



dapat diakses melalui <http://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/jmuo>



Desain Sistem Pembangkit Listrik Tenaga *Hybrid* Diesel Generator-PV Menggunakan *Software* HOMER (Studi Kasus: KM Barcelona 1 di Pelabuhan Manado)

Olive Ang Jaya^{a*}, Hesky Stevy Kolibu^{a*}, Verna Albert Suoth^{a*}

^aJurusan Fisika, FMIPA, Unsrat, Manado

<p>KATA KUNCI</p> <p>Pembangkit listrik hybrid Kapal laut HOMER</p>	<p>ABSTRAK</p> <p>Telah dilakukan penelitian untuk merancang sistem pembangkit listrik <i>hybrid</i> menggunakan software HOMER. Data beban listrik yang digunakan pada penelitian ini diambil dari kapal motor Barcelona 1 dengan rute perjalanan Manado-Tahuna dan data radiasi matahari diambil dari website NASA yang diakses melalui software HOMER. Data-data itu dimasukkan pada software HOMER untuk disimulasikan. Skenario 1 dibuat sesuai dengan kondisi sebenarnya di kapal dan skenario 2 merupakan desain sistem pembangkit listrik <i>hybrid</i> yang menggunakan <i>photovoltaic</i>. Berdasarkan simulasi yang telah dilakukan, desain pembangkit listrik pada skenario 2 lebih optimal dengan nilai NPC (Net Present Cost) yaitu US\$833.174 dan nilai Cost of Energy (COE) yaitu US\$0,406. Skenario tersebut terdiri dari generator berkapasitas 10 kW dan panel surya 58,6 kW.</p>
<p>KEYWORDS</p> <p>Hybrid power plants Ships HOMER</p>	<p>ABSTRACT</p> <p>Research has been conducted to design a hybrid power generation system using HOMER software. The electrical load data used in this study was taken from the Barcelona 1 motorship with the Manado-Tahuna travel route and solar radiation data taken from the NASA website accessed via the HOMER software. The data was entered into the HOMER software to be simulated. Scenario 1 is made according to the actual conditions on the ship and scenario 2 is a design of a hybrid power generation system that uses photovoltaic. Based on the simulation that has been done, the design of the power plant in scenario 2 is more optimal with the value of NPC (Net Present Cost) which is US\$833,174 and the Cost of Energy (COE) value is US\$0.406. The scenario consists of generators with a capacity of 10 kW and solar panels 58.6 kW.</p>
<p>TERSEDIA ONLINE 01 Agustus 2019</p>	

1. Pendahuluan

Indonesia adalah negara maritim yang memiliki luas wilayah lautan lebih besar daripada wilayah daratan, sehingga terdapat banyak kapal yang beroperasi di laut. Kapal-kapal tersebut menggunakan bahan bakar minyak bumi untuk menggerakkan generator listrik (Argianto dan Winarno, 2017). Semakin banyak konsumsi bahan bakar minyak khususnya di industri maritim membuat ketersediaan minyak bumi semakin menipis dan harga bahan bakar minyak semakin tinggi, sehingga dapat mempengaruhi kondisi lingkungan serta ekonomi (Beşikçi, 2016). Oleh sebab itu, pengembangan sumber energi alternatif

sangat dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan energi di kapal (Argianto dan Winarno, 2017).

Menurut Erdinc dan Uzunoglu (2012), menggabungkan sumber energi terbarukan dengan sebuah unit cadangan untuk membentuk sistem hybrid, dapat menyediakan listrik yang lebih ekonomis dan ramah lingkungan dibandingkan dengan penggunaan sistem tunggal. (Hendrayana, 2017) telah melakukan penelitian dengan merancang sebuah sistem pembangkit listrik *hybrid* dengan memanfaatkan generator sebagai daya tambahan, penelitian tersebut mendapatkan hasil persentase yakni pemanfaatan energi terbarukan meningkat dari 11,73% menjadi 25,94% dan untuk pemanfaatan generator berbahan bakar fosil

*Corresponding author: Jurusan Fisika FMIPA UNSRAT, Jl. Kampus Unsrat, Manado, Indonesia 95115; Email address: vernasuoth@unsrat.ac.id

mengalami penurunan dari 24,05% menjadi 16,74%. Menurut Soba *et al* (2019) semakin besar kapasitas energi terbarukan yang digunakan, maka semakin sedikit bahan bakar yang akan digunakan.

Yoga (2018) telah melakukan penelitian studi ekonomi mengenai sistem penyedia cadangan daya *hybrid* bayu-diesel (studi kasus: Di Hotel Queen Of The South Beach Resort) menggunakan *software* HOMER (*Hybrid Optimization Model for Electric Renewables*). Dari simulasi yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa kontribusi dari sumber energi terbarukan untuk penggunaan sistem *hybrid* bayu-diesel sebagai cadangan pembangkit listrik di hotel dapat memproduksi 81% energi terbarukan dari total energi yang diproduksi.

