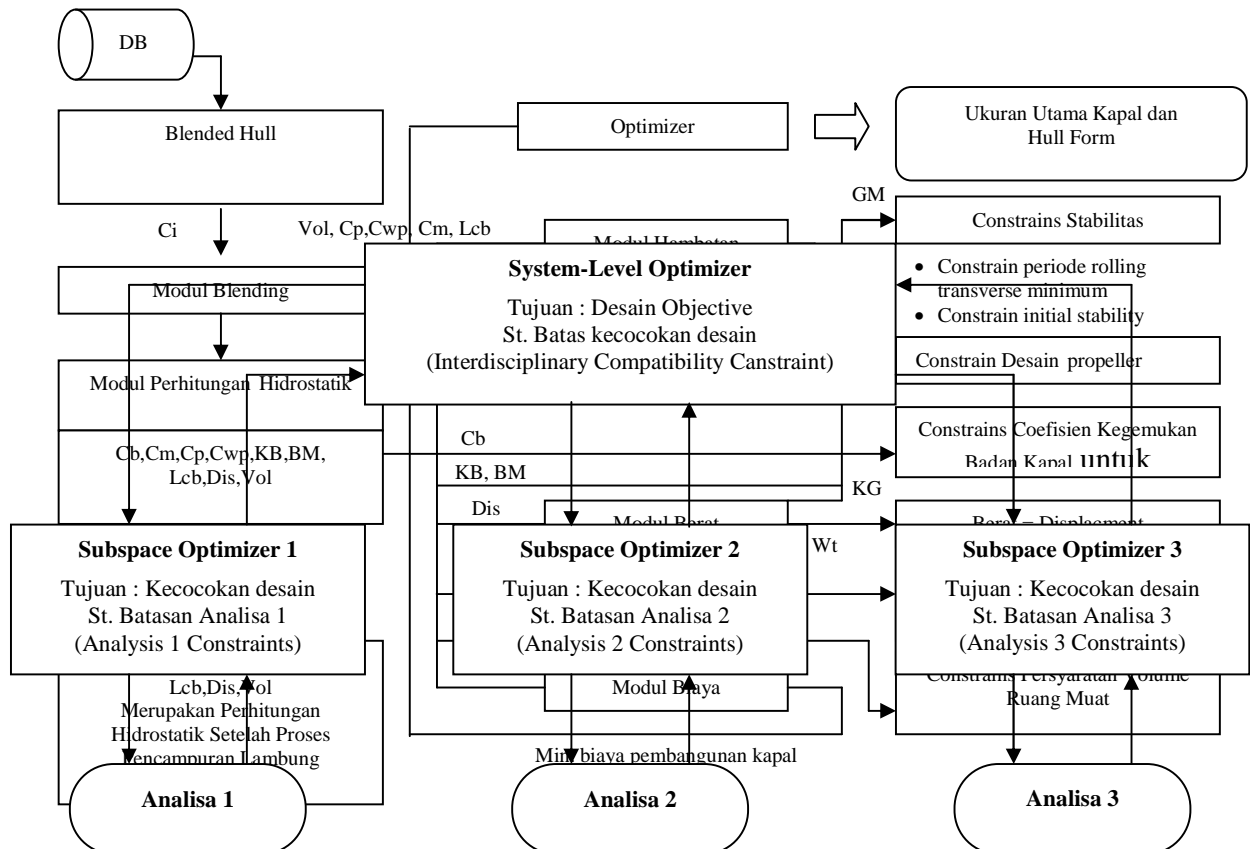
$$d_i = \left| X_i - Z_i^s \right|^2 + \left| Y_i - Z_i^c \right|^2$$

Dimana :

$Z = \{Z^s, Z^c\}$

Z^s = Menunjukkan sistem level desain variabel

Z^c = Menunjukkan sistem level penggabungan variabel



Gambar 6. Preliminary desain kapal dengan pendekatan deterministik

Gambar 7. Metode Collaborative Optimization

dihitung dari analisa *subspace* (y_i). Variabel desain pada system level (z) telah diasumsikan secara tepat didalam permasalahan *subspace*. Begitu variabel desain teratur (x_{si}) maka akan segera digunakan dalam menganalisa *subspace*. Hal ini berbeda dari desain variabel (x_i), yang mana desain ini akan digunakan untuk menganalisa lebih dari satu *subspace*.

Batasan kecocokan suatu desain (atau fungsi pertentangan d_i) telah dirumuskan. Untuk *constrains equality* ($d_i = 0,0$) sedangkan untuk

Proses preliminary desain dapat dilakukan dengan cara yang berbeda-beda. faktor yang membedakanya adalah metode desain, alur informasi desain, dan metode optimasi desain yang digunakan. Menurut Young-Soon Yang, contoh penggunaan metode desain pada proses preliminary desain dibagi menjadi 5 (table 1).

