

IDENTIFIKASI RASIO DIMENSI UTAMA KAPAL KONTAINER KELAS SMALL FEEDER UNTUK TOLL LAUT INDONESIA

IDENTIFICATION OF MAIN DIMENSIONAL RATIOS OF SMALL FEEDER CONTAINER SHIPS FOR THE SEA TOLL OF INDONESIA

Soegeng Hardjono

Pusat Teknologi Rekayasa Industri Maritim, BPPT
Gedung Teknologi 2, Lt 3, PUSPITEK, Serpong, Tangerang Selatan 15314
[email: soegenghardjono@yahoo.com](mailto:soegenghardjono@yahoo.com)

Diterima:....., Revisi 1:....., Revisi 2:....., Disetujui:.....

ABSTRAK

Saat ini Pemerintah Indonesia sedang merealisasikan program tol laut yang telah dicanangkan sejak 2015 melalui pengadaan berbagai jenis kapal. Salah satu diantaranya adalah kapal kontainer dengan kapasitas *small feeder* (≤ 1000 TEUs) 100 TEUs, 208 TEUs, dan 1000 TEUs. Walaupun demikian, Pemerintah belum mempunyai standar desain khususnya kapal kontainer kelas *small feeder*. Untuk mewujudkan standar desain, penggunaan rasio dimensi utama kapal sudah lazim digunakan untuk mengidentifikasi dimensi utama kapal pada tahap *preliminary design*. Nilai rasio berbeda untuk tipe kapal yang sama tergantung kapasitas kapal. Metode analisa statistik digunakan untuk identifikasi nilai rasio dimensi utama kapal kontainer kelas *small feeder* guna membantu desainer maupun galangan kapal dalam penentuan dimensi utama kapal. Nilai rasio dimensi utama kapal hasil analisa adalah $L/B=5.29-6.17$, $L/D=10.93-13.21$, $B/T=2.39-3.26$, $D/T=1.19-1.43$, *Froude number* $V/\sqrt{gL}=0.217-0.253$, C_d (rasio *deadweight/Displacement*)= $0.78-0.98$, $TEUs/Dwt=0.05-0.07$, $L/D^{1/3}=5.0-5.4$, dan $BHP/Displ.V.=0.044-0.060$ juga telah diidentifikasi.

Kata kunci : dimensi kapal, kapal Kontainer, *small feeder*, *preliminary design*.

ABSTRACT

*At the moment, Indonesian Government has been implementing a sea toll program launched since 2015 by procuring a various types of vessels. One among others is small feeder container ships (≤ 1000 TEUs) consisted of 100 TEUs, 208 TEUs, dan 1000 TEUs capacity. However, The Indonesian Government has not yet had a standard design of small feeder container ship. To build up a standard design, the utilization of ship's main dimensional ratios has been commonly used as a tool for identifying the ship's main dimensions at preliminary design stage. The value of ratio could be different for the same ship type depending on the capacity of ship. Statistical analysis methode is used to identify the value of main dimensional ratios of small feeder container ship in order to help both designer and shipyard in determining ship's main dimensions. The analysis result of the ship's main dimensional ratios are: $L/B= 5.29-6.17$, $L/D= 10.93-13.21$, $B/T= 2.39-3.26$, $D/T= 1.19-1.43$, *Froude number* $V/\sqrt{gL}= 0.217-0.253$, C_d (ratio of *deadweight/ Displacement*)= $0.78-0.98$, $TEUs /Dwt= 0.05- 0.07$, $L / D^{1/3} = 5.0-5.4$, and $BHP / Displ.V. = 0.044-0.060$ also already identified.*

Keywords : ship's dimension, container ship, *small feeder*, *preliminary design*.

PENDAHULUAN

Saat ini, Pemerintah Indonesia melalui Kementerian Perhubungan Laut melaksanakan program pengadaan dan pembangunan kapal kontainer kelas *feeder* guna merealisasi program tol laut untuk tujuan mempercepat pertumbuhan ekonomi nasional dan menjamin konektivitas antar pulau di daerah terpencil di wilayah Indonesia seperti yang diamanatkan dalam Peraturan Presiden Nomor 106 Tahun 2015. Salah satu wujud nyata dari realisasi program tol laut adalah penanda tanganan kontrak pengadaan dan pembangunan 15 unit kapal kontainer berkapasitas 100 TEUs dari rencana 100 unit kapal berbagai jenis untuk periode 2015 hingga 2017. Pemerintah berencana pula untuk melakukan pengadaan kapal kontainer berkapasitas 208 TEUs dan 1000 TEUs seperti yang termuat dalam RPJM 2015-2019 Lembaga Kementerian PPN/ BAPPENAS (Badan Perencanaan Pembangunan Nasional) (Bambang Prihartono, 2015).

Pemerintah saat ini belum mempunyai desain standard kapal kontainer kelas small feeder baik kapasitas 100, 208 maupun 1000 TEUs. Untuk pembuatan desain standard kapal, diperlukan perhitungan dimensi utama kapal pada tahap *preliminary design* setelah terlebih dahulu menetapkan *design requirements* dan *concept design*nya. Metode penentuan dimensi utama kapal ditahap *preliminary design* umumnya dilakukan melalui 2 (dua) pendekatan diantaranya adalah pertama berdasarkan acuan kapal pembanding (*Parent Design Aproach*) kapal sejenis yang mempunyai spesifikasi teknis mendekati kapal yang direncanakan dan kedua adalah berdasarkan analisa statistik terhadap rasio dimensi utama kapal (*Parametric Ratio Design Aproach*) dari sejumlah kapal sejenis dan telah terbukti mempunyai kinerja yang baik dalam misi operasionalnya. Metode statistik sangat bermanfaat ketika data spesifikasi teknis kapal pembanding (*parent ship*) tidak lengkap seperti tidak adanya data *draught* kapal (T) atau kecepatan kapal (V) dan lain sebagainya. Rasio dimensi utama (*Main dimensional ratios*) merupakan rasio hubungan antar dimensi utama kapal seperti, L/B, L/D, D/T, B/T, L/D^{1/3} dan

