

Parametric Design Of Hull Toward Load Capacity On Small Scale LNG Carrier

Muhammad Arif Budiyanto^{1,*}, Devi Adlyani¹ dan Agus Sunjarianto Pamitran¹

¹Departemen Teknik Mesin Universitas Indonesia, Depok, Jawa Barat, Indonesia

*Corresponding author: arif@eng.ui.ac.id

Abstract. The difficulties of distributing gas in inland and shallow waters in Indonesia, are developing new ideas about planning of small scale LNG carriers (SSLC) development. But SSLC has not been widely used, there are only 57 units of SSLC in the world in 2016. It causes design planning of SSLC is still quite difficult. Therefore, parametric design can make easier to get the design that suitable with condition of Sabang and Nias. The purpose of this study is to determine the optimum's main dimensions with load capacity of 2500 m³ and 7500 m³ from SSLC 5000 m³ as initial design by using dimension ratios L/B, B/T, T/H and L/H. Determination of criteria based on the comparison vessel database of 44 units of SSLC. The results of this study is to get the optimum's main dimensions i.e. L = 74 meter, B = 12,89 meter, T = 3,51 meter, dan H = 7,12 meter for 2500 m³ SSLC and L = 106,73 meter, B = 18,59 meter, T = 5,06 meter, H = 10,26 meter for 7500 m³ SSLC.

Abstrak. Sulitnya pendistribusian gas di wilayah pedalaman dan perairan dangkal di Indonesia mendorong pembangunan kapal LNG berukuran kecil atau small scale LNG carrier (SSLC). Namun SSLC belum banyak digunakan, hanya terdapat 57 unit kapal SSLC di dunia pada tahun 2016 lalu. Sehingga perancangan desain SSLC masih terbilang sulit. Oleh karena itu, perancangan desain dengan menggunakan desain parametrik untuk memudahkan perancangan kapal SSLC yang sesuai dengan kondisi Sabang dan Nias. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dimensi utama kapal yang optimum untuk kapal berkapasitas muatan sebesar 2500 m³ dan 7500 m³ dari kapal SSLC 5000 m³ sebagai initial design dengan menggunakan kriteria parameter dimensi ratio L/B, B/T, T/H, dan L/H. Penentuan kriteria berdasarkan database kapal pembanding sebanyak 44 unit kapal. Hasil penelitian ini adalah mendapatkan dimensi utama paling optimum yaitu L = 74 meter, B = 12,89 meter, T = 3,51 meter, dan H = 7,12 meter untuk kapal SSLC 2500 m³ dan L = 106,73 meter, B = 18,59 meter, T = 5,06 meter, H = 10,26 meter untuk kapal SSLC 7500 m³.

Kata kunci: *Parametric design, ratio of dimension, ship design, small scale LNG Carrier*

© 2018. BKSTM-Indonesia. All rights reserved

Pendahuluan

Desain parametrik adalah salah satu tahap awal dalam perancangan desain kapal untuk menetapkan parameter tertentu sebagai kriteria dalam melakukan perancangan pada tahap selanjutnya. Perancangan dengan menggunakan desain parametrik ini memudahkan para perancang kapal untuk mendesain kapal khususnya pada tipe kapal dan jenis muatan yang dibawa. Seiring perkembangan waktu, perkembangan ilmu teknologi mengenai ilmu perancangan kapal membawa kemajuan pada studi perancangan kapal dan aplikasinya. Para perancang membuat inovasi baru yang lebih baru namun tetap mengacu pada desain-desain kapal yang telah ada. Melalui desain parametrik, para perancang dengan mudah mengembangkan desain dengan mengumpulkan sejumlah data kapal terdahulu sesuai tipe dan jenis muatan kapal.