Metode 1 merupakan metode *preliminary* desain kapal secara konvensional yang ditunjukkan pada gambar 4. Sedangkan metode 2, 3, 4, dan 5 merupakan penerapan dari proses preliminary

desain *hull form* dengan pendekatan deterministik (Gambar 6).

Metode *Collaborative Optimization* (CO) yang merupakan bagian dari *Multidisciplinary Design optimization* (MDO) digunakan pada metode desain no. 4 dan 5. Dimana Metode desain kapal dengan optimasi CO ini didasarkan pada 3 tingkatan subsystem yaitu, persyaratan *deadweight*, kecepatan/daya kapal, dan volume ruang muat kapal. subsystem untuk mencukupi batas kecocokan desain (d_1, d_2, d_3) pada sistem level. Metode ini juga meminimalisasi fungsi objektif system level berupa biaya pembangunan.

Perbedaan antara metode 4 dan 5 adalah jalur informasi desain dan penggunaan perhitungan koefisien block. Untuk metode 4 menggunakan informasi desain kapal secara berurutan atau *Sequential* dengan menggunakan perhitungan koefisien block. Sedangkan metode 5 menggunakan informasi desain kapal secara serentak atau *Cocurrent* dengan menggunakan perhitungan koefisien Coefisien campuran "*Blending Coeficien*".

Tabel 1. Metode desain yang digunakan pada preliminary desain kapal

	variasi hull form, berdasarkan rumus empiris.		
3	Terintegrasi dengan ukuran utama dan variasi hull form	Serentak, atau <i>Cocurrent</i>	All in-one
4	Terpisah dari ukuran utama dan variasi hull form, berdasarkan rumus empiris.	Berurutan atau <i>Sequential</i>	CO
5	Terintegrasi dengan ukuran utama dan variasi hull form	Serentak, atau <i>Cocurrent</i>	CO

Metode	Uraian Metode	Aliran informasi desain	Metode MDO
1	Terpisah dari ukuran utama dan variasi hull form, berdasarkan rumus empiris.	Konvensional	-
2	Terpisah dari ukuran utama dan	Berurutan atau <i>Sequential</i>	All in-one

6. PERHITUNGAN PRELIMINARY DESAIN KAPAL DENGAN MENGGUNAKAN METODE PENDEKATAN DETERMINISTIK

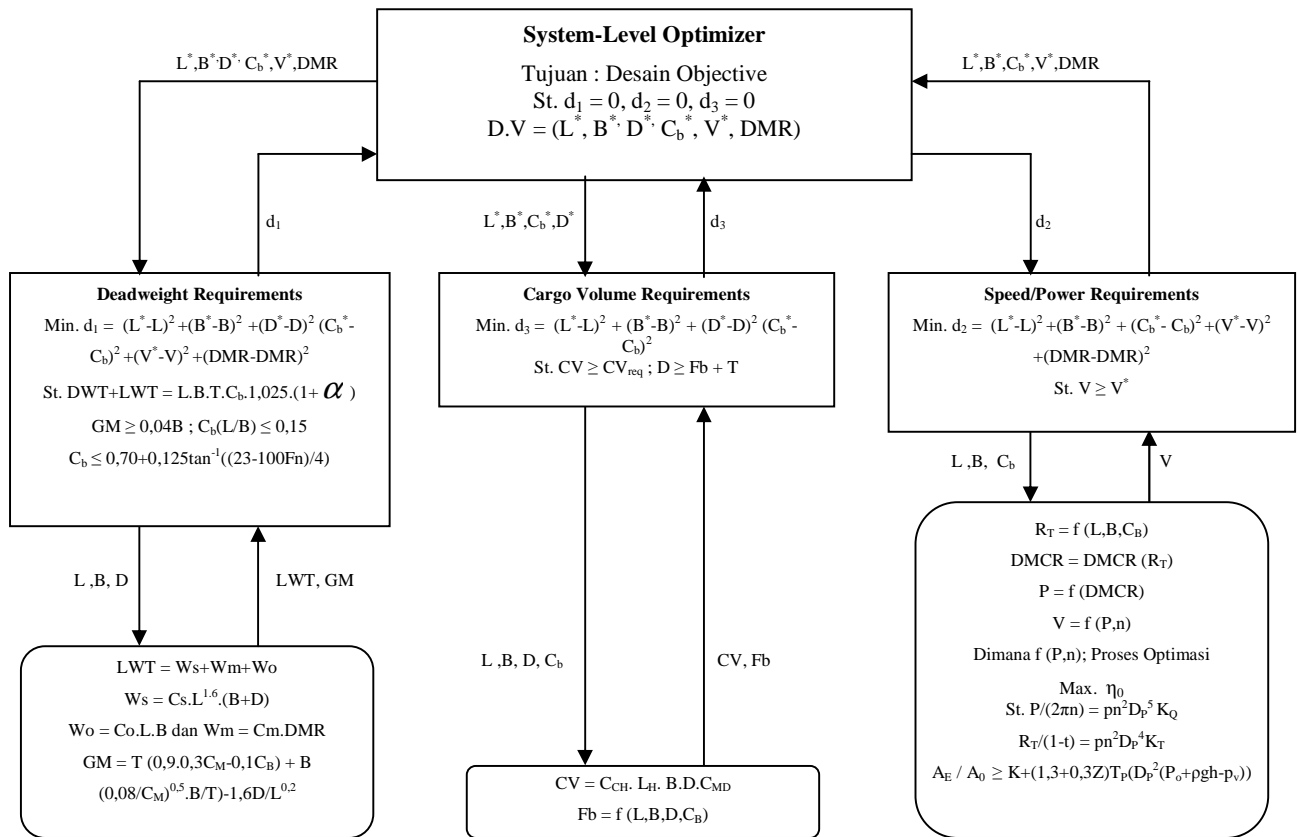
Tahap perhitungan preliminary desain kapal dengan menggunakan metode pendekatan deterministik dimulai berdasarkan pemberian nilai DWT (dead weight tonage), CV (cargo volume), T (desain Syarat), dan V (kecepatan kapal) oleh pemilik kapal. Hal ini berdasarkan Metode MDO all-in-one (metode 2 dan 3).