rasio kecepatan (V) terhadap panjang kapal (L) disebut koefisien *Froude number* $F_n = V/\sqrt{gL}$ dimana nilai-nilai rasio tersebut berbeda setiap jenis kapal dan mencerminkan karakteristik *wave resistance*, *speed performance* dan *seakeeping performance* kapal. Rasio dimensi utama bersama *owner requirement* sebagai data input penentuan dimensi utama kapal ditahap *preliminary design*. Rasio lainnya adalah rasio *deadweight* (Dwt / Displacement atau Cd), TEUs/Dwt, dan rasio BHP/Displ.V.

Kapal kontainer mempunyai karakteristik teknis berbeda dengan kapal barang atau kapal penumpang dikarenakan sifat dan bentuk objek yang diangkut. Kapal kontainer dibedakan dalam 3 (tiga) kelompok berdasarkan kapasitas muat (TEUs) yaitu kelompok kelas *Feeder*, kelas *Panamax* dan kelas *Post Panamax* (>4000 TEUs). Kelompok kelas *Feeder* meliputi kelas *Feedermax*, kelas *Feeder*, dan kelas *Small Feeder* (≤1000 TEUs). Setiap kelas mempunyai rasio dimensi yang berbeda, khususnya rasio L/B. Nilai dimensi panjang (L) dan lebar (B) kapal kontainer kelas *Panamax* dan *Post Panamax* ditentukan oleh dimensi dan batasan kanal *Panamax*, sehingga kemungkinan dimensi lebar (B) sama dan panjang kapal (L) berbeda bila kedua kapal tersebut berkapasitas muat (TEUs) berbeda. Misal kapal kontainer MV. Wadi Alrayan (3013 TEUs) dengan panjang (L) 215 meter dan MV. George G Schulte (3534 TEUs) dengan panjang 231 meter mempunyai lebar (B) sama 32,2 m (www.shipseller.net.) Fakta membuktikan bahwa nilai rasio L/B kapal kelas *Panamax* berbeda, karena perbedaan kapasitas angkut (TEUs) di keduanya. Namun demikian, hal ini tidak berlaku bagi kapal kontainer kelas *Feeder* (≤3000 TEUs), dimana nilai rasio L/B masih proposional dikarenakan tidak adanya *restriction* atau batasan yang berlaku pada dimensi kapal kelas *Feeder*. Nilai dimensi lebar kapal (B) untuk kelompok kelas *feeder* relatif lebih kecil yaitu kurang dari 23 m. Hasil studi dan kajian tentang identifikasi nilai *main dimensional ratios* untuk kapal jenis *mono-hull* seperti kapal barang, penumpang, tanker, maupun tipe lainnya sudah ada. Namun untuk kapal kontainer kelas

small feeder belum banyak ditemukan diberbagai literatur.

Untuk menunjang program Pemerintah dalam pengadaan kapal kontainer kelas *small feeder* (<1000 TEUs) tersebut, maka penulis bermaksud meneliti karakteristik dan penentuan nilai rasio dimensi utama kapal kontainer khususnya kelas *small feeder* bertujuan memberikan informasi bagi pemilik kapal, perencana kapal dan galangan kapal didalam membantu proses penentuan nilai dimensi utama kapal pada tahap *preliminary design*.

TINJAUAN PUSTAKA

A. Ukuran Kapal Kontainer

Kapal kontainer yang beroperasi mempunyai berbagai ukuran berdasarkan kemampuan dan besar kapasitas angkut (TEUs). Marie Lutzen (2013) dalam penelitiannya tetang “*Determination of Regression Formulas for Main Dimensions of Container Ships based on IHS Fairplay Data*” membuat standard ukuran utama kapal kontainer dalam 3 (tiga) kelompok besar dengan memformulasikan kedalam formula regresi. Ketiga kelompok tersebut meliputi :

1. *Feeder ship* <2900 TEUs
2. *Panamax ship* 1900< TEUs <5300
3. *Post Panamax ship* >4000 TEUs

Kelompok kelas *Feeder* masih dibedakan dalam 3 (tiga) kelas yaitu kelas *Feedermax* (≤ 2900 TEUs), kelas *Feeder* (≤ 2000 TEUs), dan kelas *Small Feeder* (≤ 1000 TEUs). Diantara ketiga kelompok tersebut terdapat *overlapping* nilai kapasitas TEUs disebabkan oleh kriteria dari lebar kapal kapal yang telah ditentukan dan variasi panjang dan sarat kapal yang berbeda akibat dari kapasitas muat TEUs yang berbeda. Hal ini terkait ketentuan batasan dan definisi dimensi kelas *Panamax* dengan lebar (B) 32.2 m, *draught* (T) 12.0 m, dan maksimum Panjang kapal 289.5 m. Definisi ini berlaku sebagai batas bawah dari kelompok *Post Panamax ship*. Sehingga untuk kapal dengan

dimensi lebar lebih besar dari 32.2 m (>32.2 m) tergolong dalam kelompok *Post Panamax*. Dan dibawah lebar (B) 32.2m (<32.2 m) akan tergolong dalam kelompok *Feeder ship*. Sejak tahun 2014, telah diresmikan pembangunan kanal *Panamax* dengan dimensi lebar yang lebih besar agar dapat dilalui oleh kapal kontainer generasi baru yang disebut *New Panamax ship* mempunyai ukuran panjang (L) 366.00 m, lebar (B) 49.00 m, *draught* (T) 15.24 m.

