

Perencanaan Sistem Pembangkit Listrik *Hybrid* (Panel Surya dan Diesel Generator) Pada Kapal KM.Kelud

Prian Gagani Chamdareno¹, Eko Nuryanto², Erwin Dermawan³

^{1,2,3} Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Jakarta

^{1,2,3} Jl. Cempaka Putih Tengah 27 no 47 Jakarta 10510

email : prian.gagani@ftumj.ac.id

Abstrak

Energi menjadi salah satu isu yang dihadapi oleh Indonesia saat ini bahkan dunia, karena ketidakseimbangan antara ketersediaan energi dengan kebutuhannya. Isu lainnya adalah pemanasan global, dimana Indonesia dalam Konferensi Tingkat Tinggi (KTT) Perubahan Iklim di Paris, Perancis tahun 2015 lalu (COP21) telah berkomitmen untuk menurunkan emisi bersama dengan negara-negara lainnya. Penggunaan bahan bakar fosil sebagai sumber energi saat ini masih menjadi prioritas utama. Akibatnya, kondisi ketersediaan bahan bakar fosil didalam perut bumi akan menjadi semakin cepat menipis. Selain itu, penggunaan bahan bakar fosil merupakan salah satu penyebab global warming dan hujan asam akibat emisi gas yang dihasilkan dan dibuang ke lingkungan. Secara geografis Indonesia terletak diantara dua samudera yaitu Samudra Pasifik dan Samudra Hindia, dan menghubungkan benua Asia dan benua Australia. Indonesia adalah sebuah negara kepulauan berdasarkan konvensi UNCLOS tahun 1982. Indonesia memiliki lebih dari 17 ribu pulau, dengan garis pantai lebih dari 99.000 km, sehingga menjadikan Indonesia sebagai negara dengan garis pantai terpanjang ke dua di dunia setelah Kanada. Indonesia memiliki wilayah laut yang sangat luas, dimana 2/3 dari wilayah negara ini adalah laut. Potensi untuk pembangkit hybrid pada kapal sangatlah menjanjikan. Dengan Sistem pembangkit listrik hybrid (PV dan Generator) ini bertujuan untuk menghemat bahan bakar dan gas buang emisi pada kapal KM.Kelud ketika bersandar di Pelabuhan Tanjung Priok.

Kata Kunci: Homer, Hybrid PV dan Generator

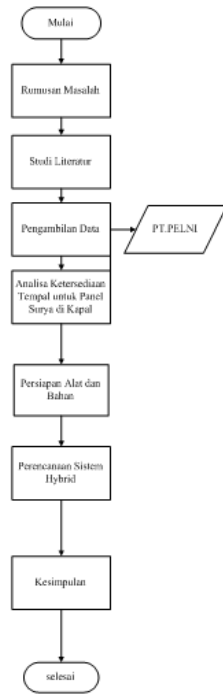
1 PENDAHULUAN

Sistem pembangkit listrik hybrid (sel surya dan diesel generator) merupakan salah satu alternatif solusi dari dampak negatif sistem pembangkit konvensional pada kapal – kapal di Indonesia. [1]. Energi menjadi salah satu isu yang dihadapi oleh Indonesia saat ini bahkan dunia, karena ketidakseimbangan antara ketersediaan energi dengan kebutuhannya. Isu lainnya adalah pemanasan global, dimana Indonesia dalam Konferensi Tingkat Tinggi (KTT) Perubahan Iklim di Paris, Perancis tahun 2015 lalu (COP21) telah berkomitmen untuk menurunkan emisi bersama dengan negara-negara lainnya. Penggunaan bahan bakar fosil sebagai sumber energi saat ini masih menjadi prioritas utama. Akibatnya, kondisi ketersediaan bahan bakar fosil didalam perut bumi akan menjadi semakin cepat menipis. Bakar fosil merupakan salah satu penyebab *global warming* dan hujan asam akibat emisi gas yang dihasilkan dan dibuang ke lingkungan.