Pemberian *owner requirement* (DWT, CV, T, dan V) digunakan untuk memperoleh variabel desain kapal berupa L (panjang), B (lebar), D (kedalaman), C_B (coefosien blok), D_P (diameter propeler), P_i (pitch propeller), dan A_E/A_O (*propeller blade area ratio*) berdasarkan methode 2. sedangkan pada methode 3 variabel desain yang dicari berupa L (panjang), B (lebar), D (kedalaman), C_i (coefosien campuran), D_P (diameter propeler), P_i (pitch propeller), dan A_E/A_O .

Collaborative Optimization (CO) dengan

Pada methode MDO all-in-one untuk meminimalisasi biaya pembangunan kapal, maka optimasi desain optimal memiliki 8 variabel desain (L, B, D, CB, V, DP, Pi, AE/AO atau L, B, D, Ci, V, DP, Pi, AE/AO), 3 batas kecocokan desain atau *equality constrains* (g_1, g_7, g_8), dan 6 batas ketidaksmaan desain atau *inequality constrains* ($g_2, g_3, g_4, g_5, g_6, g_9$). Subjek atau *constrains* pada methode optimasi ini yaitu:

- $g_1 = L \cdot B \cdot T \cdot C_B \cdot \rho (1 + \alpha) = LWT + DWT$; buoyancy – weight equilibrium
- $g_2: D \geq T + \text{freeboard}$; kondisi freeboard



Gambar 8. Preliminary desain kapal dengan methode 4

menggunakan informasi desain kapal secara berurutan dan menggunakan perhitungan koefisien block (Methode 4) yang didasarkan pada 3 tingkatan subsystem. subsystem pada methode ini berupa persyaratan *deadweight*, kecepatan/daya kapal, dan volume ruang muat untuk memenuhi batas kecocokan desain atau *equality constrains* (d_1, d_2, d_3) pada sistem level. Methode ini juga meminimalisasi fungsi objektif system level berupa biaya pembangunan.

minimum.

- $g_3: CV \geq Cvreq$; Batas volume ruang muat
- $g_4: 0,04B \leq GM \leq 4 \pi^2 (0,4B)^2 / (gTr^2)$; kondisi stabilitas
- $g_5: CB/(L/B) \leq 0,15$; kondisi Coefisien kengдутan/*obesity* saat bermanuver.
- $g_6: CB \leq 0,70 + 0,125 \tan^{-1} [(23 - 100Fn)/4]$; *Coefisien block* menurut Waston dan Gillifilan.

- $g_7: P/(2\pi n) = \rho \cdot n^2 \cdot D^5 P \cdot K_Q$; *propeller* harus dapat menahan putaran torsi dari *main engine*.
- $g_8: RT/(1-t) = \rho \cdot n^2 \cdot D^4 P \cdot K_T$; *propeller* harus dapat memberikan daya dorong yang diperlukan kapal pada kecepatan tertentu.
- $g_9: AE/A_o \geq K \frac{(1,3 + 0,3Z) \cdot TP}{(D^2 \cdot (\rho_o + \rho gh - \rho_v))}$; *propeller* harus dapat memberikan daya dorong yang diperlukan kapal pada kecepatan tertentu.