B. Batasan Dimensi

Pertimbangan untuk penentuan dimensi utama kapal harus mengacu pada langkah pembuatan konsep desain berdasarkan *owner requirement* berupa batasan yang harus dipenuhi *shipbuilder* diantaranya tipe kapal, *deadweight* (dwt), kedalaman atau lebar alur rute pelayaran yang dilalui, kedalaman pelabuhan yang disinggahi, *cargo capacity* (TEUs), maupun kecepatan kapal (V) yang dikehendaki. Charchalis,A. (2013) dalam papernya yang berjudul “*Dimensional Constraints In Ship Design*” menjelaskan adanya batasan dimensi kapal. Batasan dimensi kapal tertentu serta alur wilayah pelayaran yang akan dilalui (*shipping region*) dapat ditampilkan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Batasan Wilayah Pelayaran

Daerah Pelayaran	B _{max} (m)	T _{max} (m)	L _{max} (m)
<i>Kiel Canal</i>	40	9.5	315
<i>Danish Straits</i>	48	15	260
<i>Panama Canal</i>	32.2	12.04	289.5
<i>Suez Canal</i>	55	18.29	-
<i>St.Lawrence Seaway</i>	23	7.6	222
<i>Malacca Straits</i>	-	21	470

Sumber: Charchalis, A. & Krefft, J. (2009).

Batasan dimensi kedalaman, lebar, dan panjang kanal dan kondisi alur pelayaran berpengaruh terhadap penentuan nilai rasio dimensi utama kapal seperti *block coefficient* (Cb), L/B, B/T, L/H maupun koefisien *Froude number* akan berhubungan dengan tahanan gelombang dan tahanan gesek kapal (*wavemaking and skin friction*

resistance) serta rasio Dwt terhadap Displacement atau Deadweight coefficient (Cd).

C. Preliminary Design of Ship

Preliminary design adalah tahapan pengembangan sistematis dari tahap penentuan *owners requirements*, *design constraints*, dan tahap *concept design*. Proses ini merupakan konsep dasar dari teori *ship design*. Donald Jacobson dan Almeter John, (2006) merupakan *scientist* dari Virginia-USA juga mengulas konsep desain dalam karya ilmiahnya berjudul “*Concept and Early Preliminary Design Methodologies for High Speed Vessels (HSVs)*”. Pada tahap *preliminary design*, perancangan kapal sudah mencapai tahap tertentu dimana secara teknis persyaratan perancangan kapal sudah dapat terpenuhi diantaranya gambar GA (*General Arrangement*), ukuran utama (*principal dimension of ship*), begitu juga kecepatan maksimum maupun kecepatan servis operasional, serta besarnya daya penggerak termasuk kelengkapan mesin utama dan mesin bantu. Ditentukan pula alat perlengkapan kapal (*ships equipments*) termasuk peralatan geladak, navigasi, keselamatan (*safety equipment*) serta *ships performance* meliputi stabilitas, gerak *rolling*, *pitching* dan *heaving*, estimasi biaya dan waktu produksi.

D. Hubungan Antar Dimensi Utama Kapal

Secara teori, enam hubungan antar dimensi utama kapal dapat diturunkan dari empat dimensi utama antara lain panjang kapal (L), lebar (B), tinggi (D), dan sarat muat kapal (T). Tiga dari enam hubungan tersebut cukup untuk menentukan baik berat maupun volume kapal (Watson, 1998). Enam hubungan antar dimensi utama tersebut diekspresikan sebagai: $B=f(L)$; $D=f(L)$; $D=f(B)$; $T=f(L)$; $T=f(D)$; dan $T=f(B)$. Contoh persamaan hubungan antara dimensi utama dengan berat kapal (Δ) diformulasikan dalam bentuk $L(m)=\{(\Delta(L/H)^2B/T)(\partial C_b(1+s))\}^{1/3}$. Dimensi utama panjang kapal (L) pada sarat kapal (T) adalah faktor yang paling berpengaruh terhadap berat kapal dan tahanan air yang ditimbulkan. Ke

empat dimensi utama tersebut mempunyai intensitas pengaruh yang berbeda terhadap *performance* kapal. Urutan intensitas pengaruh *dimensi utama* terhadap *performance* kapal dapat ditampilkan dalam tabel 2.

Tabel 2. Urutan Dimensi utama Terhadap Pengaruh Performance Kapal

Dimensi utama	Pengaruh Terhadap Performa Kapal
Panjang (L)	Resistance, longitudinal strength, maneuverability, sea keeping, hull volume, capital cost.
Lebar (B)	Transverse stability, hull volume, resistance, maneuverability, capital cost.
Tinggi (D)	Hull volume, longitudinal strength, transverse stability, capital cost, freeboard.
Sarat (T)	Displacement, transverse stability freeboard, resistance.

Sumber: Boulougouris F., Papanikolau A (2009).

