

ANALISIS PERENCANAAN SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK *HYBRID* (PLTS DAN DIESEL) PADA KAPAL TANKER

M. Aidil Akbar^{1*}, Amani Darma Tarigan², Dicky Lesmana³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Sains dan Teklonogi, Universitas Pembangunan Panca Budi, Medan

^{1,2,3}Jln. Jend. Gatot Subroto Km 4,5 Sei Sikambing, Medan, 20128, Sumatera Utara, Indonesia

email: ¹aidiel.akhbar@gmail.com

Abstract — *The hybrid power generation system (solar cells and diesel generator) is one of the alternative solutions to the negative impacts of conventional energy systems on ships in Indonesia. The use of this hybrid power generation system can support the development of environmentally friendly ship technology as global warming issues become more widespread. The advantages of implementing a hybrid power generation system include a reduction in fuel consumption by the generator and a simultaneous decrease in emissions from the ship. Choosing a hybrid system with solar power is particularly advantageous in Indonesia due to its abundant sunlight. This study employs technical and economic analytical methods to design a hybrid power generation system (solar cells and diesel generator). Technical and economic analyses are conducted using a tanker ship as the research object, comparing the hybrid power generation system with the conventional system widely used on ships in Indonesia. The research results indicate that the implementation of a hybrid power generation system on tanker ships results in a 15.5% annual fuel consumption saving compared to the use of conventional power generation systems. Therefore, due to the increased investment costs and reduced operational costs in the hybrid power generation system compared to the conventional system, the break-even point can be achieved in 3.69 years or equivalent to a total nominal cost of Rp 23,980,000,000.00 or \$1,803,007.52.*

Abstrak – Sistem pembangkit listrik hibrida (sel surya dan genset diesel) merupakan salah satu solusi alternative dampak negatif sistem tenaga konvensional pada kapal –kapal di Indonesia. Penggunaan sistem pembangkit listrik *hybrid* hal ini dapat mendukung pengembangan teknologi kapal ramah lingkungan hidup, ketika isu pemanasan global semakin meluas. Keuntungan penerapan sistem pembangkit listrik hibrida mengalami penurunan konsumsi bahan bakar generator sekaligus mengurangi emisi gas buang dari kapal. Pemilihan sistem *hybrid* dengan tenaga surya karena potensi sinar matahari yang dimiliki Indonesia meluap. Penelitian ini menggunakan metode analitis teknis dan ekonomis untuk melaksanakan desain sistem pembangkit listrik *hybrid* (sel surya dan generator diesel). Analisis teknis dan ekonomi dilakukan dengan menggunakan objek Penelitian kapal tanker dengan membandingkan pembangkit listrik sistem *hybrid* dengan sistem yang konvensional yang saat ini banyak digunakan di kapal di Indonesia. Dari hasil penelitian penerapan pembangkit listrik sistem *hybrid* pada kapal tanker menghasilkan penghematan konsumsi bahan bakar sebesar 15,5% per tahun jika dibandingkan dengan penggunaan sistem pembangkit tenaga listrik konvensional. Oleh karena itu, sebagai akibat dari peningkatan biaya investasi dan mengurangi biaya operasional dalam sistem pembangkit listrik hibrida bila dibandingkan dengan sistem konvensional, maka *break event point* dapat

dicapai pada tahun 3,69 atau setara dengan nilai nominal total biaya sebesar Rp 23.980.000.000,00 atau \$1.803.007,52

Kata Kunci – Diesel Generator, *Hybrid*, Pembangkit Listrik, Sel Surya.

I. PENDAHULUAN

Penggunaan bahan bakar fosil sebagai sumbernya Energi saat ini masih menjadi prioritas utama. Akibatnya, kondisi ketersediaan bahan bakar fosil di dalam perut bumi akan semakin menipis. Di samping itu Bahwa, penggunaan bahan bakar fosil adalah salah satunya penyebab pemanasan global dan hujan asam akibat emisi gas diproduksi dan dibuang ke lingkungan [1].