Beberapa tahun terakhir ini, kebijakan emisi dan arbitrase lingkungan yang baru dalam harga minyak dan gas telah menyebabkan banyak daerah mulai membangun infrastruktur berskala kecil, salah

satunya adalah modifikasi terminal impor LNG pada Amerika Serikat, Eropa, dan China. Modifikasi terminal LNG ini mengakibatkan mulai berkembang kapal LNG berukuran kecil. Hal ini berimbas juga kepada Indonesia yang dikenal negara kepulauan dengan kebutuhan listrik yang berbeda-beda di setiap daerahnya. Dengan adanya kapal LNG berukuran kecil, pendistribusian gas pada daerah berkebutuhan listrik kecil akan lebih mudah dan efisien. Selain itu, kondisi geografis dan posisi terminal gas masih terbilang sulit dilalui oleh semua kapal besar, membuatnya lebih efektif apabila kapal LNG berukuran kecil dapat diaplikasikan di Indonesia.

Pada perancangan desain kapal, hal yang paling penting adalah penentuan dimensi utama kapal. Dengan menggunakan desain parametrik, pembuatan desain baru tidak jauh berbeda dengan kapal dengan tipe dan jenis yang sama yang sudah ada sebelumnya. Oleh karena itu dikumpulkan terlebih dahulu data-data kapal pembanding yang sudah ada lalu dibuatlah persamaan linear untuk

melihat persebaran data yang terkumpul. Dengan begitu para perancang menentukan parameter kriteria dari data-data kapal pembanding. Parameter kriteria yang dimaksudkan adalah rasio dimensi utama kapal berupa L/B, B/T, T/H, dan L/H.

Pada penelitian ini parameterisasi desain untuk kapal SSLC 2500 m3 dan 7500 m3 dibantu dengan metode kapal pembanding 256 untuk menghasilkan 256 pasang kemungkinan dimensi utama. Namun kali ini metode 256 juga dibantu oleh persamaan Posdunine untuk menentukan nilai L, sehingga hanya terdapat 12 kemungkinan dengan masing-masing 4 pasang dimensi utama B, T, dan H.

$$L = C \left(\frac{V_k}{(V_k+2)^2} \right) \Delta^{1/3} \dots\dots\dots (\text{posdunine})$$

Desain Parametrik

Pekerjaan desain umumnya dianggap sebagai proses sekuensial, meningkatkan detail setiap langkahnya, sampai satu desain tunggal yang memenuhi semua kendala, menyeimbangkan semua pertimbangan (Evans, 1959), sama halnya desain lambung kapal. Lambung kapal dibangun dengan mempertimbangkan seperangkat parameter yang menghubungkan dimensi utama dengan dimensi geometri lambung lainnya, dan beberapa dependensi antara parameter yang berbeda.

Desain parametrik kapal dikembangkan setelah terbentuknya sejumlah kapal dengan jenis yang sama namun memiliki satu kesamaan parameter. Kesamaan parameter ini membuat perancang merancang kapal dengan metode desain parametrik berdasarkan data-data terdahulu yang kemudian akan dikembangkan dan dioptimasi lebih lanjut. Dengan menggunakan pendekatan semacam ini, perubahan pada bentuk lambung lebih mudah dicapai, karena ketika perancang mengubah satu parameter, yang lain ikut terparameterkan maka secara otomatis dapat diaktualisasikan [8].

Tujuan dari desain parametrik adalah untuk menetapkan deskripsi parametrik yang konsisten atau consistent parametric mengenai kapal pada tahap awal perancangan, mulai dari prinsip perancangan dasar bahwa deskripsi kapal tertentu harus dapat melakukan misi secara efisien [6]. Misi yang dimaksud disini adalah tujuan awal yang ingin dicapai setelah desain parametrik dilakukan. Setelah misi ditentukan, menentukan persamaan parameter dimana persamaan parameter ini berhubungan dengan dimensi kapal yang akan terbentuk berdasarkan tujuan dari misi yang ingin dicapai. Persamaan parameter ini akan menghasilkan karakteristik dimensi utama kapal yang baru yaitu L, B, T, dan H. Terakhir karakteristik dimensi utama

kapal ini akan dievaluasi apakah sudah sesuai dengan persamaan parameter yang telah ditentukan. Salah satu metode desain parametrik adalah overall sizing strategy. Metode ini digunakan dalam penentuan ukuran awal (preliminary sizing) akan bervariasi tergantung jenis kapal yang dipilih. Pada metode ini, setiap desain harus dapat menyeimbangkan antara kemampuan kapal membawa bobot dan volume muatan. Pada hal ini ada 2 yang harus dipilih yaitu antara weight limited atau volume limited.