Metodologi yang lazim digunakan untuk menentukan dimensi utama kapal di tahap *preliminary design* yaitu metodologi mengadopsi desain kapal tipe sama serta telah terbukti berhasil dalam misi operasionalnya dan metodologi menggunakan analisa statistik untuk mengidentifikasi hubungan antara dimensi utama kapal dalam bentuk rasio dimensi utama seperti L/B , L/D , B/T , D/T , $L/D^{1/3}$, dan karakteristik teknis lainnya dari sejumlah kapal tipe sejenis yang berhasil dikumpulkan. Metode analisis statistik mempunyai kelebihan bila dibandingkan dengan metode *parent ship* terutama bila detail informasi dari *parent ship* tidak cukup tersedia. Data yang digunakan dalam metode analisis statistik adalah dimensi utama dan karakteristik teknis sejumlah kapal kontainer *small feeder* (≤ 1000 TEUs) yang berhasil dalam misi operasionalnya antara lain dimensi panjang (L), lebar (B), Tinggi (D), sarat (T), *displacement* (Δ), kecepatan (V), dan kekuatan mesin (HP) seperti yang disajikan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Dimensi dan Spesifikasi Teknis Kapal Kontainer kelas *Small Feeder* (≤ 1000 TEUs)

No.	Lpp	B	D	T	TEUS	DWT	Displ	SPEED	BHP
1	62,00	10,2	5,6	4,5	52	1718	1867	10	810
2	77,25	13,15	6,20	4,65	136	2950	3099	11,5	2306
3	79,42	13,6	7,2	5,7	246	4200	4039	13	3264
4	80,00	20	6,5	4,8	295	4400	5038	12	2787
5	82,62	12,25	5,65	4,4	144	2915	2921	11,6	1662
6	82,74	20	5,7	4	241	4352	4342	10	2208
7	83,64	13,42	5,5	4,88	120	3369	3593	10	2366
8	85,47	12,8	7,1	5,55	167	3504	3983	12	2299
9	86,68	15,85	6,15	4,88	301	3480	4398	12	4293
10	87,00	16,14	7,54	5,05	262	3377	4652	14	3018
11	87,55	18,37	11,32	6,79	300	7500	7164	14	3672
12	89,92	15,2	7,6	5,4	258	4662	4842	9,5	2948
13	91,99	16,9	7,43	5,93	366	4850	6048	13,5	3941
14	93,37	16,53	7,5	5,91	385	4620	5984	14,5	4790
15	93,76	13,6	6,7	5,6	122	4294	4684	10	2516
16	94,80	16,23	8,2	6,38	348	5055	6439	12,5	5017
17	95,80	18,8	8,4	6,65	505	5565	7857	15	5873
18	97,20	15,85	8,1	6,54	265	5820	6610	12	4786
19	102,10	18,2	10,1	7,25	377	7650	8838	13,5	5222
20	95,90	18,8	8,4	6,65	518	5575	7865	16	5790
21	120,60	18,9	11,65	8,63	678	12150	12904	13	7279
22	126,63	20,5	10,7	7,5	724	8675	12772	15	7338
23	132,52	23,08	11,9	8,7	925	12612	17456	19,3	12864
24	134,15	23,08	11,1	8,38	903	11957	17021	16,5	10332
25	140,72	22,3	11,1	8,27	1004	12525	17024	16	9422

Sumber : http://www.containership-info.com/vessel_9349174.html

METODOLOGI

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode pengumpulan data dan metode pengolahan data. Metode pengumpulan data dilakukan melalui tinjauan pustaka dan hasil-hasil studi yang terkait. Jenis data yang diperlukan antara lain adalah data kapal-kapal pembanding yang sejenis dengan kapal yang akan direncanakan serta terbukti berhasil dalam misi operasionalnya seperti yang dilakukan oleh Charchalis, A. & Kreft, J. (2009) dalam penelitiannya yang berjudul “*Main dimensions selection methodology of the container vessels in the preliminary stage*” dan Charchalis, A. (2014), dalam penelitiannya yang berjudul “*Utilisation of*

data base in preliminary design of Marine Power Plant”. Data penunjang meliputi data kebijakan pemerintah yang berkaitan dengan kebutuhan akan sarana transportasi laut jenis angkutan kontainer untuk menunjang program tol laut Pemerintah.

Metode pengolahan data menggunakan metode statistik melalui pendekatan rasio dimensi utama kapal (*Parametric Ratio Design Approach*) untuk memprediksi nilai rasio dimensi utama seperti L/B , L/D , B/T , D/T , $V/\sqrt{g \cdot L}$, $L/D^{1/3}$, $Dwt/Displ$, $TEUs/Dwt$, $BHP/Displ \cdot V$, dan lain sebagainya. Instrumentasi yang digunakan dalam pengolahan dan analisa data adalah formula statistik dengan *Control Chart (X-R Chart)* dilengkapi dengan

kedua batas yaitu *Upper Control Limit (UCL* atau *UL)* dan *Lower Control Limit (LCL* atau *LL)* melalui bantuan *software excel*. Bentuk formula *Control Chart* sebagai berikut : $UL = \bar{X} + A_2 R$ dan $LL = \bar{X} - A_2 R$ dimana: $\bar{X}$ = nilai rata-rata sampel; A_2 = faktor dari sampel; $A_2 = 3 \sigma / \sqrt{n}$ (σ = standar deviasi & n = jumlah sampel); R = range dari sampel. Sample yang digunakan adalah rasio dimensi utama kapal pembanding antara lain L/B , L/D , B/T , D/T , $V/\sqrt{g.L}$, $L/D^{1/3}$, $Dwt/Displ$, $TEUs/Dwt$ dan $BHP/Displ.V$ dsb.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Khusus untuk kapal jenis kontainer, *owner requirments* umumnya berhubungan dengan kapasitas angkut kapal (jumlah TEUs), *deadweight* (*dwt*), radius pelayaran, kecepatan kapal (V), sarat kapal (T) dan sebagainya merupakan informasi penting bagi *ship designer* pada tahap *preliminary design* sebagai *input data* penentuan dimensi utama kapal menggunakan rasio dimensi utama. Berdasarkan data 25 kapal kontainer kelas *small feeder* yang berhasil dikumpulkan dari berbagai wilayah perairan didunia (tabel 3), maka dapat dianalisa rasio dimensi utama kapal yang direncanakan.