Bagi semua kapal yang akan memasuki wilayah perairan negara yang telah meratifikasi Annex VI MARPOL, maka wajib memenuhi standar sesuai peraturan itu. Oleh karena itu, saat ini berbagai penelitian telah dilakukan untuk mengurangi emisi gas buang kapal adalah tindakan yang salah satunya adalah penggunaan sistem *hybrid* pada kapal. Sistem *hybrid* adalah konsep menggabungkan dua atau sumber energi yang lebih berbeda untuk memenuhi kebutuhan beban yang ada. Salah satu sistem pembangkit listrik *hybrid* yang berpotensi untuk dikembangkan pada kapal yang beroperasi di Indonesia adalah kombinasi sel surya (*Photovoltaic*) dengan generator diesel [2]. Hal ini disebabkan oleh letak geografis Indonesia terletak di wilayah khatulistiwa, jadi Wilayah Indonesia akan selalu disinari matahari selama 10-12 jam dalam sehari. Potensi sumber energi surya di Indonesia mencapai rata-rata 4,5 kWh per meter persegi per hari, Matahari bersinar sekitar 2000 jam per tahun, jadi Indonesia relatif kaya akan sumber energi surya.

Pembangkit listrik tenaga surya adalah sebuah teknologi generator dengan prinsip mengubah energi foton dari energi matahari diubah menjadi energi listrik. Konversi ini terjadi di panel surya yang terdiri dari sel surya (*Photovoltaic*). Sel-sel ini terbuat dari lapisan tipis silikon murni (Si) dan bahan semikonduktor lainnya. Sel surya atau sel fotovoltaiik (PV) adalah peralatan yang mengubah energi matahari menjadi listrik dengan efek *photovoltaic* [3]. *Photovoltaic* adalah bidang studi teknologi dan penelitian yang berkaitan dengan aplikasi sel surya sebagai energi surya. *Photovoltaic* berasal dari bahasa Indonesia Bahasa Yunani yang merupakan gabungan dari kata cahaya, foto, dan volta dari nama Alessandro Volta Sistem pembangkit listrik hibrida didefinisikan sebagai sistem pembangkit tenaga listrik gabungan dua atau lebih generator dengan sumber energi yang sama berbeda, umumnya digunakan untuk jaringan

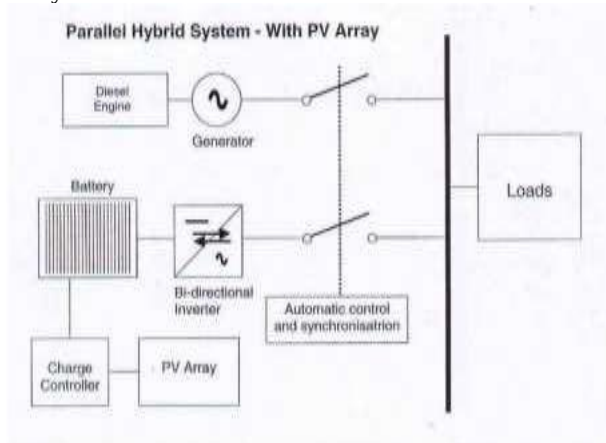
terisolasi, jadi sinergi dapat diperoleh dari implementasinya keuntungan ekonomi dan teknis. Sel surya pada dasarnya adalah fotodioda dirancang dengan mengacu pada efek *photovoltaic* tersebut sedemikian rupa sehingga dapat mengubah energi cahaya seefisien mungkin energi listrik. Sel surya berfungsi berdasarkan efek fotolistrik pada bahan semikonduktor untuk mengubah energi cahaya menjadi energi listrik.

Sistem pembangkit listrik hibrida PV-diesel adalah kombinasi energi surya dengan generator diesel. Sistem Hibrida ini biasanya digunakan pada kapal besar yang berukuran besar yang mempunyai beban listrik yang relatif besar [4]. Sebab, kapalnya berukuran besar hanya menggunakan sistem pembangkit listrik tenaga surya (*standalone*), kebutuhan tenaga listrik pada kapal tidak dapat terpenuhi karena terbatasnya ruang di kapal. Komponen sistem pembangkit listrik hibrida dapat berupa tersusun dalam beberapa jenis rangkaian [5], yaitu:

- Sistem seri *hybrid*,
- Sistem *hybrid switch*, dan
- Sistem *hybrid* paralel

Dalam sistem *hybrid* paralel, seperti yang ditunjukkan pada Gambar, generator diesel dan baterai dapat menyuplai beban serentak. Sistem *hybrid* paralel menggunakan inverter dua arah (*bi-direction*) yang dapat berfungsi sebagai inverter (mengubah daya dc menjadi ac) dan sebagai pengisi daya dan regulator (mengubah daya ac menjadi dc). Pada kekuasaan beban lebih rendah dari daya baterai, maka beban disuplai oleh baterai melalui inverter dua arah (yang berfungsi sebagai inverter) saat generator diesel dimatikan [6]. Bila daya beban melebihi daya baterai namun lebih kecil dari tenaga genset diesel, genset diesel dihidupkan untuk menyuplai beban dan mengisi daya baterai secara berlebihan kekuatannya. Dalam kondisi ini, inverter bersifat dua arah berfungsi sebagai pengatur dan pengisi daya. Pada daya beban lebih tinggi dari daya generator diesel, maka generator diesel bersifat tetap memasok beban sementara inverter dua arah kembali berfungsi sebagai inverter dan kemudian bersama-sama menyuplainya beban secara paralel. Beberapa keuntungan menggunakan konfigurasi sistem Hibrida paralel meliputi:

- Dapat berupa beban listrik terpenuhi secara optimal,
- Meningkatkan efisiensi solar generator sehingga mengurangi biaya pemeliharaan, dan
- Ukuran genset diesel lebih kecil sehingga dapat mengecil biaya investasi

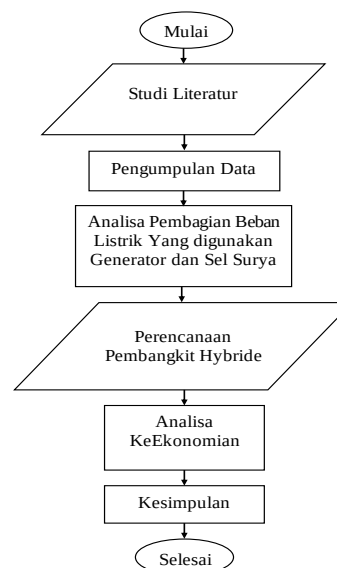


Gbr. 1 Sistem *Hybrid* Paralel

Jika sistem pembangkit listrik *hybrid* dengan Konfigurasi sistem *hybrid* paralel dilengkapi dengan pembangkit listrik energi terbarukan, keandalan dan efisiensi sistem akan bertambah, begitu pula ukuran generatornya semakin kecil. Hal ini dimungkinkan karena adanya generator diesel berubah fungsinya menjadi cadangan, sedangkan suplai utama berasal dari pembangkit energi terbarukan. Saat ini industri pelayaran sedang fokus mengembangkan teknologi kapal ramah lingkungan atau kapal ramah lingkungan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk merencanakan sistem pembangkit listrik hibrida (sel surya dan generator diesel) yang dapat diterapkan pada kapal khususnya yang beroperasi di perairan Indonesia [7].

II.METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dalam beberapa langkah berkesinambungan untuk mencapai hasil akhir penelitian. Melangkah pekerjaan digambarkan dalam diagram alir pada Gambar berikut ini:



Gbr. 2 Diagram Alur Penelitian

Analisis Aspek teknis penelitian ini diawali dengan penentuan kapal Objek penelitian adalah kapal tanker. Langkah selanjutnya adalah identifikasi area yang dapat digunakan untuk memasang panel surya kapal. Dengan mengidentifikasi area untuk peletakan panel surya, maka dapat dilihat potensi ketersediaan energi surya di kapal tanker. Kemudian dilakukan analisis distribusi beban listrik pada kapal yang dapat disuplai oleh panel surya dengan mempertimbangkan ketersediaan energi yang dapat dihasilkan oleh panel surya. Langkah selanjutnya dalam merancang sistem pembangkit listrik hibrida (sel surya dan generator diesel) di kapal, antara lain, dapat dilakukan mengubah jenis lampu yang digunakan pada kapal dari jenisnya Lampu *Fluorescent Lamp* (FL) menjadi lampu *Light Emitting Diode* (LED), melakukan perhitungan dan seleksi spesifikasi peralatan panel surya, serta melakukan modifikasi diagram pengkabelan listrik untuk kapal.