Metode Statistik

Metode statistik merupakan salah satu metode dalam melakukan perancangan kapal. Metode statistik secara umum digunakan untuk memecahkan masalah tunggal dalam hal penyesuaian data kapal berdasarkan penelitian secara analitik. Metode ini tidak tergantung secara langsung pada kapal pembanding, melainkan diperoleh dari hasil percobaan model di laboratorium untuk berbagai tipe dan jenis kapal. Metode ini bertujuan untuk mendapatkan dimensi utama kapal yang baru berdasarkan penyesuaian data-data kapal yang telah ada tergantung jenis kapal yang ingin dibuat.

Tahapan dalam metode statistik adalah sebagai berikut.

1. Mencatat dimensi utama keseluruhan jumlah kapal pembanding
2. Mencatat ratio dimensi utama data kapal pembanding
3. Mencari suatu persamaan dari nilai ratio dimensi dari data kapal pembanding atau dengan mencari nilai rata-rata dimensi utama data kapal pembanding
4. Membuat grafik ratio dimensi utama terhadap DWT dan menentukan ratio untuk kapal yang akan dibuat berdasarkan nilai DWT yang ditentukan oleh pemilik kapal
5. Menentukan Cb, Cm, Cp, Cw, dan displacement.

Metode 256

Merupakan metode penentuan dimensi utama kapal dari kapal pembanding untuk mendapat 256 pasang ukuran utama dari kapal. Proses penentuan dimensi utama kapal dengan metode 256 dilakukan dengan langkah-langkah berikut.

1. Mencari dan mengumpulkan data-data dari kapal pembanding. Data kapal pembanding memiliki syarat yaitu jenis dan tipe kapal sejenis, jumlah kapal pembanding yang dibutuhkan tidak kurang dari 15 buah, dan memiliki toleransi -20% sampai +30% dari DWT yang direncanakan [11].

2. Membuat grafik persamaan linear dari keseluruhan data kapal pembanding yang telah di dapat. Grafik yang dibuat adalah grafik persamaan linear kapasitas muatan terhadap dimensi utama

kapal, sebagai contoh : DWT-L, DWT-B, DWT-T, dan DWT-H. grafik persamaan linear ini harus memiliki R2 sebesar mungkin dengan minimal 0,4 ini menunjukkan bahwa data-data tersebut memiliki range yang sama dan sebaran tidak renggang.

3. Menentukan 4 macam harga Froude Number (F_n0) dengan nilai sehingga mendapatkan 4 harga L. 4 macam F_n0 yang dimaksud adalah $F_n0 = -5\%$, $F_n0 = -1,667\%$, $F_n0 = +1,667\%$ dan $F_n0 = +5\%$.

4. Dari grafik persamaan linear didapatkan ukuran utama kapal yang akan menghubungkan dengan ratio dimensi $LOB0, BOT0$, dan $TOH0$.

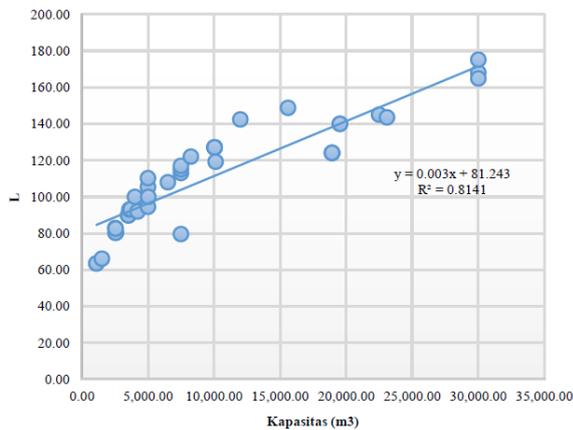
5. Lalu diambil $LOB0 = -5\%$, $LOB0 = -1,667\%$, $LOB0 = +1,667\%$ dan $LOB0 = +5\%$ sehingga untuk setiap L akan didapatkan 4 (empat) macam harga B sehingga ada 16 pasang ukuran.