Tahapan *preliminary* desain dengan pendekatan deterministik berdasarkan penerapan CO pada metode 4 dan 5 yang ditunjukkan pada gambar 8 dan 9.

7. PERANCANGAN DESAIN KAPAL

Berdasarkan permintaan pemesan yaitu kapal General Cargo 6000 DWT dengan rute pelayaran Jakarta ke Makasar maka perlu ditentukan kapal pembanding dari klas Biro Klasifikasi Indonesia diantaranya, Senta-2 (5971 DWT), Tanto Murni (5934 DWT), Indobaruna-V (5968 DWT), Santini-I (6177 DWT), Kuala Mas (6144 DWT), Lestari (6077 DWT). Pemilihan kapal ini berdasarkan beberapa aspek yaitu, kapal berbendera Indonesia dengan register port Jakarta atau Makasar.

Selain kapal pembanding, informasi atau dimensi dermaga Jakarta dan Makassar juga harus ditentukan hal ini berfungsi sebagai batas desain awal. Batas desain pada penelitian ini berdasarkan nilai rata-rata dari dimensi ukuran utama kapal pembanding dan perbandingan harga koefisien kapal pembanding

7.1. Batas preliminary desain kapal

Penentuan batas desain berdasarkan nilai rata-rata, berlaku persamaan rumus rata-rata dan standart deviasi.

$$X = \frac{\sum X_i}{n}, \quad \text{dan}$$

$$SD = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum (X_i - X)^2}$$

Dimana :
SD = Standard deviasi

KAPAL- Vol. 8, No.1, Februari 2011

- n = Jumlah kapal pembanding
- X = Variabel Perancangan (L,B,T,H) rata-rata kapal pembanding (meter)
- X_i = Variabel Perancangan (L,B,T,H) kapal pembanding (meter)

Sehingga diperoleh batasan desain $X = X' \pm SD$ (meter). Sedangkan penentuan batas desain berdasarkan perbandingan harga koefisien kapal pembanding menurut persamaan ini,

$$\frac{DWT}{\Delta} \approx (\text{Displacment baru}) = \frac{DWT_{baru}}{\left[\frac{DWT}{\Delta} \right]_{Pembanding}}$$

dimana: $\Delta = L \cdot B \cdot T \cdot C_b \cdot \rho \cdot C$

$$\Delta = L \cdot \left[\frac{L}{B} \right] \cdot \left[\frac{B}{T} \right] \cdot C_b \cdot \rho \cdot C \quad \text{atau,}$$

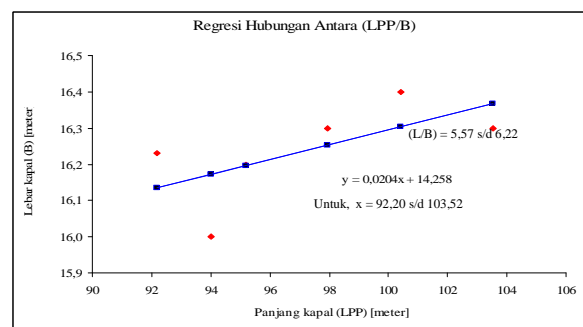
$$\Delta = L \cdot \left[\frac{L}{B} \right] \cdot \left[\frac{B}{T} \right] \cdot \left[\frac{L}{B} \right] \cdot C_b \cdot \rho \cdot C$$

Sehingga diperoleh batas desain, $L^2 \times B = 138312,34$ sampai $166936,54$ untuk kapal general Cargo 6000 DWT.

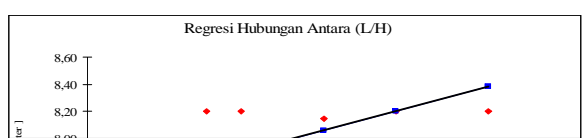
7.2. Perbandingan Ukuran Utama Kapal Pembanding

Karakteris kapal pembanding dapat ditentukan berdasarkan perbandingan ukuran utama kapal. Sehingga untuk menentukan ukuran utama kapal baru harus memperhatikan dan mengacu pada nilai regresi yang ditunjukkan melalui grafik hubungan antara ukuran utama kapal pembanding pada grafik 1.2.3 dan 4.