Sistem pembangkit listrik *hybrid* pada kapal dapat dirancang menggunakan perangkat lunak HOMER. Perangkat lunak HOMER dapat mensimulasikan semua konfigurasi sistem yang tepat dari berbagai sumber energi terbarukan untuk memenuhi kebutuhan beban dengan daya yang dibutuhkan pada kondisi tertentu dari data yang ada selain ukuran generator diesel yang telah terpasang (Diab, 2016).

Hafez and Bhattacharya (2012) merancang sistem dengan empat skenario berbeda, yaitu hanya diesel, gabungan energi terbarukan, gabungan energi terbarukan dengan diesel, and konfigurasi jaringan mikro terkoneksi ke jaringan luar. Tujuan penelitian ini untuk membandingkan dan mengevaluasi beberapa desain sistem dari segi ekonomi, cara kerja operasional, dan emisi terhadap lingkungan. Dari analisis keempat skenario yang telah dirancang, hasil yang ditunjukkan bahwa skenario 3 (diesel-energi terbarukan) adalah yang paling optimal karena lebih efektif dalam memenuhi kebutuhan beban dan lebih ekonomis.

Menurut Tang *et al* (2015) penerapan pembangkit listrik *hybrid* dengan sistem manajemen daya dan energi pada kapal sangat bermanfaat untuk meningkatkan efisiensi energi, meminimalkan konsumsi bahan bakar generator dan juga sekaligus mengurangi emisi gas buang pada kapal.

Sebagian besar kapal laut yang ada di Indonesia masih sangat bergantung pada generator diesel sebagai penyedia listrik dikapal. Salah satu kapal laut di Pelabuhan Manado yaitu KM Barcelona 1 dengan rute perjalanan Manado - Tahuna menggunakan generator diesel berkapasitas 200 kW yang mengkonsumsi bahan bakar solar sebanyak 125 Liter dalam 1 rute perjalanan untuk memenuhi kebutuhan energi listrik dikapal. Pemakaian bahan bakar minyak secara terus menerus akan mengakibatkan kelangkaan sehingga harganya akan semakin mahal dan meningkatnya pencemaran diudara akibat emisi yang dihasilkan oleh generator diesel serta pencemaran pada air laut oleh limbah hasil pembuangan.

Berdasarkan latar belakang tersebut, sangat penting untuk mencari sumber energi alternatif lain yang dapat mengurangi kerja dari generator sehingga bahan bakar minyak yang digunakan akan

berkurang. Untuk itu, dalam penelitian ini dibuat dua skenario sistem pembangkit listrik yang akan disimulasikan menggunakan *software* HOMER, skenario pertama merupakan desain sistem pembangkit listrik yang sesuai dengan keadaan sebenarnya dikapal dan skenario kedua merupakan desain sistem pembangkit listrik *hybrid* menggunakan *photovoltaic* dan generator diesel. Dari penelitian ini diharapkan supaya penggunaan bahan bakar pada kapal dapat berkurang sehingga dapat juga mengurangi polutan yang mencemari lingkungan.

2. Bahan dan Metode

Alat dan Bahan

- Laptop
- HOMER software
- GPS (Global Positioning System)
- Digital clamp meter DT-266 (Tang Ampere Digital)

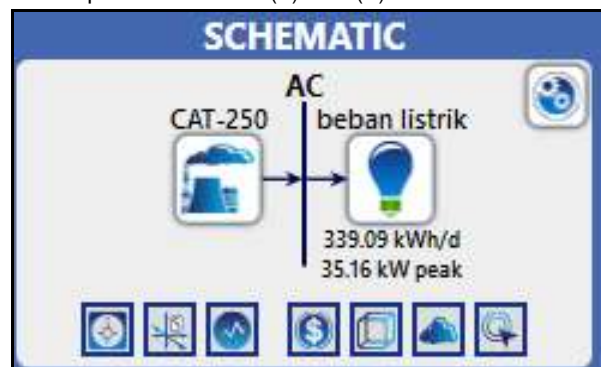
Prosedur

1. *Software* HOMER dibuka. Halaman depan *software* HOMER dapat dilihat pada Gambar 1.