6. Lalu diambil $BOT0 = -5\%$, $BOT0 = -1,667\%$, $BOT0 = +1,667\%$ dan $BOT0 = +5\%$ sehingga untuk setiap B akan didapatkan 4 (empat) macam harga T sehingga ada 64 pasang ukuran.

Hasil dan Pembahasan

Dari ke-44 data kapal pembanding dapat dibuat persamaan linear persebaran datanya untuk menentukan dimensi utama kapal berupa L, B, T, dan H. dengan sumbu x sebagai consistent parametric yaitu kapasitas muatan dan sumbu y sebagai dimensi utama. Kapasitas muatan ditentukan sebesar 5000 m3.

Kapasitas - L



Gambar 1. Persamaan linear kapasitas muatan dengan panjang kapal.

Berdasarkan grafik diatas maka didapatkan kriteria rasio dimensi yaitu:

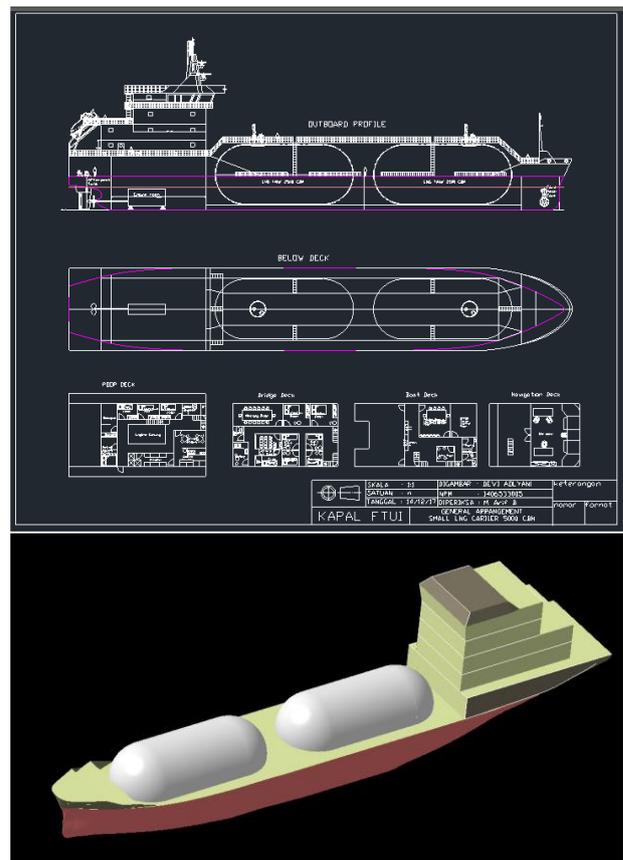
Tabel 1. Parameter kriteria

Data	Kriteria
L/B	3,18 – 7,75
B/T	2,07 – 6,25
T/H	0,32 – 0,79

L/H	7,09 – 13,5
-----	-------------

Berdasarkan grafik diatas maka didapatkan dimensi utama L, B, T, dan H untuk initial design kapal SSLC 5000 m3 yaitu L = 96,74 meter, B = 16,87 meter, T = 5,46 meter, dan H = 8,52 meter. Melalui desain yang dilakukan pada aplikasi MAXSURF didapatkan dimensi utama kapal SSLC 5000 m3 menjadi L = 94,3 meter, B = 16,57 meter, T = 4,57 meter, dan H = 10,32 meter dengan rasio dimensi yang sesuai parameter kriteria pada tabel 2.

