

Desain Kapal Pembangkit Listrik Tenaga Gas untuk Wilayah Indonesia

Kamaluddin, Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D.

Jurusan Teknik Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

e-mail: wasis@na.its.ac.id

Abstrak—Hingga saat ini, di Indonesia masih ada 12.659 desa tertinggal yang belum memperoleh akses listrik dari jaringan Perusahaan Listrik Negara (PLN), bahkan 2.519 desa diantaranya belum teraliri listrik sama sekali. Pada tanggal 8 Desember 2015 Presiden Joko Widodo meresmikan operasional pembangkit listrik di atas kapal yang menyewa dari Turki untuk daerah Amurang, Minahasa Selatan, Sulawesi Utara. Selanjutnya juga akan didatangkan *power plant* serupa dari Turki untuk beberapa lokasi antara lain Sumatera Bagian Utara, Kupang, Ambon, dan Lombok. PLN mengklaim ada efisiensi sebesar Rp. 350 miliar per tahun dibanding menggunakan pembangkit listrik tenaga diesel (PLTD). Tujuan dari Tugas Akhir ini adalah untuk mendapatkan desain konseptual kapal pembangkit listrik tenaga gas yang memiliki kemampuan mobilitas sebagai upaya untuk memenuhi kebutuhan sumber listrik di wilayah Indonesia. Sehingga pemerintah dapat cepat tanggap terhadap daerah yang mengalami krisis listrik di Indonesia. Proses desain kapal dimulai dari studi literatur dan penentuan *output* daya listrik kapal menggunakan informasi kondisi kelistrikan Nasional dari Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Indonesia. Didapatkan daya listrik kapal yang didesain yaitu 144 MW. Kemudian mencari ukuran utama kapal. Setelah itu dilakukan perhitungan teknis berupa perhitungan berat, *trim*, *freeboard*, dan stabilitas. Ukuran utama yang didapatkan adalah $L_{pp} = 150$ m; $B = 31$ m; $H = 16$ m; $T = 4,9$ m. Dari data tersebut kemudian dibuat *Lines Plan* dan *General Arrangement*.

Kata Kunci—defisit listrik, Indonesia, kapal pembangkit listrik

I. PENDAHULUAN

INDONESIA yang merupakan negara kepulauan cenderung memiliki permasalahan terkait dengan pemerataan pembangunan, khususnya pembangunan di daerah kepulauan. Hingga saat ini, masih ada 12.659 desa tertinggal yang belum memperoleh akses listrik dari jaringan Perusahaan Listrik Negara (PLN), bahkan 2.519 desa diantaranya belum teraliri listrik sama sekali. Desa-desa ini sebagian besar tersebar di Provinsi Papua dan di kawasan Indonesia Timur lainnya.

Pemerintah, dalam rangka mewujudkan "terang untuk semua", meluncurkan Program Indonesia Terang atau PIT. Program ini bertujuan menyediakan akses listrik bagi seluruh rakyat Indonesia. Satu diantara langkahnya, pada tanggal 8 Desember 2015 Presiden Joko Widodo meresmikan operasional pembangkit listrik di atas kapal atau *Marine Vessel Power Plant* (MVPP) milik PT Perusahaan Listrik Negara. Presiden menganggap fasilitas yang bisa berpindah tempat

tersebut sebagai pilihan tepat untuk mengatasi kekurangan listrik di sejumlah daerah.

PT PLN (Persero) menyewa Pembangkit Listrik Tenaga Gas/PLTG terapung, Kapal *Marine Vessel Power Plant* (MVPP) Karadeniz Powership Zeynep Sultan, berkapasitas 120 Mega Watt (MW). Kapal berisi pembangkit listrik yang baru datang dari Turki ini akan menuju Amurang, Minahasa Selatan, Sulawesi Utara. Kemudian PLN juga akan mendatangkan *power plant* serupa untuk beberapa lokasi antara lain Sumatera Bagian Utara (240 MW), Kupang (60 MW), Ambon (60 MW), dan Lombok (60 MW) (Wicaksono, 2015). PLN akan membeli listrik dari kapal ini dengan harga Rp 1.700 Rp 1.800 per kilowatt jam (kWh). Dengan begitu PLN mengklaim ada efisiensi sebesar Rp 350 miliar per tahun dibanding menggunakan pembangkit listrik tenaga diesel (PLTD).