Indonesia memiliki lebih dari 17 ribu pulau, dengan garis pantai lebih dari 99.000 km, sehingga menjadikan Indonesia sebagai negara dengan garis pantai terpanjang ke dua di dunia setelah Kanada. Indonesia memiliki wilayah laut yang sangat luas,

dimana 2/3 dari wilayah negara ini adalah laut., Dengan luasnya wilayah laut Indonesia maka potensi untuk pembangkit hybrid pada kapal sangatlah menjanjikan. Secara historis, Indonesia dan maritim memang tidak dapat dipisahkan satu sama lain [2]. Indonesia dikenal sebagai negeri seribu pulau dan situasi inilah menyebabkan penyebaran sistem tenaga listrik yang tidak merata disetiap wilayah dan memaksa pulau-pulau terpencil untuk menggunakan generator diesel guna memperoleh sumber daya listrik [3]. Dibandingkan dengan sumber energi lain, energi matahari memiliki banyak keuntungan [4]. Energi matahari harus dikonversi ke energi listrik untuk bisa digunakan pada peralatan [5].

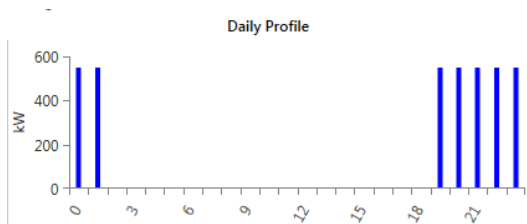
2 METODE PENELITIAN



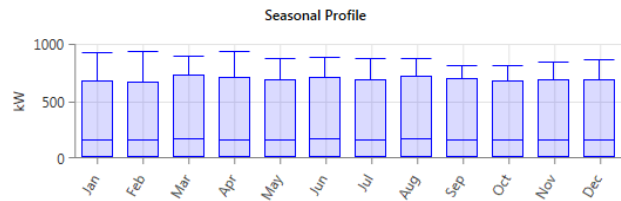
Gambar 1 Diagram alir.

Software HOMER adalah suatu perangkat lunak yang digunakan untuk operasi model system pembangkit listrik skala kecil (micropower), perangkat lunak ini mempermudah evaluasi disain sistem pembangkit listrik untuk berbagai jenis pembangkit listrik skala kecil baik yang tersambung ke jaringan listrik atau pun tidak. Perangkat Lunak ini melakukan perhitungan keseimbangan energi untuk setiap konfigurasi sistem yang akan dipertimbangkan. Kemudian menentukan konfigurasi yang layak, apakah dapat memenuhi kebutuh listrik di bawah kondisi yang ditentukan, perkiraan biaya modal, penggantian, operasi dan pemeliharaan, bahan bakar, dan bunga. Kelebihan perangkat lunak ini adalah penggunaannya mudah, bisa mensimulasi, mengoptimasi suatu model kemudian secara otomatis bisa menemukan konfigurasi system optimum yang bisa mensuplai beban dengan biaya sekarang (NPC) terendah, dan bisa menggunakan parameter sensitifitas untuk hasil yang lebih bagus dan akurat.

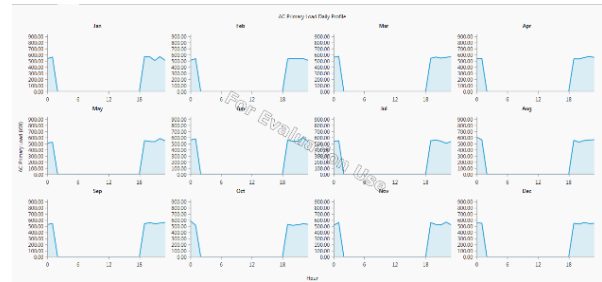
Data beban listrik yang didapatkan oleh enulis ketika kapal KM.Kelud bersandar di pelabuhan Tantung priok selama pukul 19.00 – 01.00 WIB.



Gambar 2 Grafik beban harian.



Gambar 3 Grafik beban bulanan.



Gambar 4 Grafik beban setahun.