Desain lambung kapal SSLC 5000 m3 dibuat lines plan, general arrangement, dan 3 dimensi seperti pada gambar dibawah ini.



Gambar 2. General arrangement kapal SSLC 5000 m3

Perhitungan sementara LWT, DWT, dan *payload* pada kapal SSLC 5000 m3 terrangkum pada tabel dibawah ini.

Tabel 2. Estimasi Berat Kapal SSLC 5000 m3

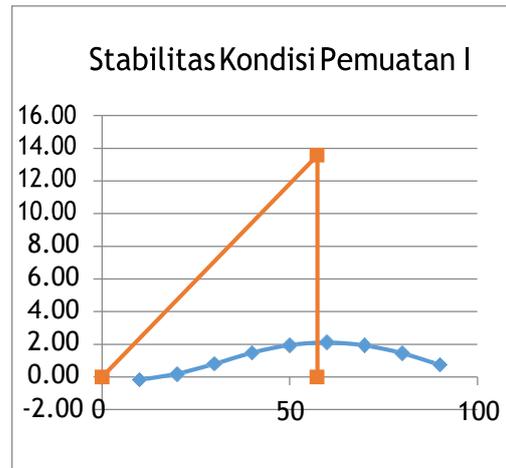
No.	Komponen	Nilai
1	LWT	1984,32 tons
2	DWT	546,68 tons
3	<i>Payload</i>	2608,9 tons
Total displacement		5140 tons

Kapal SSLC juga dihitung *capacity plan* atau rancangan kapasitas muatan pada setiap kondisi. Berikut tabel kondisi dan persentase muatan yang dibawa.

Tabel 3. Kondisi Kapal SSLC 5000 m³

No.	Kondisi	Persentase (%)	Berat (ton)	
1	Kondisi Kapal Kosong			
		100.00%	2488.5	9
2	Kondisi Pemuatan I (di FSRU Arun)			
	<i>Consumables</i>	100%	25.02	546.35
	<i>Person + Luggage</i>	100%	7.04	
	Makanan	100%	0.29	
	<i>Water Ballast</i>	100%	514.00	
	<i>LNG Tank</i>	0%	0.00	
3	Kondisi Pemuatan II (di FSRU Arun)			
	<i>Consumables</i>	100%	25.02	944.03
	<i>Person + Luggage</i>	100%	7.04	
	Makanan	100%	0.29	
	<i>Water Ballast</i>	75%	385.50	
	<i>LNG Tank</i>	25%	526.18	
4	Kondisi Pemuatan III (di FSRU Arun)			
	<i>Consumables</i>	100%	25.02	1341.71
	<i>Person + Luggage</i>	100%	7.04	
	Makanan	100%	0.29	
	<i>Water Ballast</i>	50%	257.00	
	<i>LNG Tank</i>	50%	1052.3	7
5	Kondisi Pemuatan IV (di FSRU Arun)			
	<i>Consumables</i>	100%	25.02	1739.40
	<i>Person + Luggage</i>	100%	7.04	
	Makanan	100%	0.29	
	<i>Water Ballast</i>	25%	128.50	
	<i>LNG Tank</i>	75%	1578.5	5
6	Kondisi Kapal Penuh (di FSRU Arun)			
	<i>Consumables</i>	100%	25.02	2137.08
	<i>Person + Luggage</i>	100%	7.04	

Pada *capacity plan* ini kapal SSLC dapat diperhitungkan kondisi stabilitas kapal saat setiap kondisi setiap perubahan kemiringan 10°.



Gambar 3. Grafik stabilitas kapal SSLC 5000 m³

Parameterisasi dilakukan saat desain 5000 m³ memenuhi seluruh kriteria dan dilakukan perhitungan berat, perencanaan kapasitas muatan, dan ilustrasi lambung kapal. Parameterisasi dibantu dengan menggunakan metode 256 namun dengan persamaan posdunine untuk menentukan L yang diinginkan sesuai muatan kapal. Berikut data hasil parameterisasi menggunakan metode 256 dibantu dengan persamaan posdunine dan kriteria di tabel 4.