Kapal pembangkit listrik ini digunakan di daerah yang mengalami krisis sumber listrik, sembari menunggu perbaikan atau pembangunan pembangkit listrik yang membutuhkan waktu relatif lama, yaitu 3 sampai dengan 5 tahun. Karena kemampuan mobilitasnya, menjadikan kapal pembangkit listrik ini menjadi solusi cepat dalam penyediaan sumber listrik di daerah-daerah yang mengalami krisis sumber listrik dan sangat cocok diaplikasikan di negara kepulauan seperti Indonesia. Sehingga pemerintah dapat cepat tanggap terhadap daerah yang mengalami krisis listrik.

Untuk memenuhi kebutuhan kapal pembangkit listrik di wilayah Indonesia, maka dalam Tugas Akhir ini dibahas desain kapal pembangkit listrik tenaga gas yang memiliki kemampuan mobilitas sebagai upaya untuk memenuhi kebutuhan sumber listrik di wilayah Indonesia.

II. METODOLOGI

Tahap awal yang dilakukan dalam pengerjaan Tugas Akhir adalah dimulai dengan studi literatur dan pengumpulan data untuk memahami permasalahan yang ada, selanjutnya dapat disusun menjadi sebuah hipotesa.

Data yang didapatkan meliputi data kondisi kelistrikan di Indonesia, kondisi perairan di Indonesia, dan sistem pembangkit listrik tenaga gas. Data ini digunakan untuk menunjang pengerjaan Tugas Akhir. Sedangkan studi literatur dilakukan untuk mengetahui hal-hal yang berkaitan dengan kapal pembangkit listrik tenaga gas dan referensi-referensi perhitungan pada Tugas Akhir sebelumnya. Pada tahap ini

dilakukan studi pustaka terhadap berbagai referensi terkait dengan topik Tugas Akhir. Selain untuk mengetahui, tahapan ini juga untuk mencari konsep dan metode yang sesuai agar dapat menyelesaikan masalah yang ada. Studi literatur ini juga meliputi pencarian referensi atas teori-teori terkait atau hasil penelitian sebelumnya.

Kemudian dilakukan studi ke PT.PJB UP Gresik untuk mengetahui sistem pembangkit listrik tenaga gas yang optimal dan cocok diaplikasikan pada kapal pembangkit listrik tenaga gas yang akan didesain. Hasil tahapan ini kemudian diaplikasikan pada pembuatan layout pembangkit listrik tenaga gas di dalam kapal, sehingga perencanaan sistem pembangkit listrik tenaga gas yang dihasilkan lebih optimum.

Untuk tahap pengerjaan dimulai dengan penentuan data *payload* kapal berupa luasan *deck* untuk *Power Plant* yang dibutuhkan dan penentuan ukuran utama kapal. *Payload* kapal ditentukan dengan mencari defisit listrik terbesar di Indonesia. Setelah itu dilanjutkan dengan pencarian katalog-katalog pembangkit listrik tenaga gas sesuai dengan kebutuhan listrik yang telah didapatkan. Kemudian dari berbagai data dan studi literatur dibuat layout dari pembangkit listrik tenaga gas sesuai dengan kebutuhan. Sedangkan ukuran utama kapal didapatkan dengan menggunakan metode *Parametric Design Approach*, yaitu dengan menggunakan 5 kapal pembandingan sejenis yang kemudian dilakukan regresi pada ukuran-ukuran utama kapal tersebut.