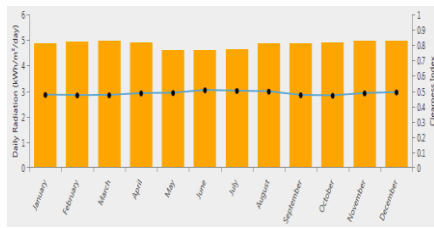
Titik kordinat Pelabuhan Tanjung Priok ($6^{\circ}5.5'S$, $106^{\circ}53.9'E$) diperoleh dari NASA melalui koneksi internet tentang letak garis lintang dan bujur berdasarkan zona waktu yang telah ada. Data indeks kecerahan rata-rata sebesar 0,484 dan radiasi sinar matahari rata-rata sebesar $4,84 \text{ kWh/m}^2/\text{day}$

Tabel 1 Rata-rata radiasi matahari.

Monthly Average Solar Global Horizontal Irradiance

Month	Clearness Index	Daily Radiation (kWh/m ² /day)
January	0.475	4.860
February	0.471	4.950
March	0.472	4.970
April	0.484	4.900
May	0.487	4.620
June	0.505	4.600
July	0.500	4.630
August	0.496	4.860
September	0.472	4.870
October	0.469	4.900
November	0.485	4.970
December	0.491	4.960

Annual Average (kWh/m²/day): 4.84



Gambar 5 Indeks kecerahan dan radiasi sinar matahari.

Data kapal KM.Kelud yang didapatkan oleh penulis adalah sebagai berikut:

- Panjang Kapal: 146,50 m
- Lebar Kapal: 23,40 m
- Kecepatan: 23,40 knot
- Beban Listrik Ketika bersanadar: 548 kWh
- Rute Pelayaran: Tanjung Priok- Pulau Batam – Tanjung Balai Karimum – Belawan
- Generator: 4 unit TAIYO 1000kva, 800kw, 380v, 50Hz

Tabel 2 Potensi Pemasangan Panel Surya.

Lokasi	Jumlah Panel	Daya Panel (WP)	Total (WP/jam)	Total (WP/hari)
Belakang Cerobong	88	250	22.000	110.000
Roof top kafe	96	250	24.000t	120.000
Roof top deck 6	56	250	14.000	70.000
Roof top samping kanan dan kiri deck 6	78	250	19.500	97.500
Total	314		78.500	397.500

Dengan lama waktu penyinaran matahari di Indonesia rata-rata selama 12 jam dan lama penyinaran maksimum diasumsikan selama 5 jam per hari. Maka daya yang dapat dihasilkan panel surya adalah 392.500 kW per hari.

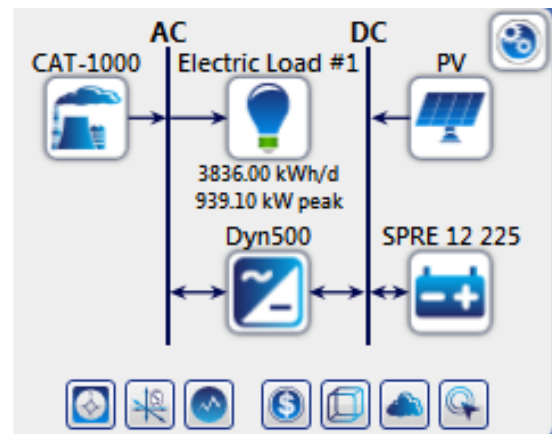
Untuk menunjang system hybrid pada kapal KM.Kelud maka diperlukan instalasi system pembangkit listrik hybrid. Secara garis besar ada tiga tipe dari Sistem Hybrid. Yang pertama adalah Series Hybrid System, kedua Parallel Hybrid System, dan ketiga Series Parallel Hybrid System [6].

Tabel 3 Spesifikasi instalasi.

No	Nama	Spesifikasi	Jumlah
1	Panel Surya Royal PV Mono	250Wp	314
2	Solar Charge Controller Deming 480V200A	200A	3
3	Baterai SPRE 12 225	12 V 225 ah	150
4	Converter Kaco XP500U-TL	500Kw	1

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil simulasi dengan menggunakan perangkat lunak HOMER maka diperoleh *optimization results* dari sistem PLTH diesel generator dan panel surya sebagai berikut.