A. Main dimensional ratio L/B

Rasio L/B merupakan *parameter* penting bagi kapal *mono-hull*, karena rasio ini mempunyai pengaruh terhadap stabilitas, tahanan, dan kekuatan kapal. Nilai rasio L/B cenderung meningkat seiring dengan meningkatnya nilai panjang kapal (L). Fenomena ini dapat dilihat pada Gambar 1 (lampiran) menunjukkan bahwa setiap pertambahan nilai panjang kapal (L) terjadi pertambahan nilai lebar kapal (B) relatif lebih kecil. Nilai rasio L/B kapal jenis kontainer sedikit lebih rendah dibandingkan dengan kapal tipe lain dikarenakan faktor efisiensi utilisasi lebar kapal untuk penempatan kontainer termasuk jarak antar kontainer. Dari hasil analisa diperoleh nilai rasio L/B kapal kontainer *small feeder* besarnya 5.29 s/d 6.17 dan nilai rata-rata 5,73. Menurut hasil penelitian dari Molland, A. F., (2008) dalam bukunya yang berjudul *The Maritime*

Engineering Reference Book bahwa nilai rasio L/B kapal kontainer $\geq (1000 \text{ TEUs})$ lebih tinggi dari kapal kontainer kelas *small feeder* ($\leq 1000 \text{ TEUs}$) yaitu 5.5 s.d 6.5 atau rata-rata sekitar 6.0. Hal ini membuktikan bahwa semakin besar kapasitas muat ($TEUs$) dan panjang kapal (L) akan semakin besar nilai L/B yang berarti ada peningkatan nilai L relatif lebih besar dibandingkan dengan peningkatan nilai lebar kapal (B). Sebagai pembanding, dibawah ini ditampilkan beberapa harga L/B dari beberapa kapal jenis *mono-hull* sebagai berikut (Molland,A.F, 2008):

1. *General Cargo ship* : 6.30 - 6.80
2. *Tankers ship* : 7.10 - 7.25
3. *VLCC* : 6.50 - 6.40
4. *Passenger ship* : 6.50 - 8.50

Menurut Charchalis,A dan Kerfft,J.(2009), dalam penelitiannya yang berjudul “*Main Dimensions Selection Methodology Of The Container Vessels In The Preliminary Stage*” mengidentifikasi bahwa nilai rasio L/B kapal Kontainer besarnya berbeda untuk setiap kelasnya seperti yang tertera dalam tabel 4.

Tabel 4. Kapasitas TEUs dan L/B

Kapasitas (TEUs)	L/B
s/d 4000	5.3 - 7.2
4000 s/d 6000	6.6 - 8.8
6000 s/d 10000	6.6 - 7.8

Sumber: Charchalis, A.(2009).

B. Main dimensional ratio L/D

Rasio L/D mempunyai fungsi kontrol terhadap penentuan *freeboard* dan *longitudinal strength* khususnya kelengkungan pada *hull girder* akibat pengaruh *bending moment* yang disebabkan oleh distribusi gelombang dan muatan. Dari hasil analisa, diperoleh nilai rasio L/D kapal kontainer *small feeder* besarnya 10.93 s/d 13.21 dan nilai rata-rata 12.07 seperti terlihat dalam Gambar 2 (lampiran). Sebagai perbandingan, nilai L/D dari berbagai jenis kapal *mono-hull* hasil penelitian dapat ditampilkan di bawah ini (Von Dokkum, 2008)

:

1. *Tanker ship* : 10.50 - 12.50
2. *Bulk Carrier ship* : 11.50 - 11.75
3. *Passenger ship* : 6.00 - 8.00
4. *Tug boats* : 3.00 - 5.00

Dengan nilai L/D rata-rata 12.07 mengidentifikasi bahwa dimensi panjang kapal kontainer *small feeder* (L) mempunyai ukuran relatif lebih besar bila dibandingkan dimensi panjang kapal *mono-hull* tipe lain untuk dimensi tinggi kapal (D) yang sama. Menurut Charchalis,A dan Krefft,J (2009) nilai L/D yang ideal untuk *hull integrity* kapal berkisar antara 12 s/d 13.

C. Main dimensional ratio B/T

Main dimensional ratios B/T merupakan faktor yang berpengaruh terhadap tahanan sisa (*residuary resistance*) seperti *Eddy making resistance*, stabilitas melintang (*transverse stability*), dan permukaan basah (*wetted surface*) yang berdampak kepada tahanan gesek (*frictional resistance*) yang ditimbulkan. Semakin tinggi rasio B/T semakin tinggi tahanan sisanya namun semakin baik stabilitasnya. Dari hasil analisa, diperoleh nilai rasio B/T kapal kontainer *small feeder* besarnya 2.39 s/d 3.26 seperti terlihat dalam Gambar 3 (lampiran) dan nilai rata-rata 2.83. Sebagai perbandingan, nilai rasio B/T dari berbagai jenis kapal lainnya dapat ditampilkan di bawah ini:

1. *Passenger ships* : 3.28 - 4.04
2. *General cargo ships* : 2.00 - 2.50
3. *Tankers* : 2.40 - 2.60
4. *VLCC* : 2.40 - 2.60

Nilai rasio B/T kapal kontainer *small feeder* rata-rata 2.83 menunjukkan bahwa kapal kontainer *small feeder* mempunyai dimensi lebar (B) relatif lebih besar terhadap *draught* (T) untuk menempatkan semaksimal mungkin unit kontainer selebar kapal seperti halnya kapal tipe *Passenger ship* untuk menempatkan semaksimal mungkin ruang akomodasi penumpang selebar kapal.

D. Main dimensional ratio D/T

Peran *main dimensional ratios* D/T untuk meyakinkan bahwa kapal mempunyai *freeboard* yang cukup dan memenuhi nilai yang disyaratkan oleh peraturan yang berlaku. Nilai D/T hasil analisa pada Gambar 4 (lampiran) sebesar 1.19 s/d 1.43 atau rata-rata 1.31.