Grafik 1. Hubungan antara panjang dan lebar kapal (Lpp/B)



Grafik 2. Hubungan antara panjang dan tinggi kapal (Lpp/H)



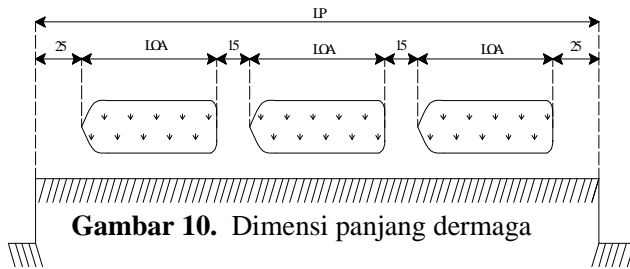
7.3. Penentuan dan Analisa Variasi Ukuran Utama Kapal

Variasi ukuran utama kapal baru ditentukan berdasarkan nilai regresi dari kapal pembanding. Langkah awal dalam penentuan variasi ukuran utama kapal dengan cara menentukan satu atau lebih dari variabel desain. Pada penelitian ini variabel desain yang ditentukan sebagai dasar penentuan ukuran utama kapal baru adalah variabel panjang keseluruhan kapal (LOA).

Penentuan panjang keseluruhan kapal (LOA) dilakukan dengan cara mengasumsikan bahwa kapal yang beroperasi atau sandar pada dermaga di Jakarta dan Makasar memiliki panjang yang sama dengan batas desain nilai rata-rata panjang kapal pembanding (LOA). Penentuan panjang kapal (LOA) pada penelitian ini didasarkan pada persamaan berikut ini:

$$L_p = n \text{ LoA} + (n-1) 15 + 50 \quad \text{atau,}$$

$$\text{LoA} = \frac{L_p - (n-1)15 - 50}{n}$$



Gambar 10. Dimensi panjang dermaga

Dimana:

- L_p = Panjang dermaga
- n = Jumlah kapal yang ditambat
- Loa = Panjang kapal yang ditambat
- 15 = Ketetapan (Jarak antara buritan ke haluan antara kapal)
- 50 = Ketetapan (Jarak dari kedua ujung dermaga ke buritan dan haluan kapal)

Sehingga diperoleh 7 variasi ukuran utama kapal baru yang memenuhi batas preliminary desain kapal (Tabel 2).

7.4. Optimasi Ukuran Utama Kapal dengan Menggunakan Metode Collaborative Optimization (CO)

Optimasi ukuran utama kapal dengan menggunakan metode Collaborative Optimization (CO) pada penelitian ini menggunakan metode 4 (gambar 9). Pada penelitian ini masing-masing subsistem memiliki nilai d . Dimana nilai ini sebagai tolok ukur optimasi dari suatu desain. Semakin kecil nilai d maka desain yang dihasilkan semakin maksimal. Sehingga pada penelitian ini diasumsikan bahwa untuk mencapai desain yang optimal maka nilai d mendekati 0 atau $d < 1$. Hasil perhitungan sebelum dan setelah optimasi desain dengan menggunakan metode Collaborative Optimization (CO) pada penelitian ini ditunjukkan pada tabel 3.

Tabel 2. Perhitungan sebelum optimasi desain dengan menggunakan metode Collaborative Optimization (CO)

No.	Ukuran	Satuan	Preliminary Desain Non-Optimization						
			Var. 1	Var. 2	Var. 3	Var. 4	Var. 5	Var. 6	Var. 7
A.	Utama Kapal								
1.	LWL	meter	98,80	96,51	102,03	99,67	97,41	100,09	97,77
2.	LPP	meter	95,92	93,70	99,06	96,77	94,57	97,17	94,92
3.	B	meter	16,22	16,18	16,28	16,23	16,19	16,24	16,20
4.	D	meter	7,94	7,81	8,12	7,99	7,95	8,01	7,88
5.	T	meter	6,63	6,63	6,63	6,63	6,63	6,63	6,63
6.	Cb	-	0,7400	0,7400	0,7500	0,7400	0,7400	0,7500	0,7400
7.	V	Knot	12,50	12,50	12,50	12,50	12,50	12,50	12,50
B.	Subjek								
	Desain		Nilai Non-Optimasi Desain						
1.	RT	KN	167,3328	164,7347	173,6335	168,2840	165,7096	171,3591	166,1479
2.	BHP	HP	2573,59	2282,95	2561,30	2295,19	2295,19	2295,19	2295,19
3.	Dp	meter	3,98	3,98	3,98	3,98	3,98	3,98	3,98

4.	CV	m ³	6121,97	5773,76	6743,82	6256,34	6001,18	6427,93	5961,46
5.	GM	meter	5,73	5,72	5,83	5,74	5,72	5,73	5,73
6.	LWT	ton	2192	2111	2304	2210	2145	2230	2150
7.	DWT	ton	5866	5742	6163	5925	5786	6054	5815