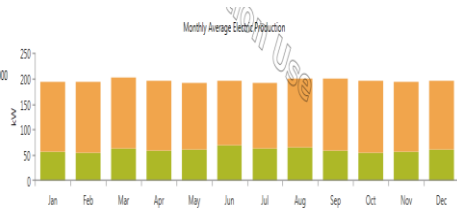
Gambar 6 Rangkaian Hybrid pada Simulasi Homer.

Tabel 4 Hasil dari simulasi.

Sensitivity Cases											
Left Click on a sensitivity case to see its Optimization Results											
Architecture						Cost			System		
SW500	SW500+APPT	CAT-1000	SPRE 12 225	Dyn500	Dispatch	COE (\$/kWh)	NPC (\$)	Operating cost (\$/yr)	Initial capital (\$)	Res. Freq. (%)	Total Fuel (\$/yr)
500	500	800	1.170	1.232	LF	\$0.0778	\$1.43M	\$62.129	\$581.266	62.2	\$56.762
CAT-1000						SW500			SPRE 12 225		
Production (kWh/yr)	Fuel (\$/yr)	COE (\$/kWh)	Fuel Cost (\$/yr)	Capital Cost (\$)	Production (kWh/yr)	Autonomy (%)	Annual Throughput (kWh/yr)	Nominal Capacity (kW)	Usable Nominal Capacity (kWh)	Rectifier Mean Output (kW)	Inverter Mean Output (kW)
1393	528.660	156.702	0	62.713	95.014	1.181.697	24.1	1.180.065	4.808	3.947	145

Tabel diatas adalah hasil paling *optimization results* yang didapatkan dari simulasi HOMER.

Hasil Produksi pada setiap komponen-komponen sebagai berikut:



Gambar 7 Grafik Produksi Energi Listrik pada Sistem.

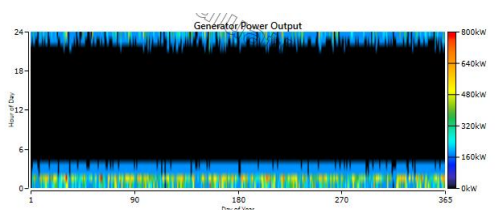
Grafik di atas menunjukkan rata-rata produksi energi listrik masing-masing komponen. Parameter keluaran yang terdapat pada grafik di atas adalah generator (hijau), panel surya (kuning). Total produksi listrik yang dihasilkan oleh sistem panel surya rata-rata pertahun sebesar 1,191,637 kWh.

Excess electricity atau kelebihan listrik yang terdapat pada sistem ini adalah sebesar 14771 kWh pertahun atau 0,863%. Kelebihan listrik ini adalah selisih total produksi energi listrik selama satu tahun yang dihasilkan oleh sistem dan total beban yang disuplai. *Renewable Fraction* pada sistem sebesar 62.2 %. *Renewable Fraction* adalah persentase jumlah energi terbarukan pada sistem.

Tabel 5 Presentasi produksi listrik.

Nama Item	kWh/tahun	%
PV	1,181,637	69.0
Generator	529,660	31.0
Total	1,711,297	100

Daya nominal Generator adalah sebesar 200 kW dengan total produksi energi pertahun sebesar 529.660 kWh. Generator dirancang untuk menyuplai beban dan sebagian beban dilayani oleh energi angin atau surya [7]. Generator set di kapal menjadi tenaga utama yang mencukupi kebutuhan listrik pada kapal [8].

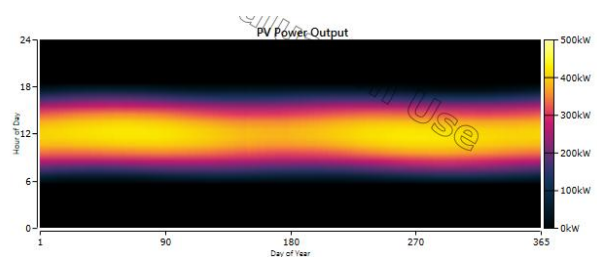


Gambar 8 Daya yang dihasilkan Generator.