Sebagai pembanding, beberapa nilai D/T dari kapal berbagai jenis ditampilkan di bawah ini :

1. *Passenger ship* : 1.33 – 1.85
2. *General cargo ship* : 1.25 – 1.43
3. *Tankers* : 1.10 – 1.28
4. *VLCC* : 1.28 – 1.33

Hasil analysis menunjukkan bahwa nilai D/T kapal kontainer *small feeder* relatif lebih rendah dari nilai D/T kapal *General cargo* dan *Passenger ship* begitu pula dengan nilai *freeboard*. Kecuali tipe kapal *Tanker* yang didesain mempunyai nilai rasio D/T lebih rendah dari kapal kontainer *small feeder* dikarenakan kapal *Tanker* didesain mempunyai minimum *Hatch openings* atau kekedapan yang lebih tinggi sebagai konsekwensi dari nilai *freeboard* kapal *Tanker* yang relatif lebih kecil.

E. Main dimensional ratio $V/\sqrt{g.L}$

Koefisien *Froude number* (Fn) diformulasikan sebagai $F_n = V/\sqrt{g.L}$ mempunyai fungsi berbanding lurus dengan kecepatan kapal dan berbanding terbalik dengan panjang kapal (L). Hal ini dimaksudkan bahwa semakin besar *wave making fraction* atau tahanan yang dialami badan kapal, semakin besar nilai koefisien *Froude number* (Fn). Sebagai konsekwensi maka untuk memperkecil *Froude number* diantaranya adalah memperbesar dimensi panjang kapal (L) atau memperkecil nilai *coeffisien block* (Cb). Khusus untuk kapal kontainer *small feeder*, nilai lebar kapal pada umumnya lebih besar dibanding dengan lebar kapal tipe lain dengan tujuan untuk bisa menempatkan semaksimal mungkin jumlah unit kontainer disepanjang lebar kapal. Sebagai konsekwensi, maka dengan bertambahnya

nilai tahanan kapal akan berakibat semakin besar tenaga mesin propulsi yang digunakan. Berdasarkan hasil analisa statistik hubungan antara kecepatan kapal (V) dengan koefisien *Froude number* ($V/\sqrt{g.L}$), seperti terlihat pada Gambar 5 (lampiran) menunjukkan bahwa nilai $V/\sqrt{g.L}$ besarnya 0.217 s/d 0.253 atau rata-2 0.24. *Trend* dari kurva rasio $V/\sqrt{g.L}$ dicerminkan oleh sebuah garis yang semakin naik seiring dengan pertambahan nilai (L). Fenomena ini menunjukkan bahwa pertambahan dimensi panjang (L) relatif lebih kecil dibandingkan dengan pertambahan kecepatan kapal. Sehingga faktor pertambahan dimensi (L) berpengaruh sangat *significant* terhadap penurunan tahanan gesek (*friction resistance*). Sebagai pembanding, Charchalis, A. (2013) dalam penelitiannya yang berjudul “*Dimensional Constraints In Ship Design*” menunjukkan bahwa nilai *Froude number* (Fn) pada umumnya adalah 0,22 /d 0,30 dan akan mencapai 0,5 bila *wavemaking fraction coefficient* mencapai nilai maksimum dan sebaiknya nilai ini dihindari.

F. Main dimensional ratios $L/D^{1/3}$

Rasio $L/D^{1/3}$ disebut sebagai the *slenderness ratio* atau rasio kelangsingan yang berpengaruh terhadap besar tahanan kapal dan mesin yang akan digunakan. Hasil analisa rasio $L/D^{1/3}$ terlihat pada Gambar 6 (lampiran) menunjukkan bahwa nilai rasio $L/D^{1/3}$ besarnya 5.00 s/d 5.40 atau nilai rata-rata 5.20. Analisa korelasi antara dimensi panjang kapal (L) dengan *displacement* menunjukkan bahwa setiap kenaikan dimensi panjang kapal (L) mengakibatkan penambahan kenaikan berat *displacement*.

Menurut hasil penelitian dari Charchalis,A. (2013) yang berjudul “*Designing Constraints In Evaluation Of Ship Propulsion Power*” nilai $L/D^{1/3}$ untuk tipe *Cargo ships* 4 s/d 6. dan untuk tipe *Passenger ships* 6 s/d 7.5. Informasi ini sangat berguna bagi *owner* maupun *designer* sebagai bahan pertimbangan untuk menetapkan dimensi panjang kapal (L) dikarenakan dimensi ini paling berpengaruh terhadap harga kapal.

G. Main dimensional ratio $Dwt/Dispt$ (Cd)

Koefisien *deadweight* (Cd) merupakan rasio *deadweight* terhadap *displacement* pada sarat air maksimum (*Summer Loaded Water Line* atau SLWL). Koefisien *deadweight* ini digunakan untuk menentukan *displacement* kapal bila nilai *displacement* tidak tersedia dalam informasi yang diperlukan. Hasil analisa terlihat pada Gambar 7 (lampiran) menunjukkan bahwa Nilai Cd kapal kontainer *small feeder* besarnya 0.78 s/d 0.98 atau nilai rata-rata 0,88. Dibawah ini digambarkan nilai Cd berbagai jenis kapal (Charchalis,A. 2013) sebagai berikut:

- *General cargo ships* : 0.65-0.75
- *Ore carriers* : 0.72-0.77
- *Bulk carriers* : 0.78-0.84
- *Oil tankers* : 0.79-0.85

Nilai Cd besarnya tergantung dari besarnya kapasitas muat (Dwt) dan dimensi utama kapal.

Tabel 5. Variasi Nilai Cd Suatu Tipe Kapal.