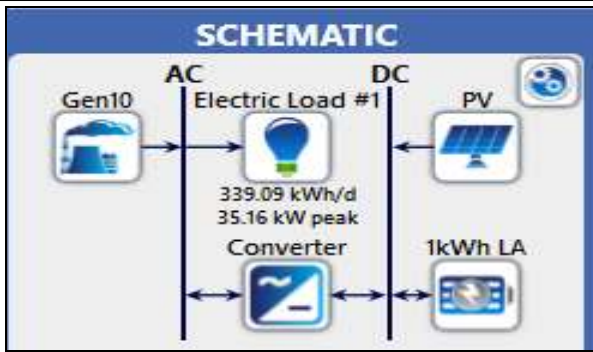


Gambar 1. Halaman awal *software* HOMER

2. Data beban dari KM Barcelona 1 dimasukkan ke tabel beban listrik dan data radiasi matahari didownload dari NASA melalui *software* HOMER.
3. Komponen-komponen dipilih sesuai skenario yang akan dibuat. Skenario pertama merupakan keadaan sebenarnya pada KM Barcelona 1 yang terdiri dari generator 200 kW dan skenario kedua merupakan desain sistem pembangkit listrik *hybrid* yang terdiri dari generator 10 kW, baterai, *photovoltaic*, dan konverter. Skenario 1 dan 2 dapat dilihat pada Gambar 2 (a) dan (b).



Gambar 2. Skenario 1 (kondisi sebenarnya)



Gambar 3. Skenario 2

3. Hasil dan Pembahasan

Beban Listrik

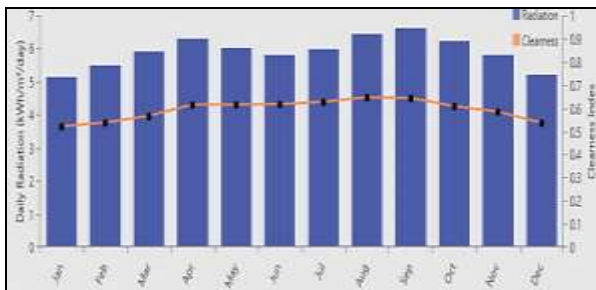
Dari Gambar 3 dapat dilihat bahwa beban listrik pada KM Barcelona 1 berada dipuncak pada jam 19.00 sampai 05.00 karena pada jam tersebut kapal sementara berlayar sehingga membutuhkan banyak daya untuk memenuhi kebutuhan beban listrik.



Gambar 3. Profil beban pada KM Barcelona 1

Data Radiasi Matahari

Data radiasi matahari diambil dari website NASA Surface Meteorology and Solar Energy (SMSE) dengan memasukkan titik koordinat pelabuhan Manado. Rata-rata radiasi matahari pertahun pada wilayah ini yaitu 5,91 kWh/m²/hari. Gambar 4 menunjukkan profil radiasi matahari selama 1 tahun.



Gambar 4. Data radiasi matahari di Pelabuhan Manado

Hasil Simulasi

Pada skenario 1, energi listrik bersumber dari generator 200 kW. Konfigurasi sistem pada skenario 1 merupakan kondisi sebenarnya pada KM Barcelona 1. Skenario 2 terdiri dari generator diesel 10 kW dan panel surya. Tabel 1 menunjukkan kapasitas komponen-komponen yang digunakan pada skenario 1 dan 2.

Tabel 1. Komponen yang digunakan pada Skenario 1 dan 2

Komponen	Skenario 1	Skenario 2
Generator, kW	200	10
PV, kW	-	58,6
Konverter, kW	-	23,6
Baterai, jumlah	-	376

Dari hasil simulasi yang dilakukan, skenario sistem yang paling optimal adalah skenario 2 karena memiliki nilai NPC paling rendah jika dibandingkan dengan skenario 1 seperti terlihat pada Tabel 2. NPC merupakan total biaya yang harus dikeluarkan selama masa proyek. Biaya terbesar yang harus dikeluarkan pada skenario 1 adalah biaya bahan bakar untuk generator karena skenario 1 hanya menggunakan generator saja untuk menghasilkan energi listrik. Pada skenario 2 biaya pengadaan dan penggantian sangat besar karena pada skenario ini menggunakan generator 10 kW dan panel surya sehingga kapasitas panel surya yang digunakan dan baterai menjadi besar untuk memenuhi kebutuhan energi listrik yang dibutuhkan. Rincian biaya untuk skenario 1 dan 2 dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Perbandingan parameter ekonomi pada Skenario 1 dan 2

Parameter	Skenario 1	Skenario 2
NPC, US\$	1.534.564	833.174
COE, US\$/kWh	0,7470	0,4028
Operating cost, US\$/year	91.516	33.848,8
Initial capital, U\$	15.518,8	271.327
Replacement, U\$	29.838,5	259.679
O&M, U\$	7.270,2	108.845
Fuel, U\$	1.484.271	205.471
Fuel, L/yr	156.879	21.717

Produksi Energi Listrik

Tabel 3. Perbandingan kelistrikan pada skenario 1 dan 2

Parameter	Skenario 1	Skenario 2
Electrical Production, kWh	438.000	165.852
Excess Electricity, kWh/yr	314.232	28.543

Tabel 3 menunjukkan produksi energi listrik dari dua skenario sistem yang telah dirancang. Energi listrik pada skenario 1 berasal dari generator diesel 200 kW dengan produksi energi listrik 438.000 kWh/tahun, kelebihan listrik sebesar 314.232 kWh/tahun atau 71,7% dari total energi listrik yang diproduksi. Kelebihan listrik yang dihasilkan akan merugikan jika tidak disimpan dalam baterai atau tidak ada beban listrik tambahan.

