



Perancangan Mikrogrid di Pulau Tunda Menggunakan Aplikasi HOMER Pro

Arie Wibowo*, Aris Triwiyatno, Yosua Alvin Adi Soetrisno

Program Studi Program Profesi Insinyur, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro,
Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

*Corresponding author: arits45@gmail.com

(Received: September 3 2024; Accepted: October 7, 2024)

Abstract

Microgrid Design on Tunda Island Using HOMER Pro Application. Renewable energy sources, especially solar energy, have great potential to meet the energy demand in remote areas far from the existing electricity grid. This article presents the optimal use of solar energy captured by photovoltaic (PV) panels, combined with a battery storage system, converter and diesel generator to provide electricity in Tunda Island, Banten, Indonesia. Microgrid system simulations were performed using HOMER Pro software. The optimal HOMER results are sorted by the lowest Net Present Cost (NPC). The HOMER simulation results show that the most optimal system configuration consists of a 130 kW diesel generator, 500 kW PV panels, 75 battery storage arrays and a 125 kW system converter.

Keywords: Microgrid, PV, renewable energy, HOMER

Abstrak

Sumber energi terbarukan, khususnya energi matahari, memiliki potensi besar untuk memenuhi permintaan energi di daerah terpencil yang jauh dari jaringan listrik yang ada. Artikel ini menyajikan penggunaan optimal energi matahari yang ditangkap oleh panel *photovoltaic* (PV), dikombinasikan dengan sistem penyimpanan baterai, konverter dan generator diesel untuk menyediakan listrik di Pulau Tunda, Banten, Indonesia. Simulasi sistem Mikrogrid dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak HOMER Pro. Hasil optimal HOMER diurutkan berdasarkan *Net Present Cost* (NPC) terendah. Hasil simulasi HOMER menunjukkan bahwa konfigurasi sistem paling optimal terdiri dari generator diesel 130 kW, panel PV 500 kW, 75 rangkaian penyimpanan baterai dan konverter sistem 125 kW.

Kata kunci: Mikrogrid, PV, energi terbarukan, HOMER

How to Cite This Article: Wibowo, A., Triwiyatno, A. & Soetrisno, Y. A. A. (2024). Perancangan Mikrogrid di Pulau Tunda Menggunakan Aplikasi HOMER Pro. *JPII*, 2(4), 252-256. DOI: <https://doi.org/10.14710/jpii.2024.24583>

PENDAHULUAN

Pulau Tunda di Kabupaten Serang, Provinsi Banten tidak mendapatkan pasokan listrik dari PLN. Pulau Tunda adalah sebuah pulau di Provinsi Banten, Indonesia, salah satu daerah yang termasuk kantong untuk meningkatkan rasio elektrifikasi di Provinsi Banten. Luas total pulau ini sekitar 257,5 hektar, dengan populasi sekitar 1.052 individu. Mayoritas penduduk

pulau bekerja sebagai nelayan dan pulau ini juga sering berfungsi sebagai destinasi wisata pantai.

Saat ini permasalahan listrik di Pulau Tunda yang dioperasikan oleh pemerintah setempat menggunakan generator diesel dengan kapasitas 130 kVA dan hanya beroperasi selama 12 jam per hari, dari pukul 18.00 WIB hingga 06.00 WIB. Permasalahan yang lain adalah ketika harga solar naik tentu saja membuat biaya listrik yang

dikenakan masyarakat juga naik. Hal ini menyebabkan tidak terpenuhinya kebutuhan energi secara harian.

HOMER Pro adalah perangkat lunak yang digunakan untuk merancang dan menganalisis aspek teknis dan ekonomi dari mikrogrid dan sistem tenaga terdistribusi lainnya yang menggabungkan berbagai sumber energi. Alat ini memungkinkan pengguna untuk mengevaluasi kelayakan berbagai kombinasi teknologi energi terbarukan dan konvensional, sistem penyimpanan, dan opsi manajemen beban. Fungsi utama dari HOMER Pro adalah untuk mengoptimalkan konfigurasi sistem berdasarkan masukan seperti ketersediaan sumber daya (misalnya solar, angin dan biogas), permintaan energi, biaya komponen dan parameter operasional. Ini mensimulasikan operasi dari berbagai pengaturan sistem untuk menemukan kombinasi yang meminimalkan biaya energi atau biaya saat ini bersih sambil memenuhi kebutuhan keandalan dan operasional. HOMER Pro melakukan analisis sensitivitas di seluruh rentang variabel input, memungkinkan pengguna untuk memahami dampak potensial ketidakpastian atau perubahan dalam faktor seperti harga bahan bakar, kemajuan teknologi atau perubahan kebijakan. Jenis analisis ini sangat penting untuk membuat keputusan yang tepat dalam perencanaan dan pengembangan sistem tenaga *hybrid* (Chisale et al., 2023; Babu & Ray, 2023).