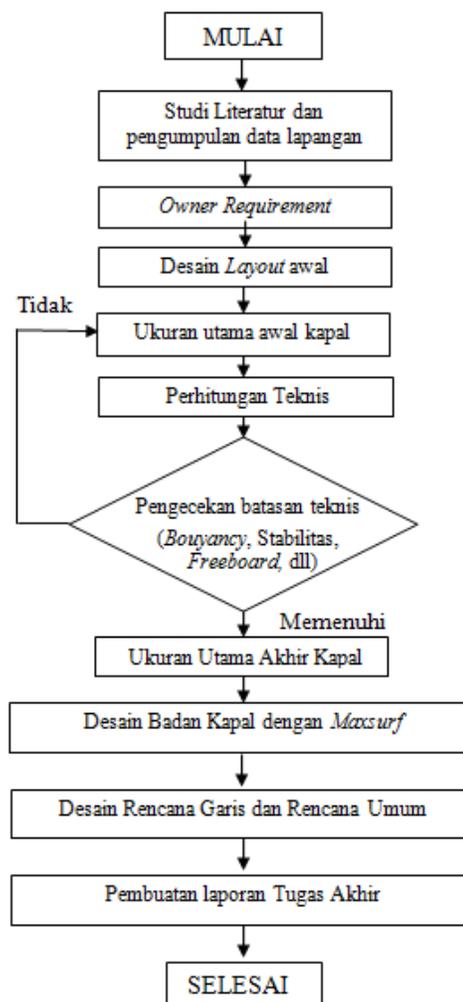
Setelah *owner requirements* didapat, maka dilakukan *plotting* layout awal sistem pembangkit listrik tenaga gas ke dalam layout awal kapal yang didesain.

Kemudian dilakukan perhitungan teknis dan pengecekan batasan teknis, meliputi pengecekan *bouyancy* kapal, *trim* kapal, *freeboard* kapal, dan stabilitas kapal. Perhitungan stabilitas kapal menggunakan bantuan dari software *Maxsurf Advanced Stability Education Version*.

Pada pengerjaan Tugas Akhir ini dilakukan perubahan ukuran utama awal kapal, karena pada perhitungan dengan menggunakan ukuran utama awal kapal diketahui bahwa berat kapal tidak sesuai dengan margin berat yang diijinkan, yaitu 5%. Perubahan ukuran utama ini mengacu pada ukuran utama MVPP (*Motor Vessel Power Plant*) Karadeniz Karpowership Zeynep Sultan yang sekarang sedang beroperasi di Amurang, Sulawesi Utara. Setelah semua batasan teknis terpenuhi, kemudian didesain *Lines Plan* dan *General Arrangement* menggunakan bantuan software *Maxsurf Education Version* dan *CAD*.

Desain *General Arrangement* menggunakan referensi dari interior kapal pembangkit listrik yang telah beroperasi dan layout pembangkit listrik tenaga gas yang telah tersedia pada katalog turbin gas yang digunakan.

Penyusunan kesimpulan dari keseluruhan proses desain kapal pembangkit listrik tenaga gas. Kesimpulan tersebut merupakan jawaban dari keseluruhan permasalahan yang ada meliputi evaluasi ketercapaian tujuan penelitian. Dilakukan juga penyusunan saran yang dapat digunakan untuk penelitian selanjutnya. Pada tahapan ini juga dilakukan penyusunan laporan Tugas Akhir yang merupakan keseluruhan *report* proses desain kapal PLTG yang telah dilakukan.



Gambar. 1. Diagram alir metodologi pengerjaan Tugas Akhir.

III. ANALISA DAN PEMBAHASAN

Kapal pembangkit listrik tenaga gas ini merupakan kapal general kargo yang memiliki pembangkit listrik tenaga gas di dalamnya. Kapal ini memiliki kemampuan mobilitas ke seluruh daerah di Indonesia untuk menanggapi krisis listrik yang terjadi di daerah-daerah di Indonesia secara cepat. Oleh karena itu tidak digunakan *barge*, karena dibutuhkan kapal yang memiliki hambatan yang minimal.

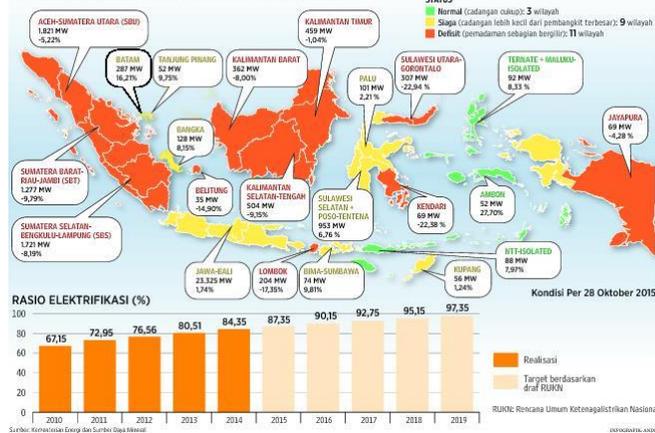
Ditentukan *homebase* dari kapal ini di Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya, karena strategis untuk menjangkau Indonesia bagian barat maupun Indonesia bagian timur. Oleh karena itu untuk menentukan kebutuhan bakar *main engine* kapal, digunakan jarak daerah terjauh dari Surabaya, yaitu di daerah Jayapura dengan jarak pelayaran 2451 nm. Kecepatan kapal menggunakan referensi kecepatan dari MVPP Karadeniz Powership Zeynep Sultan, yaitu 9 knot. Sehingga didapatkan lama pelayaran kapal adalah 11,3 hari.

Dalam operasionalnya kapal ini menggunakan *storage* bahan bakar pembangkit listrik tenaga gas di luar kapal. Baik *storage* dari pembangkit listrik yang sudah ada, maupun menggunakan bantuan dari tanker untuk menyuplai operasional dari kapal PLTG ini. Bahan bakar dari luar kapal akan dipompa ke dalam

tangki bahan bakar pembangkit tenaga gas di dalam kapal yang didesain dapat menampung bahan bakar untuk operasional daya maksimal selama 56 jam. Hal tersebut bertujuan agar pompa tidak bekerja secara terus menerus, selain itu waktu tersebut juga bertujuan untuk memberikan waktu pemasangan instalasi pergantian tanker yang mensuplai bahan bakar ataupun untuk isi ulang *storage* bahan bakar diluar kapal bila habis. Sehingga kapal pembangkit listrik tenaga gas ini tetap dapat beroperasi walaupun sedang dilakukan pergantian tanker pensuplai bahan bakar ataupun *refill* bahan bakar pada *storage* diluar kapal.

Penentuan *payload* kapal yang didesain menggunakan referensi dari Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Indonesia pada Gambar 1 dan katalog-katalog mesin yang didapatkan. Didapatkan defisit listrik terbesar di Indonesia adalah di daerah Sumatera Selatan-Bengkulu-Lampung, yaitu 140,9499 MW. Didapatkan katalog pembangkit listrik tenaga gas dengan *output* daya listrik 144 MW. Setelah itu dari data dan studi literatur dibuat desain layout dari pembangkit listrik, yang nantinya luasan *deck* yang didapatkan menjadi *payload* dari kapal PLTG yang didesain.

KONDISI SISTEM KELISTRIKAN NASIONAL



Gambar. 2. Kondisi sistem kelistrikan Nasional tanggal 28 Oktober 2015.

Dari penentuan layout awal kapal, *payload*, dan kecepatan, didapat *owner requirement* pada Tabel 1.

Tabel 1.

Tabel *Owner Requirement* kapal PLTG yang didesain

No	Data desain	Keterangan
1	Jenis kapal	Kapal pembangkit listrik tenaga gas
2	Jenis muatan	Pembangkit listrik tenaga gas
3	Jumlah <i>crew</i>	24 orang
4	<i>Output</i> daya listrik	144 MW
5	Kecepatan kapal	9 knot
7	Radius pelayaran	2451 nm
8	Daerah Pelayaran	Pelayaran Indonesia

Ukuran utama awal kapal didapatkan melalui regresi dari kapal-kapal pembangkit listrik tenaga gas yang telah beroperasi. Kapal perbandingan yang digunakan ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2.
Kapal perbandingan yang digunakan

Nama	Daya (MW)	L(m)	B(m)	H(m)	T(m)
Zeynep Sultan	120	150,6	31,0	15,5	4,90
Rauf Bey	200	233,8	32,2	18,7	13,6
Kaya Bey	220	233,8	32,2	18,7	13,6
Irem Sultan	110	140,1	29,0	5,31	4,43
Dogan Bey	144	165,0	31,0	15,0	10,7

Ukuran utama awal kapal dari hasil regresi adalah $L_{pp} = 168,21$ m, $B = 30,683$ m, $H = 13,081$ m, $T = 7,9012$ m. Pada perhitungan selanjutnya diketahui bahwa ukuran utama awal ini tidak memenuhi batasan teknis berat kapal, karena memiliki margin berat yang besar yaitu 48,851%. Sedangkan margin maksimal berat kapal yang diijinkan adalah 5%. Oleh karena itu dilakukan penggantian ukuran utama yang mengacu pada kapal MVPP Karadeniz Powership Zeynep Sultan.

Didapatkan ukuran utama baru kapal PLTG $L_{pp} = 155,5$ m; $B = 31$ m; $H = 16$ m; $T = 7$ m. Dilakukan pengecekan ukuran utama terhadap batasan-batasan perbandingan ukuran utama yang didapatkan dari referensi buku *Principle of Naval Architecture Vol.I* [1].

Perhitungan koefisien menggunakan referensi dari *Parametric Ship Design* [2]. Adapun hasil perhitungannya adalah sebagai berikut,

$$C_B = 0,706$$

$$C_M = 0,986$$

$$C_P = 0,716$$

$$C_{WP} = 0,802$$

$$LCB = 5,545 \text{ dari midship}$$

$$\nabla = 24778,450 \text{ m}^3$$

$$\Delta = 25397,911 \text{ ton}$$

Perhitungan hambatan kapal menggunakan metode Holtrop dan Mennen dari referensi buku *Principle of Naval Architecture Vol.II Resistance, Propulsion and Vibration* [3].

Penentuan daya motor induk ini dimulai dari perhitungan EHP, THP, DHP, SHP, dan BHP. Hasil perhitungan tersebut selanjutnya ditambahkan margin akibat letak kamar mesin dan daerah pelayaran, adapun hasil perhitungannya adalah sebagai berikut:

$$EHP = 767,233 \text{ kW}$$

$$THP = 743,197 \text{ kW}$$

$$DHP = 1631,768 \text{ kW}$$

$$SHP = 1656,617 \text{ kW}$$

$$BHP = 1707.763 \text{ kW}$$

Koreksi letak kamar mesin:
 Koreksi = 3% untuk kamar mesin dibelakang
 Koreksi daerah pelayaran:
 Koreksi = 10-15 % untuk perairan Indonesia
 Koreksi = 3%+15 % x 1707.763
 Total kebutuhan power mesin adalah:
 Daya mesin = 1929,772 kW = 2587,863 HP

Komponen LWT kapal yang didesain terdiri dari berat *Power Plant*, berat permesinan kapal, berat *equipment* dan *outfitting* serta berat baja kapal. Perhitungan berat baja menggunakan

metode Harvald & Jensen [4]. Adapun hasil dari perhitungan LWT dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3.

Rangkuman berat LWT kapal PLTG yang didesain

Item	Value	Unit
Berat Power Plant		
Gas Turbine + base	680,00	ton
Lube oil tank, starting means and auxiliaries	240,00	ton
Generator	930,00	ton
Reduction Gear	100,00	ton
Air intake system	272,00	ton
Exhaust system	88,00	ton
Gas valve compartment	20,00	ton
Steam Turbine	250,00	ton
Heat Recovery Steam Generator (HRSG)	600,00	ton
Berat total Power Plant	3180,00	ton
Berat Permesinan Kapal		
Main Engine	17,00	ton
Gear Box	1,72	ton
Poros Propeller	4,09	ton
Propeller	9,80	ton
Lain-lain	135,08	ton
Berat total Permesinan Kapal	167,69	ton
Berat Baja Kapal		
Total Berat Baja Kapal	9538,69	ton
Berat Peralatan dan Perlengkapan		
Peralatan dan Perlengkapan	260,90	ton
Grup IV	471,10	ton
Berat total Peralatan dan Perlengkapan	732,00	ton
Berat Ballast		
Berat Ballast	8785,45	ton
Total LWT	22403,83	ton

Komponen DWT kapal diantaranya adalah berat bahan bakar, minyak pelumas, air tawar, HFO, *provision*, *crew*, dan *luggage*. Hasil perhitungannya adalah sebagai berikut:

$$DWT = W_{consumable} = 2042,661 \text{ ton} \quad (1)$$

Displacement kapal dihitung berdasarkan ukuran utama dan koefisien-koefisien ukuran utama kapal dibandingkan dengan *Displacement* kapal dihitung berdasarkan pada LWT dan DWT kapal PLTG. Maksudnya dihitung selisihnya untuk dilakukan koreksi, apakah memenuhi dengan koreksi *displacement* sebesar 5%. Koreksi yang didapatkan dari perhitungan yang telah dilakukan adalah sebesar 3,746 %, sehingga margin berat diterima.

Untuk menghitung *trim*, digunakan persamaan dari Parson (2001) [5] yaitu:

$$Trim = T_a - T_f = \frac{\Delta(LCG - LCB) \cdot L_{pp}}{GM_L} \quad (2)$$

LCG diperhitungkan sebagai suatu kesatuan titik berat komponen-komponen berat kapal meliputi titik berat baja, *power plant*, permesinan, *equipment and outfitting* dan *consumable*. Pendekatan titik berat tersebut dihitung dengan rumus yang disajikan oleh Parson pada *Parametric Ship Design Chapter 11* sehingga mendapatkan LCG total. Besarnya LCG total dari hasil perhitungan pendekatan LCG tersebut adalah $trim = 2,328 \text{ m}$, dengan kondisi *trim* buritan.

Adapun batasan yang diberikan untuk *trim* adalah $0.05 \% L = 7,775 \text{ m}$ dan $LCG - LCB = 3,164 \text{ m}$. Karena $trim < \text{batasan } trim$, maka koreksi *trim* kapal diterima.

Perhitungan lambung timbul (*freeboard*) kapal dihitung berdasarkan *International Convention Load Lines (ILCC)*, 1966. Menurut ILCC 1966, kapal pembangkit listrik tenaga gas yang didesain termasuk dalam kategori kapal tipe B. Sehingga untuk perhitungan selanjutnya menggunakan acuan perhitungan kapal tipe B.

Freeboard standart yaitu *freeboard* yang tertera pada tabel *freeboard* standar sesuai dengan tipe kapal. Untuk tipe kapal B dengan panjang 155,5 m sebesar 2429 mm.

Berikut ini merupakan koreksi-koreksi *freeboard* sesuai dengan ILCC 1966,

- 1) Koreksi koefisien blok (untuk kapal dengan $C_b > 0.68$)
 $Fb_2 = 2475,570 \text{ mm}$
- 2) Koreksi tinggi (Fb_3)
 Koreksi dilakukan apabila $D > L/15$
 $Fb_3 = 3883,904 \text{ mm}$

Lambung timbul minimum adalah penjumlahan dari semua koreksi untuk mendapatkan tinggi lambung timbul minimum.

$$Lambung \text{ timbul } (Freeboard) \text{ minimum} = 8788,474 \text{ mm}$$

Dari perhitungan batasan yang telah dibuat didapat nilai lambung timbul minimum adalah 8788,474 mm. Lambung timbul dari kapal yang didesain adalah 9000 mm. Jadi lambung timbul kapal PLTG yang didesain telah memenuhi standar.

Perhitungan stabilitas kapal PLTG dilakukan dengan menggunakan bantuan software *Maxsurf Stability Advanced Education Version*. Berat dan titik berat LWT kapal menjadi *input* dalam software ini, sedangkan untuk tangki-tangki *consumable* beserta *ballast* kapal PLTG akan dimasukkan sesuai dengan kebutuhan dan posisi tangki pada perhitungan. Batasan untuk perhitungan stabilitas kapal yang didesain adalah berdasarkan IMO (IS Code, Annex 749(18)) [6]. Selain kriteria hal yang diperlukan adalah data *loadcase* (LC). Dalam perhitungan ini dilakukan tiga variasi *loadcase*, antara lain *loadcase* dengan kondisi *consumable* 100%, 60%, dan 30%. Berikut adalah rangkuman hasil perhitungan stabilitas yang telah dibandingkan dengan batasannya,

Tabel 4.
Rangkuman hasil perhitungan stabilitas kapal PLTG

Data	LC 100%	LC 60%	LC 30%	Kriteria IMO	Kondisi
e_{30° (m.deg)	40,581	39,414	39,453	$\geq 3,1513$	Diterima
e_{40° (m.deg)	71,358	69,234	69,220	$\geq 5,1566$	Diterima
e_{30-40° (m.deg)	30,776	29,820	29,767	≥ 1.7189	Diterima
h_{30° (m)	3,195	3,090	3,083	≥ 0.2	Diterima
θ_{max} (deg)	39,1	39,1	39,1	≥ 25	Diterima
GM_0 (m)	4,588	4,391	4,373	≥ 0.15	Diterima

Keterangan :

e_{30° adalah luas bidang dibawah kurva lengan statis (GZ) sampai 30° sudut oleng,

e_{40° adalah luas bidang dibawah kurva lengan statis (GZ) sampai 40° sudut oleng,

e_{30-40° adalah luasan bidang yang terletak di bawah lengkung lengan statis (GZ) diantara sudut oleng 30° dan 40°

h_{30° adalah lengan statis (GZ) pada sudut oleng $> 30^\circ$.

θ_{max} adalah sudut dimana lengan stabilitas statis (GZ) maksimum terjadi.

GM_0 adalah tinggi metacentre (MG) pada sudut oleng 0° .

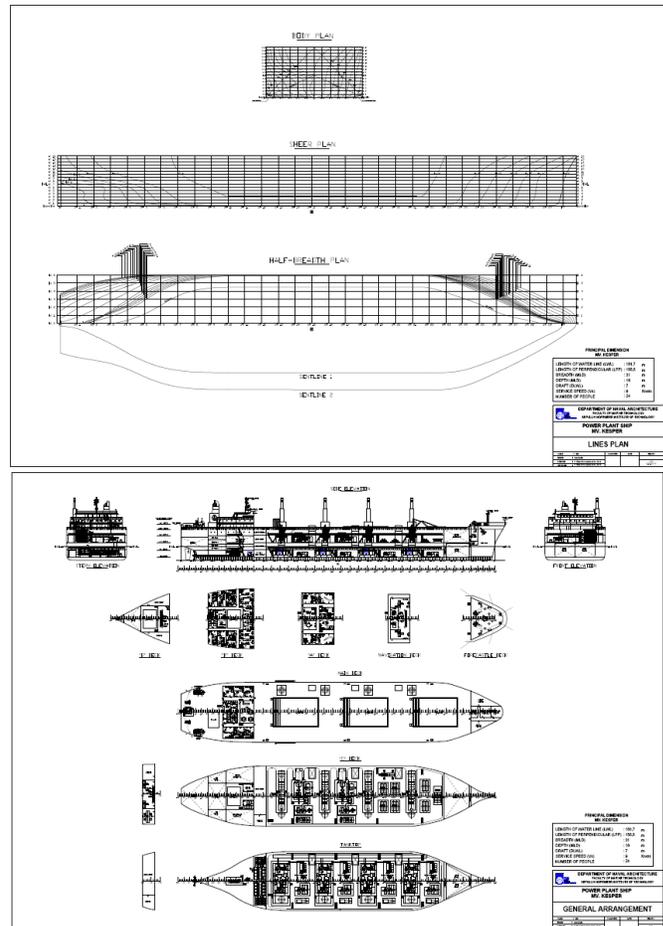
Kemudian dilanjutkan dengan pembuatan *Lines Plan* dan *General Arrangement*. Pembuatan *Lines Plan* menggunakan bantuan dari *software Maxsurf Education Version* dan *CAD*. *Lines Plan* yang dihasilkan menjadi acuan dalam pembuatan *General Arrangement* kapal PLTG. Dalam pembuatan *General Arrangement* menggunakan referensi dari layout kapal PLTG yang beroperasi.

IV. KESIMPULAN

Dari perhitungan dan analisa yang telah dilakukan, didapatkan besar *output* daya listrik dan ukuran utama kapal PLTG yang didesain. Selanjutnya diketahui bahwa perhitungan ini telah memenuhi margin berat kapal, batasan *trim*, *freeboard* kapal, dan kriteria-kriteria IS Code untuk stabilitas kapal. Didapatkan pula desain *Lines Plan* dan *General Arrangement* kapal PLTG. Untuk detail dari kesimpulan Tugas Akhir, dapat dilihat sebagai berikut:

- 1) *Output* daya listrik dari kapal yang didesain sebesar 144 MW.
- 2) Ukuran utama kapal pembangkit listrik tenaga gas yang didesain $L_{pp} = 155,5$ m, $B = 31$ m, $H = 16$ m, $T = 7$ m.
- 3) Perhitungan teknis yang dilakukan telah memenuhi.
 - a. Perhitungan berat yang telah dilakukan menghasilkan margin berat sebesar 3,79%. *Displacement* kapal adalah 25397,911 ton dan berat kapal (LWT+DWT) adalah 24435,315 ton.
 - b. Perhitungan *trim* yang telah dilakukan menghasilkan hasil 2,328 m, batasan *trim* maksimal adalah sebesar 3,164 m. Sehingga perhitungan *trim* telah memenuhi.
 - c. Perhitungan lambung timbul yang telah dilakukan menghasilkan batasan lambung timbul sebesar 8,788 m, lambung timbul kapal sebenarnya adalah 9 m. Sehingga perhitungan lambung timbul diterima.

- d. Perhitungan stabilitas yang dilakukan menggunakan acuan regulasi dari IMO IS Code. Hasil yang didapatkan semua parameter stabilitas telah terpenuhi.
- 4) Desain *Lines Plan* telah dibuat dan dapat dilihat dari Gambar 2.
- 5) Desain *General Arrangement* telah dibuat dan dapat dilihat dari Gambar 2.



Gambar. 3. Desain *Lines Plan* dan *General Arrangement* kapal Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG).

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih Penulis tujuan, yang pertama kepada Bapak Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D. selaku dosen pembimbing, Bapak Dr. Ir. I Ketut Suastika sebagai dosen wali Penulis. Kedua kepada Ayah dan Ibu yang telah memberikan dukungan doa dan biaya demi terselesainya Tugas Akhir ini. Ketiga kepada teman-teman dan pihak-pihak yang tidak dapat Penulis sebutkan satu per satu.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] E. V. Lewis, Principle of Naval Architecture Volume 1, Jersey City, NJ: The Society of Naval Architecture & Marine Engineers, 1998.
- [2] D. G. Watson, Practical Ship Design, Kidlington: Elsevier, 1998.
- [3] E. V. Lewis, Principle of Naval Architecture Volume II, Jersey City, NJ: The Society of Naval Architecture and Marine Engineers, 1988.

- [4] S. V. B. H., *Ship Design for Efficiency and Economy*, Woburn: Butterwoth Heinemann, 1998.
- [5] M. G. Parsons, *Parametric Design Chapter 11 in Ship Design and Construction*, New York: The Society of Naval Architects and Marine Engineers, 2003.
- [6] International Maritime Organization (IMO), *Interpretations of the International Convention on Load Lines*, London: International Association of Classification Societies, 1996.