Tabel 5. Dimensi Utama Kapal SSLC 2500 m³ dan 7500 m³

Dimensi Utama					
Kapal SSLC 7500 m ³			Kapal SSLC 2500 m ³		
m	106,73	L	m	74	L
m	18,59	B	m	12,89	B
m	5,06	T	m	3,51	T
m	10,26	H	m	7,12	H
ton	7687,5	Δ	ton	2562,5	Δ

Kesimpulan

Dari penelitian ini dapat disimpulkan beberapa hal yaitu:

1. Lokasi penelitian yang menjadi fokus utama adalah menentukan kapal LNG berskala kecil untuk wilayah Sabang dan Nias, yaitu kapal SSLC ukuran 5000 m³
2. Dimensi utama kapal SSLC 5000 m³ adalah L = 94,3 meter, B = 16,57 meter, T = 4,57 meter, dan H = 10,32

3. Dimensi utama kapal SSLC 2500 m³ yang paling optimum adalah L = 74 meter, B = 12,89 meter, T = 3,51 meter, dan H = 7,12 meter. Dan untuk kapal SSLC 7500 m³ adalah L = 106,73 meter, B = 18,59 meter, T = 5,06 meter, H = 10,26 meter

Penghargaan

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Indonesia yang telah mendukung dalam kegiatan penelitian ini.

Referensi

- [1] Barrass, C.B. 2004. Ship Design and Performance for Masters and Mates. India. Charon Tec Pvt. Ltd
- [2] International Gas Union. 2015. 2012-2015 Tritennium Work Report: SMALL SCALE LNG.
- [3] Jurnal Maritim. (2017). Small LNG Tanker dan Aplikasinya di Indonesia. November, 6 2017. Jakarta.
<http://jurnalmaritim.com/2017/08/21/small-lng-tanker-dan-aplikasinya-di-indonesia/>
- [4] Kalimantan. (2017). PEMANFAATAN GAS ALAM : Kilang LNG Arun Direvitalisasi. November 7, 2017. Jakarta.
<http://kalimantan.bisnis.com/read/20170721/451/673459/pemanfaatan-gas-alam-kilang-lng-arun-direvitalisasi>
- [5] National Geospatial Intelligence Agency. (2017). WORLD PORT INDEX, 26, 146. November 13, 2017. WORLD PORT INDEX database
- [6] Parsons, Michael G. 2004. Parametric Design, Chapter 11 in Ship Design and Construction vol. 1. SNAME
- [7] PLN 2016. Rencana Umum Penyediaan Tenaga Listrik Tahun 2016 s.d. 2025. PT PLN (Persero)
- [8] Sanches, Filipa. Parametric Modelling of Hull Form for Ship Optimization. November 13, 2017.
https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/281870113703276/Paper_FilipaSanches_ParametricModellingOfHullFormForShipOptimization.pdf
- [9] Schneekluth, H., V. Bertram. 1998. Ship Design for Efficiency and Economy 2nd Edition. Oxford, UK
- [10] Talahatu, Marcus Albert. 2014. Prinsip Merancang Kapal. Jakarta
- [11] Tupan, Jacobus, Wasis Dwi Aryawan dan R.O. Saut Gurning. 2005. ISBN : 979-99735-0-3 ANALISIS TEKNIS DAN EKONOMIS PENGADAAN KAPAL BARANG UNTUK KAPET SERAM. Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya
- [12] Tupper, E.C dan K.J Rawson. 2001. Basic Ship Theory 5th Edition Vol. 2. Integra Software Service Pv Ltd. India.
- [13] Yusman, Triana. 2017. SKRIPSI, Optimasi Distribusi LNG ke Pembangkit Listrik di Wilayah Sumatera Menggunakan Small Scale LNG Carrier. Depok.