Analisis ekonomi dalam penelitian ini menggunakan Metode perhitungan *Break Even Point* (BEP). Perhitungan ilmu

ekonomi meliputi penghitungan biaya investasi dan sistem pembangkit listrik hibrida operasional di kapal. Biaya operasional yang dihitung adalah biaya bahan bakar genset, penggantian peralatan dan pemeliharaan instalasi sistem pembangkit listrik hibrida di kapal.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Data Kapal

Objek penelitian yang digunakan dalam mengerjakan skripsi ini adalah kapal tanker dengan dimensi dan data umumnya sebagai berikut:

Panjang Seluruhnya : 243.8 m
Panjang antara Garis Air : 39.50 m
Lebar (B) : 42 m
Tinggi (H) : 21.3 m
Sarat Air (T) (desain) : 12.19 m
DWT : 107.538
Kecepatan dinas (vs) : 15.6 knots
Rute Pelayaran : Semarang-Lawe- Lawe
Generator : 3unit, AC 450V, 3ph, 60Hz, 680kW

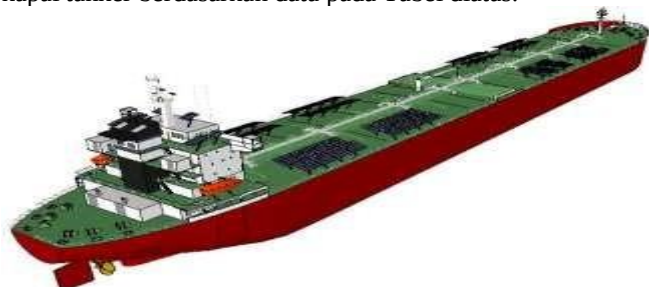
B. Analisis Potensi Ketersediaan Energi Surya pada Kapal Tanker

TABEL I

POTENSI KETERSEDIAAN ENERGI SURYA PADA KAPAL TANKER

Lokasi	Jumlah Panel	Daya Panel (Watt)	Total (Watt h/Jam)	Total (kWh/Hari)
Wing deck	57	435	24795	123,95
Cargo area	350	435	152250	761,250
Total	407	-	177045	885,2

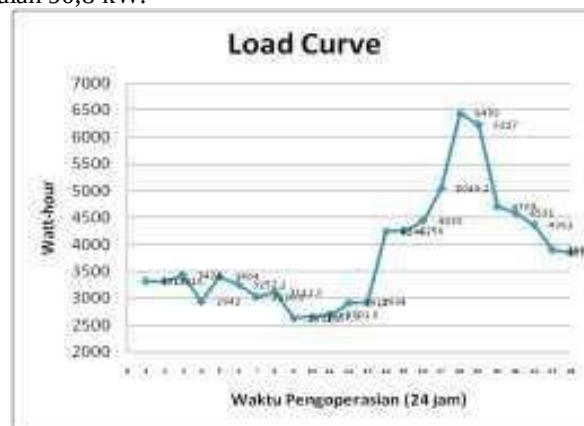
Pada tahap ini, area di kapal dioptimalkan yang bisa dijadikan lokasi memasang panel surya. Hasil analisis potensi ketersediaan Energi surya tercantum pada Tabel diatas Dengan rata-rata durasi penyinaran matahari di Indonesia 12 jam, maka diasumsikan durasi penyinaran maksimal selama 5 jam per hari, maka total daya yang dapat dihasilkan adalah 885,2 kW per hari. Gambar 3 adalah model 3D memasang panel surya untuk sistem pembangkit listrik hibrida pada kapal tanker berdasarkan data pada Tabel diatas.



Gbr. 3 Model Peletakan Panel Surya untuk Sistem Pembangkit Listrik Hybrid pada Tanker

C. Pergantian Jenis Lampu Penerangan pada Kapal Tanker

Dalam melakukan perhitungan sistem *hybrid* untuk menyuplai beban penerangan, dilakukan terlebih dahulu mengubah jenis lampu di kapal. Ini tepat pertimbangan bahwa kebutuhan daya lampu penerangan masuk kapal tanker relatif besar yakni 28 kW, jadi Pada penelitian ini jenis lampu diubah penerangan dari lampu FL ke lampu LED. Setelah berubah tipe lampu FL menjadi lampu LED, total beban penerangan pada kapal Tanker dikurangi menjadi 6,1 kW. Dan dari hasil perhitungan, Diketahui waktu operasional rata-rata semua lampu penerangan pada kapal MT. Gunung Geulis adalah 7,77 jam per hari dengan beban puncak 6439 watt pada pukul 18.00 seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4. Total daya beban di seluruh bagian penerangan per hari adalah 90,8 kW.