Tabel 3. Perhitungan optimasi desain dengan menggunakan metode *Collaborative Optimization* (CO)

No.	Ukuran	Satuan	Preliminary Desain dengan Colaborative Optimation						
			Var. 1	Var. 2	Var. 3	Var. 4	Var. 5	Var. 6	Var. 7
A.	Utama Kapal								
1.	LWL	meter	100,23	96,64	101,97	99,66	97,51	100,07	97,83
2.	LPP	meter	97,31	93,82	99,00	96,76	94,67	97,15	94,98
3.	B	meter	16,06	16,75	15,96	16,19	16,72	16,15	16,50
4.	D	meter	8,06	7,84	8,18	8,00	8,24	8,03	7,86
5.	T	meter	6,63	6,63	6,63	6,63	6,63	6,63	6,63
6.	Cb	-	0,7516	0,7445	0,7471	0,7495	0,7436	0,7490	0,7470
7.	V	Knot	12,50	12,50	12,76	12,53	12,59	12,57	12,50
B.	Subjek		Nilai Optimasi Desain						
	Desain								
1.	RT	KN	170,4556	170,4663	177,0142	171,2880	173,1357	172,3131	170,3725
2.	BHP	HP	2388,69	2419,98	2483,39	2451,55	2419,98	2451,55	2423,13
3.	Dp	meter	3,98	3,98	3,98	3,98	3,98	3,98	3,98
4.	CV	m ³	6436,93	6073,42	6637,51	6350,86	6573,83	6397,30	6135,12
5.	GM	meter	5,66	5,94	5,70	5,71	5,92	5,70	5,84
6.	LWT	ton	2220	2190	2262	2218	2237	2225	2195
7.	DWT	ton	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000

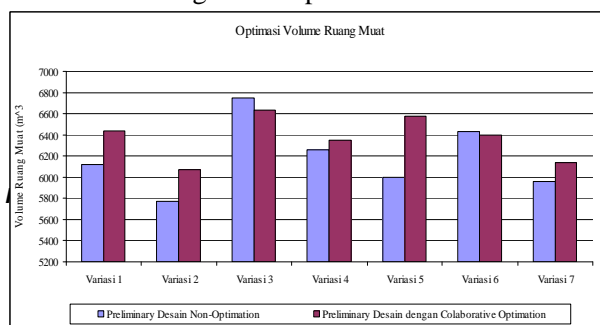
8. HASIL DAN PEMBAHASAN

Secara umum optimasi pada proses perancangan kapal dilakukan dalam rangka untuk memenuhi permintaan pemilik kapal. Sehingga tahap-tahap dalam proses perancangan kapal harus senantiasa dikontrol sebagai upaya untuk mengoptimisasi desain. Metode optimasi yang digunakan memiliki pengaruh yang cukup dominan terhadap element desain pada beberapa variasi ukuran utama kapal. Optimasi yang terjadi pada penelitian ini, diantaranya adalah:

8.1. Optimasi volume ruang muat kapal

Pada Grafik 5 variasi ukuran utama kapal ke 1, 2, 4, 5, dan 7 mengalami peningkatan kapasitas

Grafik 5. Optimasi ukuran utama terhadap volume ruang muat kapal

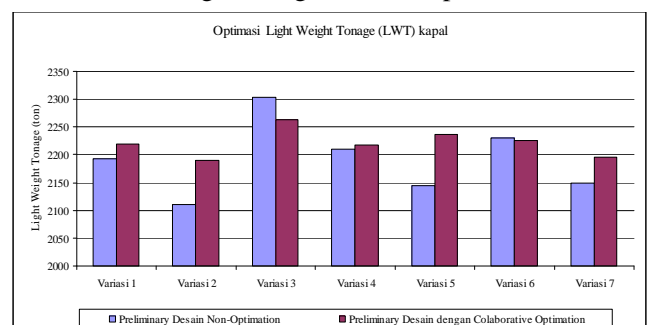


setelah proses optimasi dengan metode CO. Sedangkan pada variasi ukuran utama kapal ke 3 dan 6, volume ruang muat mengalami penurunan kapasitas. Hal ini terjadi karena volume ruang muat dari ukuran utama awal memiliki kapasitas volume yang berlebihan sehingga hal ini dipandang kurang optimal. Oleh karena itu optimasi ukuran utama kapal pada variasi ke 3 dan 6 mengalami proses penurunan dalam rangka memenuhi *owner requirement*.