Gambar diatas merupakan Daya yang dihasilkan Generator yang terjadi selama setahun yang terjadi dalam rentang waktu 24 jam dengan hasil simulasi yang menunjukkan bahwa daya output sebesar 200 kW dengan total produksi energi pertahun sebesar 529.660 kWh.

Tabel 6 Parameter keluaran Generator.

Quantity	Value	Units
<i>Mean Output</i>	267	kW
<i>Capacity Factor</i>	7,56	%
<i>Total Production</i>	529,660	kWh/tahun
<i>Minimum Output</i>	200	kW
<i>Maximum Output</i>	800	kW
<i>Hours of Operation</i>	1.983	jam/tahun



Gambar 9 Daya yang dihasilkan PV

PV hanya dapat bekerja pada saat ada radiasi matahari [9]. Gambar diatas merupakan Daya yang dihasilkan oleh PV yang terjadi selama setahun yang terjadi dalam rentang waktu 24 jam dengan hasil simulasi yang menunjukkan bahwa daya output akan maksimal pada pukul 10.00-15.00 dengan total produksi energi pertahun sebesar 1,181,637 kWh/tahun. Shunt controller juga memiliki blocking diode untuk menghindari arus dari arus balik dari baterai ke solar cells pada malam hari [10].

Tabel 7 Parameter keluaran Panel Surya.

Quantity	Value	Units
<i>Mean Output</i>	135	kW
<i>Mean Output</i>	3,237	kWh/hari
<i>Capacity Factor</i>	27,0	%
<i>Total Production</i>	1,181,63	kWh/tahun
<i>Minimum Output</i>	0	kW
<i>Maximum Output</i>	429	kW
<i>PV Penetration</i>	84,4	%
<i>Hours of Operation</i>	4.406	jam/tahun

Dari hasil simulasi yang dilakukan kepada kedua konfigurasi sistem, maka didapatkan perbandingan dari parameter yang telah ditentukan

Tabel 8 Parameter Konsumsi Bahan Bakar (Hybrid)

Quantity	Value	Units
Total fuel consumed	156.782	L
Avg fuel per day	430	L/day
Avg fuel per hour	17.9	L/hour

Tabel 9 Parameter Konsumsi Bahan Bakar (NonHybrid).

Quantity	Value	Units
Total fuel consumed	763.221	L
Avg fuel per day	2.091	L/day
Avg fuel per hour	87.1	L/hour

Maka persentase penurunan bahan bakar adalah:

$$156,782 : 763,221 \times 100\% = 20,5 \text{ atau } 20,5\%$$

Dari hasil simulasi yang dilakukan kepada kedua konfigurasi sistem, maka didapatkan perbandingan dari parameter yang telah ditentukan

Tabel 10 Parameter Gas Buang (emisi) (Hybrid).

Quantity	Value	Units
Carbon Dioxide	414.353	kg/yr
Carbon Monoxide	281	kg/yr
Unburned Hydrocarbons	9.41	kg/yr
Particulate Matter	18.8	kg/yr
Sulfur Dioxide	1.028	kg/yr
Nitrogen Oxide	2.643	kg/yr

Tabel 11 Parameter Gas Buang (emisi) (NoHybrid).

Quantity	Value	Units
Carbon Dioxide	2.017.087	kg/yr
Carbon Monoxide	1.366	kg/yr
Unburned Hydrocarbons	45.8	kg/yr
Particulate Matter	91.6	kg/yr
Sulfur Dioxide	5.006	kg/yr
Nitrogen Oxide	12.868	kg/yr

Maka Parameter Penurunan emisi adalah:

$$414.353 : 2.017.087 \times 100\% = 20,5 \text{ atau } 20,5\%$$

4 KESIMPULAN

Hasil analisis yang telah dilakukan pada software HOMER, dapat diambil kesimpulan bahwa total produksi listrik yang di hasilkan pada system hybrid PLTD-PLTS pertahun yaitu sebesar 1,711,297 kWh/tahun. Dimana kontribusi PLTS terhadap sistem PLTH sebesar 69.0 % atau 1,181,637 kWh/tahun. Sedangkan PLTD 31.0 % atau 529,660 kWh/tahun. Kelebihan energinya selama setahun sebesar 14.771 kWh/tahun.