Produksi energi listrik dalam skenario 2 berasal dari generator 10 kW dan PV 58,6 kW. Listrik yang dihasilkan oleh generator diesel adalah 64.909 kWh/tahun atau 39,1% dan PV adalah 100.943 kWh/tahun atau 60,9% dari total produksi energi

listrik sementara kelebihan listrik dalam skenario ini adalah 28.543 kWh/tahun atau sekitar 27,3%.

Perbandingan Emisi Lingkungan Dari Berbagai Skenario

Tabel 4. Perbandingan emisi dari skenario 1 dan 2

Polutan	Skenario 1 kg/tahun	Skenario 2 kg/tahun
CO ₂	413,77	101,93
CO	794	196
UHC	17,3	4,25
PM	40,8	10
SO ₂	1.029	253
NO _x	4.115	1.014

Salah satu tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengurangi emisi dengan menggunakan sumber energi terbarukan sebagai pembangkit listrik hibrida. Hasil yang ditunjukkan pada Tabel 4 menunjukkan bahwa pembangkit listrik dalam skenario 2 sangat ramah lingkungan. Ini karena menghasilkan polutan lebih sedikit dari skenario 1.

4. Kesimpulan

Berdasarkan analisis dari dua skenario yang telah disimulasikan, dapat disimpulkan bahwa desain sistem yang paling optimal dan ramah lingkungan adalah desain sistem pada skenario 2 yang terdiri dari generator 10 kW, PV 58,6 kW, konverter 23,6 kW, dan 376 baterai berkapasitas 1 kWh. Nilai NPC pada skenario ini yakni US\$833.174 dan COE US\$0,4028. Skenario ini mempunyai biaya pengadaan yang lebih besar dibanding skenario 1 karena biaya pengadaan untuk *photovoltaic* dan baterai yang tergolong mahal, sedangkan skenario 2 lebih irit dalam penggunaan bahan bakar minyak dan lebih ramah lingkungan. Energi listrik yang diproduksi yaitu sebesar 165.852 kWh/tahun dan kelebihan energi listrik pada skenario 2 sebesar 28.543 kWh/tahun.

Daftar Pustaka

- Argianto, R. A dan I. Winarno.2017. Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid antara Solar Cell dan Thermoelectric Generator (TEG) sebagai Sumber Energi Listrik Di Kapal Nelayan. Seminar Nasional Kelautan XII. C2 : 22-31
- Beşikçi, E. Bal., T. Kececi, O. Arslan, O. Turan.2016. An Application of Fuzzy-AHP to Ship Operational Energy Efficiency Measures.Ocean Engineering
- Diab, F., H. Lan dan S. Ali.2016. Novel comparison study between the hybrid renewable energy systems on land and on ship. Renewable and Sustainable Energy Reviews.Elsevier. 63: 452–463
- Erdinc, O. dan M. Uzunoglu.2012. Optimum design of hybrid renewable energy systems: Overview of different approaches. Renewable and Sustainable Energy Reviews.Elsevier. 16: 1412– 1425

Hafez, O dan K. Bhattacharya.2012. Optimal planning and design of a renewable energy-based supply system for microgrids. Renewable Energy.Elsevier. 45: 7-15

Hendrayana.2017. Simulasi Sistem Hibrid Pembangkit Energi Surya, Angin, dan Generator Untuk Mengoptimalkan Pemanfaatan Daya Energi Terbarukan. Jurnal Ilmiah Pendidikan Teknik Elektro. 1(1) : 26-43

NASA. Surface Meteorology and Solar Energy Data. Available: <http://www.data.nasa.gov/surface-meteorology-and-solar-energy>. [diakses pada Maret 2019]

Soba, A., V. A. Suoth., dan H. S. Kolibu. 2019. Optimasi Kapasitas Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid (PLTH) di Pulau Bunaken Menggunakan Software HOMER.Manado:Jurnal MIPA Online

Tang, D., X. Yan., Y. Yuan., K. Wang., dan L. Qiu.2015. Multi-agent Based Power and Energy Management System for Hybrid Ships.IEEE ICRERA. 383-387

Yoga, T. K. 2018. Laporan Tugas Akhir Studi Ekonomi Sistem Penyedia Cadangan Daya Hybrid Bayu-Diesel (Studi Kasus : Di Hotel Queen Of The South Beach Resort) [Skripsi]. Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta