

Desain *Ship Power Plant* sebagai Alternatif Krisis Listrik di Pulau Kangean, Jawa Timur

Suardi^{1*}, Wira Setiawan², Sarani Nigrat Nai Pos-Pos³,

^{1,2,3} Teknik Perkapalan Institut Teknologi Kalimantan, Balikpapan, Indonesia

*suardi@lecturer.itk.ac.id`

Abstract

Kangean Island is one of the areas in East Java, Indonesia that does not yet have access to electricity because restricted accessibility by the land routes. To supply the electricity in that area, one of alternative solutions is to create a ship power plant that can be operated independently. This ship can help the program of the ministry of energy and mineral resources (ESDM) for the distribution of electricity from PLN to the area that has not been electrified, and achieve the development of 35,000 MW of electricity in all regions of Indonesia. This research is to design a ship power plant to supply the electricity for 1,439 houses in Kangean Island which requires electricity power of 647,63 kW. The type of ship designed is adopted landing ship tank (LST) with the main dimension of length = 23.68 m, width = 7.8m, height = 2.7 m, draught = 1.9 m and equipped with 8 generators set of 1,320 kW.

Keywords : *Ship Power Plant, Kangean Island, LST.*

Abstrak

Pulau Kangean merupakan salah satu daerah di Jawa Timur, Indonesia yang masih belum dialiri listrik dikarenakan daerah tersebut berada di pedalaman yang tidak bisa diakses dari jalur darat. Untuk mensuplai kebutuhan listrik di daerah tersebut maka salah satu alternatif solusi adalah dengan membuat *ship power plant* yang bisa dioperasikan secara independen. Kapal ini dapat membantu program kementerian energi dan sumber daya mineral (ESDM) dalam penyaluran listrik dari PLN ke wilayah terpencil dan pencapaian pembangunan listrik sebesar 35,000 MW di seluruh wilayah Indonesia. Penelitian ini menghasilkan desain *ship power plant* untuk mensuplai listrik ke 1,439 rumah di pulau Kangean yang membutuhkan daya sebesar 647,63 kW. Kapal yang didesain mengadopsi tipe kapal *landing ship tank* (LST) dengan ukuran utama yaitu: panjang = 23.68 m, lebar = 7,8 m, tinggi = 2.7 m, dan sarat = 1.9 m dan dilengkapi dengan 8 unit generator dengan total daya 1,320 kW

Kata kunci : *Ship Power Plant, Pulau Kangean, LST*

1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Lebih dari 12.659 desa di Indonesia yang belum memperoleh akses listrik dari jaringan Perusahaan Listrik Negara, bahkan 2.519 desa diantaranya belum teraliri listrik sama sekali[1]. Sehingga pada permasalahan krisis listrik ini, Presiden Joko Widodo meresmikan operasional pembangkit listrik di atas kapal (terapung) pada tanggal 8 Desember 2015 yaitu

kapal karadeniz *ship power plant* yang disewa oleh pemerintah dari Turki. Kapal ini adalah kapal pembangkit listrik bertenaga gas dengan menggunakan bahan bakar minyak diesel. Kapal ini pertama kali dioperasikan pada daerah Amurang, Minahasa Selatan, Sulawesi Utara sebesar 125 MW. Hal ini dilakukan karena *ship power plant* merupakan solusi yang paling cepat untuk mengatasi kekurangan daya listrik yang dialami beberapa daerah Indonesia. Beberapa lokasi yang mendapatkan pasokan listrik dari *ship power plant* di antaranya:

Sumatera Bagian Utara 240 Mw, Kupang 60 Mw, Ambon 60 Mw, dan Lombok 60 Mw [2].

Saat ini kapal pembangkit listrik atau *ship power plant* yang beroperasi di Indonesia terdapat 4 unit kapal dan akan habis kontraknya pada tahun 2021 [2]. Selama belum ada pembangkit listrik baru yang mencukupi, maka listrik dari *ship power plant* masih dibutuhkan. Karena kemampuan mobilitasnya, kapal pembangkit listrik ini menjadi solusi cepat dalam penyediaan sumber listrik di daerah yang mengalami krisis sumber listrik dan sangat cocok di gunakan di negara kepulauan seperti Indonesia.

Namun demikian, masih terdapat satu juta lebih rumah tangga di seluruh wilayah Indonesia yang belum teraliri listrik. Wilayah terbanyak yang belum mendapatkan aliran listrik yaitu provinsi Jawa Timur yaitu 238.687 rumah tangga, sedangkan Papua 7.670 rumah tangga dan Papua Barat 3.135 rumah tangga. Hal ini disebabkan karena terkendalanya infrastruktur untuk mengalirkan listrik ke desa terpencil yang kondisi geografisnya sulit dijangkau dalam proses pengiriman peralatan listrik karena banyak akses jalan yang tidak memadai untuk dilalui kendaraan pengangkut material dan daya beli masyarakat yang belum merata [3].

Sehingga dari permasalahan di atas untuk mendukung langkah PLN dalam memenuhi kebutuhan aliran listrik di daerah yang belum teraliri listrik PLN, maka dilakukanlah penelitian tentang desain *ship power plant* untuk memenuhi kebutuhan listrik di pulau Kangean Jawa Timur. Pulau kangean sendiri dipilih karena sampai sekarang Kabupaten Kangean masih belum teraliri listrik, dimana daerah ini masih menggunakan alat pembangkit listrik mandiri seperti generator maupun menggunakan pembangkit listrik tenaga surya yang di pasang di atap-atap rumah warga.

Keunggulan lain dari desain *ship power plant* ini juga dapat dioperasikan di perairan dangkal, maka sangat cocok di gunakan untuk mengakses wilayah-wilayah di Indonesia terpencil yang belum teraliri listrik. Dalam

proses desain *ship power plant* ini menggunakan metode optimasi atau lebih dikenal dengan istilah metode kapal sejenis. Metode ini merupakan salah satu bentuk metode yang digunakan dalam mendesain kapal. Hasil desain akan dijadikan sebagai patokan dalam membangun *ship power plant* guna memenuhi kebutuhan listrik Pulau Kangean Jawa Timur.

2. Metode Penelitian

Metode penelitian dimulai dari pengumpulan data ukuran utama kapal LCT 75 GT yang dijadikan sebagai acuan kapal. Kelebihan dari kapal 75 GT adalah memiliki sarat yang relatif lebih rendah sehingga dapat menjangkau perairan dangkal.

Tabel 1. Ukuran Utama Kapal

Dimesi kapal LCT 75 GT	Nilai dan satuan
Loa	23.68 m
Lwl	20.45 m
Lpp	18.45 m
B	7.8 m
H	2.7 m
T	1.9 m
Vs	4,1 m/s

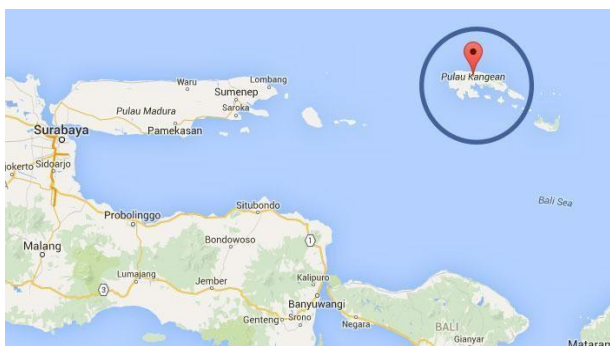
Tahapan selanjutnya dilakukan desain awal *ship power plant*, kemudiandilakukan penghitungan besar daya generator untuk pasokan listrik ke rumah warga. penggambaran *lines plan* (rencana garis) serta rencana umum kapal

3. Hasil Penelitian

3.1. Lokasi Pendistribusian Listrik

Dalam melakukan proses dasain kapal, hal pertama yang dilakukan adalah menentukan penempatan lokasi yang dituju atau jalur operasi kapal. Lokasi yang di pilih adalah Pulau Kangean, Jawa Timur.

Perhitungan kebutuhan daya listrik per unit rumah memakai PUIL (persyaratan umum instalasi listrik) sebagai acuan yang menjadi Standar Nasional Indonesia (SNI).



Gambar 1. Pulau Kangean Jawa Timur

Dalam penentuan besar daya generator harus diperhitungkan juga aspek berat dari generator sehingga tidak menimbulkan *over load* pada muatan kapal, selain itu, generator juga harus memiliki kebisingan yang rendah, getaran yang rendah, dan konsumsi bahan bakar yang rendah. Adapun perhitungan besar daya generator dan jumlah unit rumah untuk pemenuhan pasokan listrik pulau Kangean yaitu:

$$\begin{aligned}\text{Daya Generator Total} &= 165 \times 8 \quad \text{Kw} \\ &= 1320 \text{Kw}\end{aligned}$$

Setelah mendapatkan daya generator total, selanjutnya dilakukan perhitungan besar daya generator operasional (*service rating*), *service rating* didapatkan dengan cara daya total generator dikurangi *safety factor* 15 %, mengingat bahwa generator merupakan mesin yang tidak boleh dioperasikan terus-menerus pada daya maksimum (*full Power*) sehingga diberikan *safety factor* sebesar 15%. *Service rating* generator yaitu:

$$\begin{aligned}\text{Service Rating} &= (\text{Daya Generator Total}) - 15\% \\ &= 1320 \text{ Kw} - (15/100 \times 165) \\ &= 1295.25 \text{ Kw}\end{aligned}$$

Over heat pada mesin sering terjadi dikarenakan jam operasional mesin yang terlalu lama, sehingga untuk menghindari agar generator tidak *over heat*, maka pengoperasian generator diatur berdasarkan sistem *switch*, artinya dalam 24 jam, ke delapan generator akan dioperasikan bergantian setiap 12 jam sekali, besar daya generator berdasarkan sistem *switch* yaitu:

$$\begin{aligned}\text{Sistem Switch 12 Jam} &= 1295.25 \text{ Kw} / 2 \\ &= 647.625 \text{ Kw} \\ &= 647625 \text{ Watt}\end{aligned}$$

Setelah didapatkan besar daya generator, selanjutnya akan dilakukan perhitungan distribusi daya ke tiap-tiap rumah, standar minimal besaran daya listrik dari PLN ke unit rumah adalah 450 watt, sehingga total jumlah rumah yang dapat disuplai listrik dari generator yaitu:

$$\begin{aligned}\text{Jumlah unit rumah} &= 647625 \text{ watt} / 450 \text{ watt} \\ &= 1439 \text{ unit rumah}\end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan di atas maka didapatkan jumlah rumah yang dapat di suplai adalah 1439 unit rumah. Sehingga, besar daya generator yang dibutuhkan dalam mensuplai listrik di Pulau Kangean adalah sebesar 1320 Kw

3.2. Rute Pelayaran

Penentuan homebase *ship power plant* berada di Surabaya dimana jarak dari Surabaya ke pulau kangean adalah 172 *nautical miles*. Rute pelayaran yang di tentukan pada penelitian ini yaitu: Surabaya-Kangean-Surabaya sehingga rute pelayaran di kalikan 2 dengan asumsi setiap sekali seminggu kapal akan kembali ke Surabaya untuk mengisi konsumsi bahan bakar generator dan mesin utama kapal yang digunakan. Jadi rute pelayaran adalah $172 \times 2 = 344 \text{ nautical miles}$

3.3. Generator Muatan Kapal

Karena daerah pengoperasian merupakan daerah pesisir laut sehingga generator yang dipilih harus memiliki spesifikasi *marine use*, sehingga Generator yang di gunakan adalah *Cummins* TPD188C5-1 dengan kapasitas 165 Kw, berjumlah 8 buah generator, dengan frekuensi 50 Hz dan kecepatan putaran generator sebesar 1500 r/min. Adapun data spesifikasi generator sebagai berikut.

Tabel 2. Dimensi Generator Pembangkit

Dimesion Cummins TPD188C5-1	Nilai Dan Satuan
Ukuran	3250x1100x1550 mm
Berat	2180 kg
Daya generator	165 kw
Kecepatan putaran	1500 (r/min)
Frekuensi	50 Hz
jumlah	8

Sumber : Tontek Power2019 [4]

3.4. Penentuan Konsumsi Bahan Bakar Generator

Sektor pelayaran khususnya kapal merupakan kontributor yang signifikan terhadap emisi karbon global dan di tahun 2014 telah menyumbang sekitar 2,9% dari total emisi dunia [5], sehingga sangat penting untuk memilih produk mesin dengan tingkat emisi yang rendah, emisi yang rendah sangat erat kaitannya dengan konsumsi bahan bakar yang rendah pula.

Penentuan pembangkit listrik yang di gunakan adalah generator yang berbahan bakar solar karena sangat cocok di gunakan pada mesin diesel. Dalam penentuan jumlah bahan bakar yang digunakan atau *specific fuel oil consumption* (SFOC) yaitu:

$$\begin{aligned} \text{SFOC} &= 215 \text{ g/kw.h} \\ &= 0.215 \text{ kg/kw.h} \\ &= 0.000215 \text{ ton/kw.h} \end{aligned}$$

Jumlah konsumsi bahan bakar (kbb) generator selama 12 jam yaitu

$$\begin{aligned} \text{kbb} &= \text{SFOC} \times \text{Daya Generator} \times 12 \text{ jam} \\ &= 0.215 \text{ kg/kW.h} \times 165 \text{ kW} \times 12 \text{ jam} \\ &= 425,7 \text{ kg/kW.h} \\ &= 0,4257 \text{ ton/kW.h} \end{aligned}$$

Konsumsi bahan bakar kemudian ditambahkan dengan margin 15 % sebagai cadangan bahan bakar dikapal

$$\begin{aligned} \text{Konsumsi Bahan Bakar} &= 0.4257 \text{ ton} \\ \text{Margin 15\%} &= 0.4257 \text{ ton} + (1.5 \times 0.4257) \\ &= 0.4895 \text{ ton} \end{aligned}$$

Dengan generator 8 unit = 3.9164 ton

Sehingga untuk pemakaian bahan bakar 8 unit generator yang bekerja selama 12 jam dengan 4 generator menyala secara bergantian maka membutuhkan bahan bakar sebesar 3.9164ton solar.

3.5. Penentuan Ukuran Utama Kapal

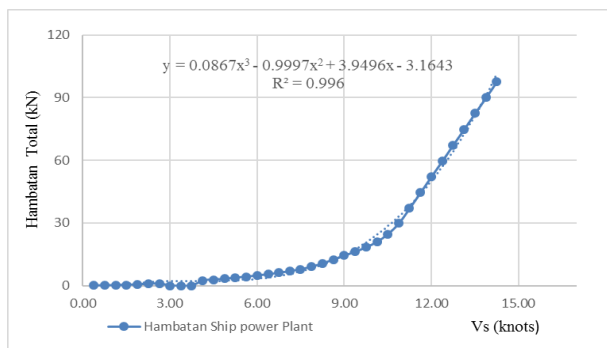
Data ukuran utama kapal diperoleh dari acuan dimensi ukuran utama kapal LCT 75 GT, kapal yang sebelumnya di desain dengan muatan truk dan alat berat akan di desain ulang dengan muatan generator.

Tabel 3. Ukuran Utama Kapal

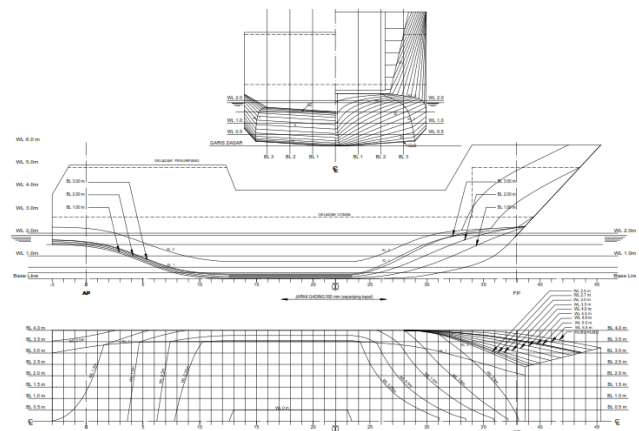
Dimesi kapal	Nilai dan satuan
Loa	23.68 m
Lwl	20.45 m
Lpp	18.45 m
B	7.8 m
H	2.7 m
T	1.9 m
Vs	4,1 m/s

3.6. Penentuan Hambatan Kapal

Secara teoritis, hambatan kapal pada suatu kecepatan merupakan gaya fluida yang bekerja sehingga melawan gerakan kapal tersebut [6]. Sementara faktor terbesar yang menambah hambatan kapal adalah besarnya gelombang dan angin, hal ini akan sangat berpengaruh terhadap penurunan kecepatan jelajah kapal [7]. Penentuan hambatan menggunakan software *maxsurf resistances* edangkan metode yang digunakan menggunakan metode *holtrop* dengan CT (koefisien hambatan total) sebesar 3.5 sehingga hambatan total kapal sebesar 11.77818kN. Besar daya mesin yang dibutuhkan untuk melawan hambatan total kapal sebesar 320 Hp.



Gambar 2. Grafik Hubungan Hambatan dengan Kecepatan *Ship Power Plant*



Gambar 3. *Lines Plan*

3.7. Pemilihan Motor Induk

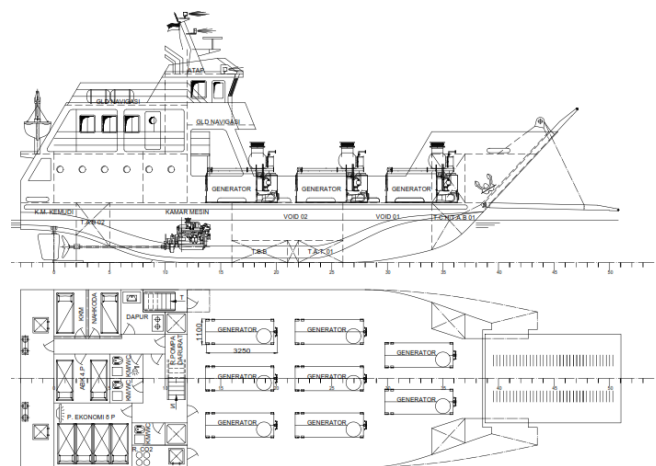
Pemilihan motor induk dilakukan setelah nilai hambatan total kapal didapatkan. Adapun dimensi dan spesifikasi mesin yang digunakan adalah sebagai berikut.

Tabel 4. Dimensi dan Spesifikasi Mesin Induk

Mesin induk	Nilai	Satuan
Type	6NY16LW	
Daya mesin	320	Hp
Engine speed	1950	rpm
Ukuran	1585x1016x1260	mm
Berat	1.455	ton

Sumber : Yanmar 2019 [8]

Setelah pembuatan *lines plan* selesai, selanjutnya dilakukan pembuatan rencana umum. Rencana Umum didefinisikan sebagai perencanaan ruangan yang dibutuhkan sesuai dengan fungsi dan perlengkapan kapal.



Gambar 4. Rencana Umum Kapal

3.8. DisplacementKapal

Displacement kapal sendiri merupakan bobot keseluruhan kapal dengan seluruh isi muatannya, adapun *displacement* kapal desain yaitu:

$$Displacement = L \times B \times T \times Cb \times 1,025$$

$$= 20,45 \times 7,8 \times 1,9 \times 0,6 \times 1,025$$

$$= 186,387 \text{ ton}$$

Sehingga total *displacement* kapal adalah 186,387ton

3.9 Lines Plan dan Rencana Umum Kapal

Lines plan (rencana garis) dan rencana umum kapal merupakan suatu hal yang sangat penting dan wajib ada sebelum kapal dibangun [9]. *Lines plan* berguna untuk mendapatkan desain kapal yang optimum. Pada pembuatan *lines plankapal* ini digunakan *software Maxsurf* yang kemudian dikonversikan ke *software AutoCAD*

4. Kesimpulan

Dari hasil perhitungan dan analisis yang telah dilakukan, maka besaran daya listrik dari 8 generator kapal desain sebesar 1320 kW, sedangkan besar daya yang digunakan untuk suplai ke 1439 rumah warga sebesar 647.63 Kw. Ukuran utama *Ship Power Plant* desain yaitu: Loa = 23.68 m, Lwl = 20.45 m, Lpp = 18.45 m, B= 7,8 m, H = 2.7 m, T = 1.9 m. *Displacement* kapal adalah 186,387 ton

5. Saran

Diperlukan adanya penelitian lebih lanjut terkait perencanaan blok diagram kelistrikan

dari instalasi *ship power plant* untuk distribusi daya ke rumah penduduk.

6. Daftar Pustaka

- [1] Winarto. Y. (2016, Feb.26). Ada 12.659 desa tertinggal belum terakses listrik [online]. Available <https://industri.kontan.co.id/news/ada-12659-desa-tertinggal-belum-terakses-listrik>
- [2] Ananta. Y. (2019, May.6). PLN: Kapal Pembangkit Listrik Dipakai Hingga 2021 [online]. Available <https://www.cnbcindonesia.com/news/20190506161646-4-70772/pln-kapal-pembangkit-listrik-dipakai-hingga-2021>
- [3] Setiawan. S. R. D. (2019, Mar.6). PLN: Masih Ada 1,8 Juta Rumah Tangga Belum Teraliri Listrik, Ini PR PLN [online]. Available <https://money.kompas.com/read/2019/03/30/095041026/masih-ada-18-juta-rumah-tangga-belum-teraliri-listrik-ini-pr-pln>
- [4] Tontek Power, “*Technical Specification for Cummins Industrial Type Generator Set Rated Power 150KW/188KVA TPD188C5-1*,” China, 2019.
- [5] F. Ahlgren, M. E. Mondejar, and M. Thern, “*Predicting Dynamic Fuel Oil Consumption on Ships with Automated Machine Learning*,” *J. Energy Procedia.*, vol. 158, pp. 6126–6131, 2019.
- [6] Rosmani, A., & Algan, M. (2011). Prediksi Tahanan Kapal Cepat Dolpin Dengan Metode Eksperimen. *jurnal Teknik Universitas Hasanuddin* Vol.8, No. 15, 2013.
- [7] M. Kim, O. Hizir, O. Turan, S. Day, and A. Incecik, “*Estimation of added resistance and ship speed loss in a seaway*,” *J. Ocean Engineering.*, vol. 141, pp. 465–476, Sep. 2017.
- [8] Yanmar, “*YANMAR 6NY16LW Generator Capacity 180 - 400 kWe*,” Japan, 2019.
- [9] C P.F.Shields, M. J.Sypniewski, and D. J.Singer, “*Characterizing general arrangements and distributed system configurations in early-stage ship design*,” *J. Ocean Engineering.*, vol. 163, pp. 107–114, Sep. 2018.