8.2. Optimasi Light Weight Tonnage (LWT) kapal

Pada proses perancangan kapal, *light weight tonnage* (LWT) kapal merupakan salah satu faktor yang menentukan seberapa besar nilai optimal

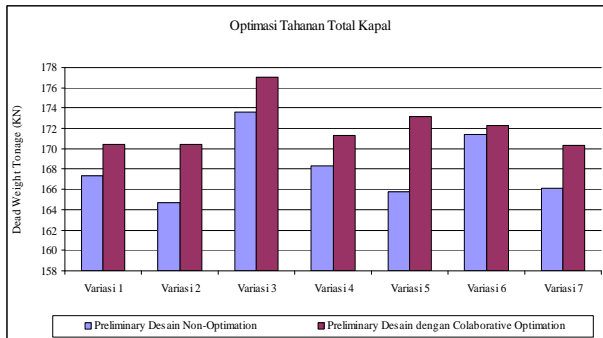
Grafik 6. Optimasi ukuran utama terhadap light weight tonnage (LWT) kapal



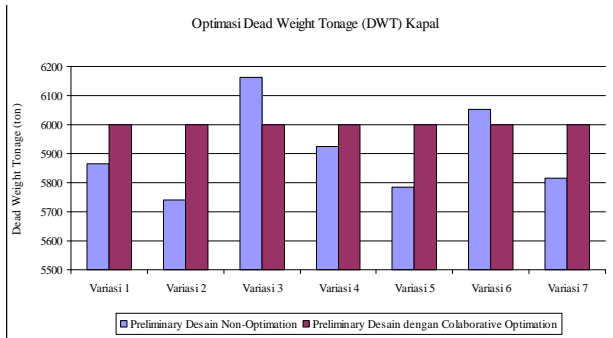
pada suatu kapal. Semakin kecil nilai LWT yang dimiliki suatu kapal maka akan semakin optimal nilai ekonomis dari suatu kapal.

Berdasarkan grafik 6 diketahui bahwa tiap variasi ukuran utama kapal mengalami peningkatan (variasi 1, 2, 4, 5, 7) dan penurunan (variasi 3 dan 6) nilai LWT setelah mengalami

Grafik 7. Optimasi ukuran utama terhadap Tahanan total (RT)



Grafik 8. Optimasi ukuran utama terhadap dead weight tonnage (DWT) kapal



proses optimasi. Peningkatan LWT terjadi karena ukuran utama kapal awal memiliki kekurangan dalam memenuhi persyaratan yang diajukan oleh pemilik kapal sedangkan penurunan LWT terjadi karena ukuran utama kapal awal memiliki harga LWT yang berlebihan sehingga nilai LWT ini harus dikurangi untuk mengoptimalkan desain. Penambahan dan pengurangan LWT berakibat terhadap dimensi ukuran utama kapal.

8.3. Optimasi *Dead Weight Tonnage* (DWT) kapal

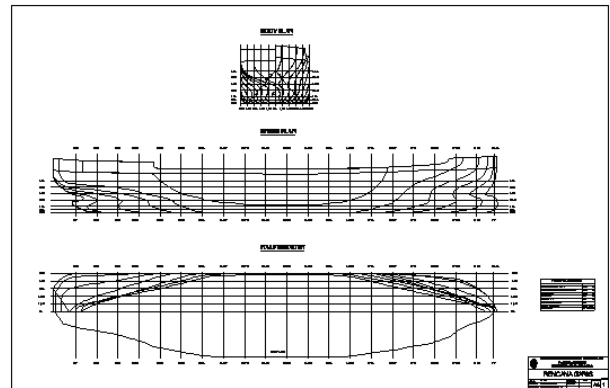
Secara umum pada perancangan kapal semakin besar nilai *dead weight tonnage* (DWT) kapal maka semakin besar pula nilai ekonomis

yang dimiliki sebuah kapal. Namun hal ini tidak berlaku dalam proses perancangan kapal karena suatu desain dikatakan optimal jika DWT kapal dari perancangan kapal memiliki harga DWT sesuai permintaan pemilik kapal. Hal ini ditunjukkan pada grafik 8. Dimana nilai DWT kapal dari hasil variasi ukuran utama kapal awal memiliki DWT yang sesuai *owner requirement* yaitu 6000 DWT.

8.4. Optimasi tahanan total kapal (RT)

Hasil optimasi tahanan total kapal pada penelitian ini untuk semua variasi ukuran utama kapal mengalami peningkatan sehingga akan berpengaruh terhadap kebutuhan daya penggerak.

Hal ini terjadi akibat adanya optimalisasi kebutuhan daya penggerak untuk dapat mengerakkan kapal secara optimal. Selain itu peningkatan tahanan total kapal dapat terjadi karena adanya perubahan variasi ukuran utama pada proses optimasi element desain sebelumnya.