Ship types	Limit		Dwt/ Δ (%)
	Lower	Upper	
Bulk carriers (dwt)	20.000	50.000	0.74- 0.85
	50.000	200.000	0.80- 0.87
Tankers (dwt)	25.000	120.000	0.78- 0.86
	200.000	500.000	0.83- 0.88
River ships (m)	32	35	0.22- 0.27
	80	110	0.78- 0.79

Sumber: Papanikolaou, 2011.

Tabel 5 menampilkan variasi nilai Cd dalam satu tipe kapal berdasarkan perbedaan kapasitas muat (dwt).

H. Main dimensional ratio TEUs/Dwt

Untuk kapal kontainer, rasio hubungan antara TEUs dengan DWT sangat penting untuk memprediksi nilai Dwt kapal bila jumlah unit TEUs diketahui. Nilai berat standard sebuah

kontainer adalah 14 Ton per kontainer. Nilai ini bisa digunakan untuk memprediksi berat seluruh jumlah kontainer sebagai bagian dari element Dwt. Dwt merupakan berat muatan kapal yang dibawa meliputi *container, fuel oil, lubricating oil, fresh water, ballast water, stores, crew* termasuk barangnya, dan semua benda yang diperlakukan dapat keluar masuk kapal. Berdasarkan hasil analisis, nilai rasio TEUs/Dwt kapal kontainer *small feeder* besarnya 0.05 s/d 0.07 atau nilai rata-rata 0.06 seperti terlihat pada Gambar 8 (lampiran).

Oleh karena kontainer merupakan bagian dari muatan yang berhubungan dengan perolehan pendapatan, maka unsur lain selain kontainer harus diusahakan dalam jumlah seminimum mungkin. Hal ini tercermin dari trend kurva nilai rasio TEUs/Dwt yang mengalami kenaikan signifikan terhadap setiap kenaikan Dwt. Hal ini dikarenakan berat kontainer (TEUs) menduduki prosentase jauh lebih besar bila dibandingkan dengan berat komponen lain dari Dwt.

I. *Main dimensional ratio* BHP/ Displ.V

Rasio BHP/Displ.V merupakan rasio besarnya daya mesin penggerak kapal (BHP) untuk menggerakkan kapal dengan *Displacement* sebesar volume badan kapal yang terbenam dalam air dengan berat jenis air setempat untuk mencapai kecepatan kapal (V) yang dikehendaki. Berdasarkan analisis rasio BHP/Displ.V terhadap kecepatan (V) seperti terlihat pada Gambar 9 (lampiran), maka dapat ditentukan besarnya nilai rasio BHP/Displ.V besarnya 0.044 s/d 0.06, dengan nilai rata-rata mencapai 0.051.

KESIMPULAN

Karakteristik nilai rasio dimensi utama kapal kontainer kelas *small feeder* dapat diidentifikasi dengan urutan sebagai berikut: $L/B=5.29-6.17$, $L/D=10.93-13.21$, $B/T=2.39-3.26$, $D/T=1.19-1.43$, $V/\sqrt{g.L}=0.217-0.253$, *Deadweight ratio* atau C_d (*Deadweight/ Displacement*)= $0.78-0.98$, $TEUs/Dwt= 0.05-0.07$, $L/D^{1/3}=5.0-5.4$, dan BHP/

$Displ.V=0.044-0.060$. Dengan menggunakan *owner requirement* sebagai *input data* seperti sarat kapal (T) atau kapasitas muat (TEUs) serta menggunakan *main dimensional ratios* hasil penelitian ini, maka pada akhirnya dapat ditentukan besarnya nilai dimensi utama kapal beserta karakteristik teknis lainnya.

SARAN

Berhubung *main dimensional ratios* hasil analisis merupakan suatu bentuk *range* nilai, maka penentuan nilai dimensi utama dapat dilakukan dengan variatif melalui cara iterasi hingga memperoleh nilai dimensi utama yang paling ideal. Untuk memperoleh hasil *dimensi utama* yang ideal disarankan melakukan uji coba model di laboratorium hidrodinamika atau melalui uji numerik untuk mengetahui *seakeeping performance* kapal yang dikehendaki.

UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan mengucapkan puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan hidayahNya sehingga penelitian kami ini dapat terselesaikan dengan baik. Kami sampaikan juga ucapan terima kasih buat rekan-rekan satu team Kajian Sarana Tol Laut di Direktorat Pusat Teknologi Rekayasa Industri Maritim, BPPT atas saran dan informasinya. Demikian pula dengan penuh rasa hormat dan terima kasih kami sampaikan kepada Yang Terhormat segenap jajaran Dewan Redaksi dan Redaktur Warta Penelitian Perhubungan atas segala perhatian dan bantuannya untuk menyempurnakan hasil penelitian ini. Semoga karya tulis ilmiah ini dapat berguna dan bermanfaat bagi semua pihak yang membutuhkannya.

DAFTAR PUSTAKA

- Bambang Prihartono, 2014. *Pengembangan Tol Laut Dalam RPJM 2015-2019 Dan Implementasi 2015*, Bappenas, Jakarta.
- Boulougouris, E., & Papanikolaou, A., (2009). *Energy Efficiency Parametric Design Tool in the frame of Holistic Ship Design Optimization, Proc. 10th International Marine Design Conference, IMDC09*, Trondheim, May.

Charchalis, A. 2013. *Dimensional Constraints in Ship Design*, Journal of KONES Powertrain and Transport, Vol. 20, No.2. Faculty of Marine Engineering, Gdynia Maritime University, Poland.

Charchalis, A.,2013. *Designing Constraints In Evaluation Of Ship Propulsion Power*, Journal of KONES Powertrain and Transport, Vol. 20, No. 1, Warsaw.