Gbr. 4 Grafik Load Beban Puncak Lampu Penerangan

D. Pembagian Beban Kelistrikan yang Akan disuplai Sel Surya pada Kapal Tanker

Dengan mempertimbangkan potensi ketersediaan energi tenaga surya di kapal MT. Gunung Geulis, kemudian di penelitian ini adalah beban yang direncanakan untuk disuplai oleh panel surya termasuk penerangan, peralatan navigasi, radio peralatan komunikasi, dapur dan binatu, dan masih banyak lagi komponen termasuk AC dan kulkas. Perangkat dalam kondisi pengoperasian di laut sebagaimana dinyatakan dalam tabel di bawah ini:

TABEL II

BEBAN KELISTRIKAN YANG AKAN DISUPLAI SEL SURYA PADA KAPAL TANKER

Jenis Beban	Daya yang dibutuhkan (kWh/ hari)
Lampu Penerangan	90,8
Peralatan Navkom, Galley Equipment, Air Conditioner	566,7
Sistem	
Total	657,5

E. Perancangan Sistem Sel Surya

Total energi yang dibutuhkan untuk menyuplai beban penerangan, peralatan navigasi, komunikasi radio, dapur dan peralatan *laundry*, serta beberapa AC dan perangkat kulkas adalah 657,5 kWh/hari. Sedangkan berdasarkan hasil perhitungan sistem sel surya dapat menghasilkan energi sebesar 882.021 kWh/hari. Karena potensi energi sel surya yang melebihi kebutuhan, energi sisa digunakan untuk mengisi baterai.

TABEL III
SPESIFIKASI INSTALASI SISTEM PEMBANGKIT
LISTRIK HYBRID

Tipe	Spesifikasi	Jumlah Unit
Panel Surya <i>SunPower</i> E20-435-COM	435 W	407
Solar <i>Charge Controller Blue</i> solar 150/100	12/24vdc / 145v / 100A	25
Baterai TR 12V 500AH	500Ah / 12V	295
Inverter <i>pwri8k22050</i>	10000 w	3

Perancangan sistem sel surya dilakukan oleh bandingkan beberapa spesifikasi panel surya, baterai, pengisi daya surya dan inverter untuk kemudian memilih yang paling banyak optimal. Jadi spesifikasinya dipilih seperti yang tercantum di pada Tabel di atas.

F. Perhitungan Biaya Investasi dan Operasional Sistem Pembangkit Listrik Konvensional

Perhitungan biaya investasi untuk sistem pembangkit konvensional mencakup biaya penggantian lampu penerangan Tipe FL. Biaya operasional untuk sistem konvensional meliputi: biaya konsumsi bahan bakar generator dan biaya pemeliharaan dan penggantian. Total biaya dan biaya investasi tahun pertama beroperasinya sistem pembangkit tenaga listrik konvensional tercantum pada tabel di bawah ini

TABEL VI

BIAYA INVESTASI DAN BIAYA OPERASIONAL
TAHUN PERTAMA SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK
KONVENSIONAL

Biaya Investasi	Rp148.967.209,06
Biaya Operasional	Rp 6.172.903.116,64
Total	Rp 6.321.870.325,70

Perhitungan pada tabel di atas adalah total arus kas pada tahun tersebut sistem pembangkit listrik konvensional pertama Dalam penelitian ini dilakukan perhitungan ekonomi sampai dengan tahun ke-25. Total arus kas selama 25 tahun ditunjukkan pada Tabel berikut:

TABEL V

CASHFLOW SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK
KONVENSIONAL SELAMA 25 TAHUN

Cash Flow Sebelum Hybrid (Konvensional)		
1	Rp 6.321.870.325,70	\$474.152,13
2	Rp 12.618.231.504,67	\$946.391,02
3	Rp 19.211.832.197,63	\$1.440.923,44
4	Rp 25.762.566.368,24	\$1.932.240,78
5	Rp 32.615.627.512,67	\$2.446.233,22
6	Rp 39.431.011.343,76	\$2.957.399,79
7	Rp 46.554.015.141,89	\$3.491.638,43
8	Rp 53.644.740.479,76	\$4.023.456,12
9	Rp 61.048.592.614,81	\$4.578.758,92
10	Rp 68.425.783.256,32	\$5.132.062,05

11	Rp 76.121.830.001,09	\$5.709.279,98
12	Rp 83.797.059.144,53	\$6.284.936,56
13	Rp 91.797.105.161,25	\$6.884.955,01
14	Rp 99.782.413.562,08	\$7.483.868,11
15	Rp 108.098.740.421,35	\$8.107.608,22
16	Rp 116.406.655.281,57	\$8.730.717,41
17	Rp 125.052.040.729,42	\$9.379.137,53
18	Rp 133.695.595.350,00	\$10.027.420,34
19	Rp 142.683.333.353,40	\$10.701.517,54
20	Rp 151.676.087.580,65	\$11.375.990,97
21	Rp 161.020.009.182,87	\$12.076.802,61
22	Rp 170.376.070.680,89	\$12.778.524,76
23	Rp 180.090.565.699,30	\$13.507.130,11
24	Rp 189.824.612.081,85	\$14.237.201,84
25	Rp 199.924.651.682,47	\$14.994.723,74

G. Perhitungan Biaya Investasi dan Operasional Sistem Pembangkit Listrik Hybrid

Biaya pemasangan sistem *hybrid* seperti panel surya, baterai, inverter, dan *solar charge controller* termasuk biaya investasi sistem pembangkit listrik hibrida. Sedangkan biaya operasional Sistem pembangkit listrik hibrida mencakup biaya konsumsi bahan bakar genset serta pemeliharaan dan pengantiannya pemasangan sistem pembangkit listrik hibrida. Total biaya investasi dan operasional sistem pembangkit tenaga listrik hibrida ditunjukkan pada Tabel berikut:

TABEL VI

BIAYA INVESTASI DAN BIAYA OPERASIONAL
TAHUN PERTAMA SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK
HYBRID

Biaya Investasi	Rp 3.956.868.470,80
Biaya Operasional	Rp 5.218.806.436,51
Total	Rp 9.175.674.907,31

Adapun arus kas sistem pembangkit listrik *hybrid* selama 25 tahun ditunjukkan pada tabel berikut:

TABEL VII

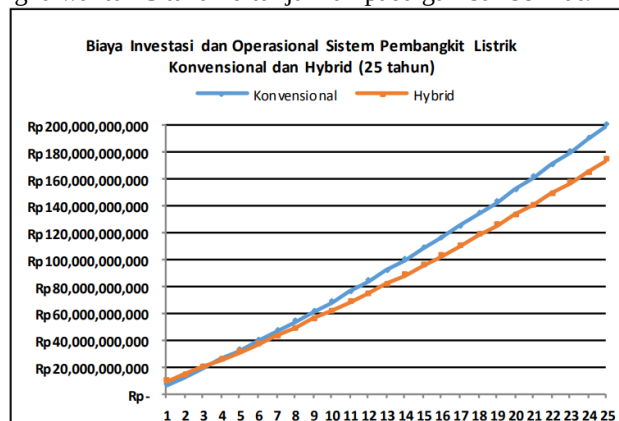
CASHFLOW SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK HYBRID
SELAMA 25 TAHUN

Cash Flow Sebelum Hybrid (Konvensional)		
1	Rp 9.175.674.907,31	\$ 688.192,82
2	Rp 14.498.857.472,55	\$ 1.087.441,50
3	Rp 19.957.520.974,10	\$ 1.496.851,49
4	Rp 25.495.760.114,97	\$ 1.912.229,81
5	Rp 31.144.764.038,66	\$ 2.335.915,70
6	Rp 36.939.221.325,83	\$ 2.770.510,86
7	Rp 42.816.445.008,04	\$ 3.211.313,66
8	Rp 48.811.213.163,90	\$ 3.660.932,51
9	Rp 55.814.480.529,12	\$ 4.186.190,69
10	Rp 62.051.649.053,47	\$ 4.653.990,03
11	Rp 68.414.016.978,61	\$ 5.131.179,55
12	Rp 74.935.420.107,25	\$ 5.620.297,02
13	Rp 81.554.128.547,76	\$ 6.116.712,56
14	Rp 88.308.795.157,09	\$ 6.623.325,22
15	Rp 95.225.484.703,60	\$ 7.142.089,91
16	Rp 02.576.111.955,34	\$ 7.693.400,73

17	Rp 109.743.725.769,02	\$ 8.230.985,21
18	Rp 117.943.374.546,42	\$ 8.845.974,24
19	Rp 125.397.115.256,19	\$ 9.405.018,77
20	Rp 133.000.366.515,16	\$ 9.975.276,87
21	Rp 140.784.255.634,60	\$ 10.559.083,15
22	Rp 148.694.896.905,74	\$ 11.152.396,08
23	Rp 156.765.399.164,80	\$ 11.757.698,88
24	Rp 165.027.404.479,49	\$ 12.377.364,77
25	Rp 174.281.113.711,02	\$ 13.071.410,31

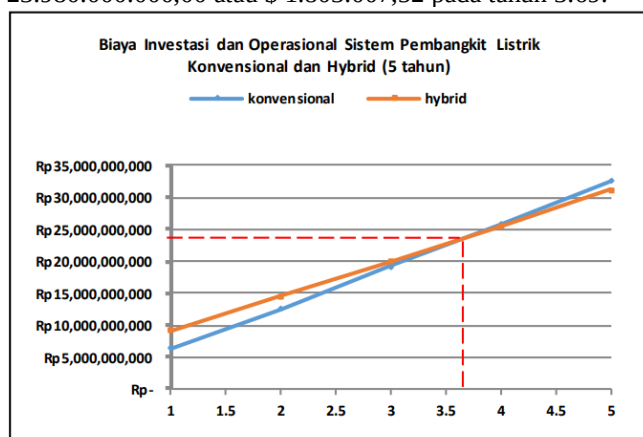
H. Analisis Break Even Point (BEP)

Grafik perpotongan biaya investasi dan operasional antara sistem konvensional dengan sistem *hybrid* dalam istilahnya jangka waktu 25 tahun ditunjukkan pada gambar berikut:



Gbr. 5 Biaya Investasi dan Operasional Sistem Pembangkit Listrik Konvensional dan *Hybrid* (25 Tahun)

Titik perpotongan antara biaya investasi dan operasional sistem konvensional dengan sistem *hybrid* tampak lebih jelas pada Gambar 6 dimana biaya investasi dan operasional berada di antara keduanya sistem konvensional dengan sistem *hybrid* mencapai nominal jumlah yang sama yaitu Rp 23.980.000.000,00 atau \$ 1.803.007,52 pada tahun 3.69.

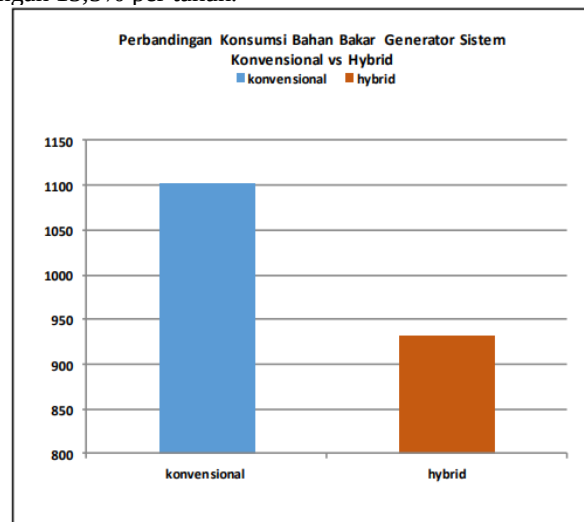


Gbr. 6 Biaya Investasi dan Operasional Sistem Pembangkit Listrik Konvensional dan *Hybrid* (5 Tahun)

Analisis Penghematan Konsumsi Bahan Bakar Generator

Perbandingan konsumsi bahan bakar genset saat ini menggunakan sistem konvensional dan setelah menggunakan Sistem *hybrid* ditunjukkan pada Gambar. dapat disimpulkan bahwa dengan menggunakan pembangkit listrik sistem *hybrid* (diesel generator dan panel surya) di kapal MT. Gunung

Geulis dapat menghemat konsumsi bahan bakar genset dengan 15,5% per tahun.



Gbr. 7 Perbandingan Konsumsi Bahan Bakar Generator

IV.KESIMPULAN

Beberapa hasil analisis perbandingan penggunaan sistem pembangkit listrik konvensional dan sistem hibrida di kapal Tanker memperoleh hasil optimasi area untuk menempatkan panel surya pada kapal tanker di sayap luas dek 123,24 m² untuk 57 panel surya dan di area kargo luas 756,73 m² dengan 350 panel surya. Dengan area yang luas Ini adalah jumlah total panel surya yang bisa dipasang di Kapal tanker dapat menghasilkan tenaga sebesar 882.021 kWh/hari untuk menyuplai beban penerangan sebesar 90,8 kWh/hari dan beban peralatan navigasi, radio peralatan komunikasi, dapur dan binatu, dan masih banyak lagi komponen termasuk AC dan kulkas perangkat sebesar 566,7 kWh/hari. Penghematan konsumsi material terbakar pada sistem pembangkit listrik di Kapal Tanker akibat modifikasi sistem pembangkit listrik hibrida mencapai 15,5% per tahun. Titik Impas (BEP) penggunaan sistem *hybrid* pada sistem pembangkit tenaga listrik di Kapal Tanker terjadi pada tahun ke 3,69 dengan nilai nominal Rp23.980.000.000,00 atau \$1.803.007,52.

Berdasarkan hasil analisis teknis dan ekonomi, maka dapat disimpulkan bahwa penggunaan sistem Pembangkit listrik hibrida sangat prospektif diterapkan pada kapal. Hal ini disebabkan oleh umur kapal mencapai 20 tahun, sedangkan BEP terjadi kurang dari 4 tahun. Sehingga program *ecoship* kedepannya bisa diwujudkan. Beberapa saran untuk dipertimbangkan untuk penelitian Langkah selanjutnya adalah melakukan eksperimen dengan suatu tujuan untuk menunjang kesempurnaan data penulisan penelitian. Selain itu, pada penelitian selanjutnya disarankan untuk: melakukan analisis risiko penggunaan sistem pembangkit listrik tenaga hibrida (sel surya dan generator diesel) aktif truk tangki.

V.DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. R. U. U. D. P. R. RI, "Naskah Akademik Rancangan Undang-Undang Tentang Energi Baru dan Terbarukan." Jakarta, 2018.
- [2] C. V Nayar, S. J. Phillips, W. L. James, T. L. Pryor, and D. Remmer, "Novel wind/diesel/battery hybrid energy system," *Sol. energy*, vol. 51, no. 1, pp. 65–78, 1993.

- [3] A. Azzara, D. Rutherford, and H. Wang, "Feasibility of IMO Annex VI Tier III implementation using selective catalytic reduction," *Int. Counc. Clean Transp*, vol. 4, pp. 1–9, 2014.
- [4] M. A. K. K. Nazril, "PERENCANAAN SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK HYBRID PADA KAPAL PENYEBERANGAN LINTAS LEMBAR–PADANG BAI=HYBRID ELECTRICITY SYSTEM PLANNING ON CROSSING VESSEL LEMBAR–PADANG BAI." Universitas Hasanuddin, 2023.
- [5] D. P. Putri and E. S. Koenhardono, "Perencanaan sistem pembangkit listrik hybrid (sel surya dan diesel generator) pada kapal tanker," *J. Tek. ITS*, vol. 5, no. 2, pp. B394–B399, 2016.
- [6] K. Kunaifi, "Program homer untuk studi kelayakan pembangkit listrik hibrida di propinsi riau," in *Seminar Nasional Informatika (SEMNASIF)*, 2015.
- [7] D. Ancok, *Nuansa psikologi pembangunan*. Diterbitkan oleh Yayasan Insan Kamil bekerjasama dengan Penerbit Pustaka Pelajar, 1995.