Dampak lingkungan dapat dikurangi dengan menerapkan sistem PLTD-PLTS. Emisi CO² yang dihasilkan pada sistem ini adalah sebesar 414.353 kg/tahun, sedangkan ketika tidak menerapkan sistem hybrid Gas emisi adalah sebesar 2.017.087 kg/tahun terjadi penurunan jumlah emisi CO² sebesar 1.602.734 kg/tahun atau turun sebesar 20,5 %.

Dengan menerapkan sistem PLTD-PLTS maka konsumsi bahan bakar dapat dihemat. Bahan bakar yang dapat dihemat adalah sebesar 156.782 L sedangkan konsumsi bahan bakar sebelum menerapkan sistem PLTD-PLTS adalah sebesar 763.221 L atau hemat sebesar 20,5 %.

Sistem hybrid ini memiliki nilai NPC \$ 1.407.361.00, biaya listrik \$ 0.07776 per kWh, Biaya operasi \$ 63.128.53

Diharapkan perkembangan dunia perkapalan dapat berkembang dengan system terbaru hybrid tidak hanya mengutamakan bahan bakar fosil. Penelitian ini masih jauh dari kata sempurna oleh sebab itu penulis mengharapakan penelitian ini

dikembangkan lagi secara mendalam dengan kajian yang lebih lengkap.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. P. Putri and E. S. Koenhardono, "Perencanaan Sistem Pembangkit Listrik Hybrid (Sel Surya dan Diesel Generator) Pada Kapal Tanker," *Jurnal Teknik ITS*, vol. 5, no. 2, pp. B394–B399, 2016.
- [2] "Refleksi Indonesia Sebagai Negara Maritim | GEOTIMES." [Online]. Available: <https://geotimes.co.id/opini/refleksi-indonesia-sebagai-negara-maritim/>. [Accessed: 31-Mar-2019].
- [3] I. T. Utomo, "Studi analisis pembangkit listrik hybrid (diesel-angin) di pulau karimun jawa," *jurnal mahasiswa teub*, vol. 2, no. 5, 2014.
- [4] B. Budiyanto and F. Fadliandi, "The Improvement of Solar Cell Output Power Using Cooling and Reflection from Mirror," *International Journal of Power Electronics and Drive Systems (IJPEDS)*, vol. 8, no. 3, p. 1320, Sep. 2017.
- [5] F. Fadliandi, H. Isyanto, and B. Budiyanto, "Bypass Diodes for Improving Solar Panel Performance," *International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE)*, vol. 8, no. 5, p. 2703, Oct. 2018.
- [6] "3 Sistem Hybrid Pada Mobil." .
- [7] P. G. Chamdareno and H. Hilal, "Analisa Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid PLTD-PLTS di Pulau Tunda Serang Banten," *RESISTOR (elektRONika kEndali telekomunikaSI tenaga liSTrik kOmputeR)*, vol. 1, no. 1, 2018.
- [8] R. H. B. I. Purba, E. S. Hadi, and U. Budiarto, "ANALISIS OPTIMASI PENENTUAN KAPASITAS DAYA GENERATOR PADA KAPAL KM. SINABUNG," *Jurnal Teknik Perkapalan*, vol. 3, no. 2, 2015.
- [9] S. Soediby and D. Hendrawati, "DESAIN SISTEM HIBRID PHOTOVOLTAIC-BATERAI MENGGUNAKAN BI-DIRECTIONAL SWITCH UNTUK CATU DAYA KELISTRIKAN RUMAH TANGGA 900VA, 220 VOLT, 50 HZ," *Prosiding SNST Fakultas Teknik*, vol. 1, no. 1, 2016.
- [10] "Jenis Solar Charge Controller Regulator." .