Charchalis, A.,2014. *Utilisation of data base in preliminary design of Marine Power Plant*, Journal of KONES Powertrain and Transport, Vol. 21, No.1, Warsaw.

Charchalis,A. dan Kreft,J .2009. *Main dimensions selection methodology of the container vessels in the preliminary stage*, Journal of KONES Powertrain and Transport, Vol. 16, No. 2, pp. 71-78, Warsaw.

Jacobson Donald dan Almeter John, 2006. *Concept and Early Preliminary Design Methodologies for*

High-speed Vessels, 5th International Conference on High-performance Marine Vehicles, Australian Maritime College : 351-363.

Marie Lützen, 2013. *Standard Vessel Determination. Tankers, Bulk Carriers and Container Vessels*, University of Southern Denmark.

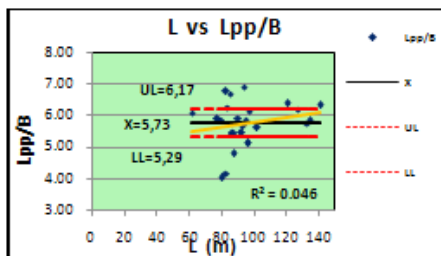
Molland,A.F., 2008. *The Maritime Engineering Reference Book*, Elsevier.

Papanikolaou, (2011). *Typical sizes and percentages of weight groups for main merchant ship types*, IHS Fairplay World Shipping Encyclopedia.

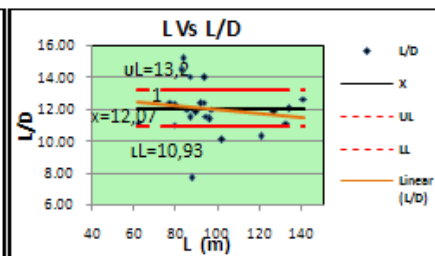
Peraturan Presiden Menteri Perhubungan RI, Nomor 106 Tahun 2015, *Tentang Penyelenggaraan Kewajiban Pelayanan Publik Untuk Angkutan Barang di Laut*, Jakarta.

Von Dokkum, 2008. *Ship knowledge: Ship Design Construction and Operation*, 5th Dokmar Maritime Publisher, The Netherlands.

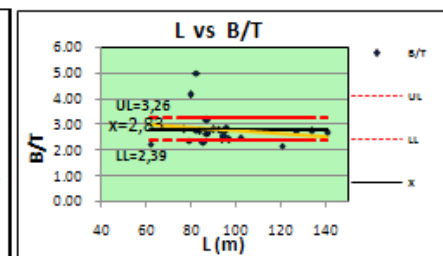
Lampiran: Grafik Rasio Dimensi Utama Kapal Kontainer Small Feeder (≤ 1000 TEUs)



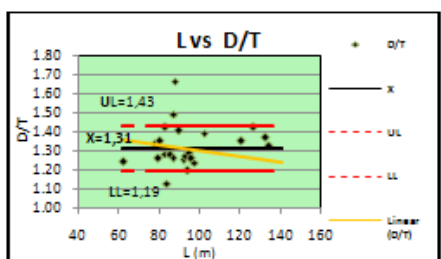
Gambar 1. Rasio Lpp/B Vs L



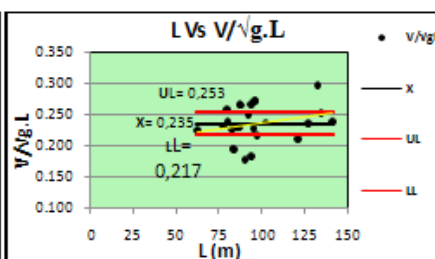
Gambar 2. Rasio L/D Vs L



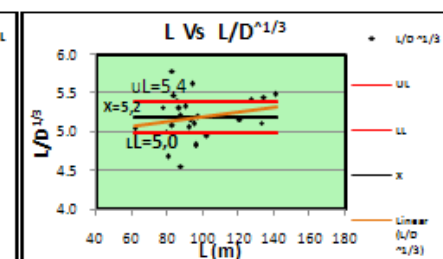
Gambar 3. Rasio B/T Vs L



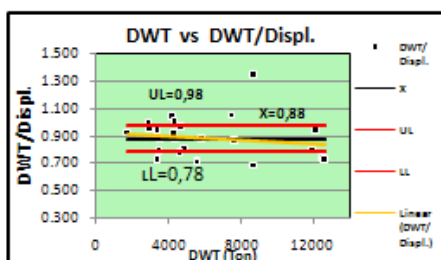
Gambar 4. Rasio D/T Vs L



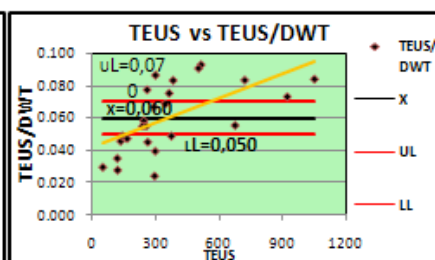
Gambar 5. Rasio $V/\sqrt{g.L}$ Vs L



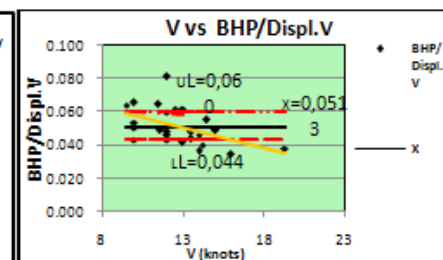
Gambar 6. Rasio $L/D^{1/3}$ Vs L



Gambar 7. Rasio Dwt/Displ. Vs Dwt



Gambar 8. Rasio TEUS/Dwt Vs Teus



Gambar 9. Rasio BHP/Displ vs V