Gambar 11. Rencana garis kapal variasi ke 4

9. KESIMPULAN

Preliminary desain dengan menggunakan pendekatan deterministic pada penelitian ini merupakan suatu proses penentuan desain awal yang dilengkapi dengan metode optimasi (*Collaborative Optimization*). Metode optimasi desain pada penelitian ini bertujuan untuk menentukan variasi ukuran utama kapal berdasarkan batasan desain dari kapal pembanding yang telah diregister.

Batasan desain ini berupa batas dimensi ukuran utama kapal (LOA, LWL, LPP, B, H, T)

berdasarkan dimensi dermaga operasional dan persamaan $L^2 \cdot B = (138312,34 \text{ sampai } 166936,54)$ yang berfungsi sebagai pengontrol dalam penentuan variabel desain ukuran utama kapal baru untuk memenuhi permintaan pemilik kapal (kapal General Cargo 6000 DWT).

Setelah masing-masing variasi desain ukuran utama kapal baru memenuhi batas desain dan persyaratan pada tiap element desain yang disyaratkan pada metode *Collaborative Opimization*, selanjutnya variasi ukuran ini akan dipilih berdasarkan nilai optimasi dan karakteristik lambung kapal dengan cara menganalisa pemodelan *hull form*.

Pemilihan ukuran utama kapal pada metode *Collaborative Opimization* berdasarkan nilai optimasi (d). Semakin minimum nilai d maka semakin optimal nilai dari suatu desain. Selain itu nilai d dapat menyatakan kedekatan dari suatu ukuran utama awal terhadap desain yang dikehendaki pemilik kapal.

Berdasarkan perhitungan pada tabel 3, harga optimalisasi suatu desain (d) yaitu variasi 4 < variasi 7 < variasi 6 < variasi 3 < variasi 2 < variasi 5 < variasi 1) maka ukuran utama yang dipilih adalah variasi ke 4 karena variasi ini memiliki nilai optimasi (d) yang minimum yaitu $d_1 = 0,00529$, $d_2 = 0,00523$, dan $d_3 = 0,00182$. Data ukuran utama kapal pada variasi desain ke 4 adalah Lengt over All (LOA): 104,75 m; Length water line (LWL): 99,66 m; Length of perpendicular (LPP): 96,76 m; Lebar kapal (B): 16,19 m; Syarat kapal (T): 8,00 m; Tinggi kapal (H): 6,63 m; Koefisisn blok (Cb): 0,75 ; Kecepatan kapal (V): 12,53 Knot dan Rute pelayaran : Jakarta-Makasar (764 mil laut).

10. DAFTAR PUSTAKA

- Amiron, Sahdan. 2009. Analisa Kelayakan Ukuran Panjang Dermaga, Gudang Bongkar Muat dan Sandar Kapal Study Kasus (Demaga Ujung Baru-Pelabuhan Belawan). Universitas Sumatera Utara. Medan.
- International Convention of Load Lines 1966 and Protocol 1988 . IMO 2002.
- Kodiyalam, S. 1998. *Evaluation of methods for multidisciplinary design optimization (MDO)*, Phase I, Paper No. NASA/CR-1998-208716.
- Lee KY, Roh MI, Cho SH (2001) *Multidisciplinary design optimization of mechanical systems using collaborative optimization approach*. Int J Veh Des 25(4):353–368.
- Parsons, Michael G. 2001. Parametric Design. Univ. of Michigan, Dept. of Naval Architecture and Marine Engineering
- Taggart, Robert, Ed. 1980 . Ship Design and Contruction The Society of Naval Architect & Marine Engineers.
- Watson, David G.M. 1998. Practical Ship Design, Volume I. Oxford, UK : Elsevier Science Ltd.
- Yang, Young-Soon. Chang-Kue Park. Kyung-Ho Lee. Jung-Chun Suh. 2006. *A Study on The Preliminary Ship Design Method Using Deterministic Approach and Probabilistic Approach Including Hull Form*. theAdvanced Ship Engineering Research Center (ASERC) (R11-2002-008-04001-0) of the Korea Science and Engineering Foundation.
- Biro Klasifikasi Indonesia. 2004. Register Biro Klasifikasi Indonesia Tahun 2004. Biro Klasifikasi Indonesia. Jakarta.
- Departemen Perhubungan. 2006. Informasi 25 Pelabuhan Strategis Indonesia “Pelabuhan Tanjung Priok”. Departemen Perhubungan. Jakarta.
- Departemen Perhubungan. 2006. Informasi 25 Pelabuhan Strategis Indonesia “Makassar”. Departemen Perhubungan. Jakarta.