Untuk memenuhi kebutuhan listrik di Pulau Tunda, salah satu solusinya adalah dengan mikrogrid *system hybrid* yaitu operasi energi secara mandiri dengan menggabungkan berbagai sumber energi, dalam hal ini diesel dan tenaga surya. Hal ini diharapkan mampu memberikan peningkatan keandalan dan efisiensi pasokan energi. Tujuan lain adalah untuk mengoptimalkan penggunaan sumber energi terbarukan, dengan demikian mengurangi ketergantungan pada energi fosil dan mitigasi peningkatan emisi karbon serta efek gas rumah kaca (Hashim, 2021; Gielen et al., 2019; Halicioğlu & Ketenci, 2018).

Artikel ini akan membahas bagaimana memenuhi kebutuhan listrik di pulau tersebut, dengan fokus pada pemanfaatan sumber energi terbarukan dan mengoptimalkannya menggunakan perangkat lunak HOMER. Analisis ekonomi komparatif dari berbagai konfigurasi dilakukan menggunakan simulasi HOMER Pro, menentukan konfigurasi optimal. HOMER mampu menilai keseimbangan energi per jam untuk viabilitas setiap konfigurasi. Lebih lanjut, HOMER bermanfaat dalam memperkirakan total biaya operasional proyek selama masa hidupnya di area tertentu sebelum implementasi dengan fokus pada konfigurasi yang layak (Sandeep & Vakula, 2016; Pawar & Nema, 2018).

Tabel 1. Penelitian sebelumnya yang memberikan alternatif solusi

| Artikel | Review |
|---|---|
| <i>Hybrid Renewable Energy Systems: A Review</i> oleh Borowy & Salameh (2018) | Artikel ini membahas secara komprehensif berbagai jenis sistem energi terbarukan hibrida, termasuk kombinasi antara panel surya dan genset. Kelebihannya termasuk efisiensi energi yang lebih baik dan penggunaan sumber energi terbarukan. Kekurangannya meliputi biaya awal yang tinggi dan kompleksitas operasional. |
| <i>Design and Economic Analysis of Hybrid PVDiesel-Storage Energy System for Off-Grid Applications</i> oleh Fathima & Palanisamy (2015) | Artikel ini fokus pada desain dan analisis ekonomi sistem <i>hybrid</i> antara panel surya dan genset. Kelebihannya adalah pengurangan emisi dan penghematan bahan bakar, sementara kekurangannya adalah biaya modal yang lebih tinggi dan ketergantungan pada cuaca. |
| <i>Hybrid Renewable Energy Systems for Power Generation in Stand-Alone Applications: A Review</i> oleh Bhattacharjee & Dey (2017) | Makalah ini meninjau sistem energi terbarukan <i>hybrid</i> untuk aplikasi mandiri, termasuk yang menggunakan panel surya dan genset. Kelebihannya adalah stabilitas pasokan daya dan diversifikasi sumber energi. Kekurangannya termasuk biaya pemeliharaan dan kebutuhan sistem kontrol yang canggih. |
| <i>Optimization of Hybrid Renewable Energy Systems: A Review</i> oleh Mousa & Magdy (2020) | Artikel ini meninjau berbagai metode optimasi untuk sistem energi terbarukan hibrida, termasuk yang memadukan panel surya dan genset. Kelebihannya adalah peningkatan efisiensi energi dan pengurangan biaya operasional. |

Energy Management Strategies for Hybrid Renewable Energy Systems: A Review oleh Trinh & Prasad (2019)

Kekurangannya meliputi kompleksitas desain dan kendala teknis.

Artikel ini membahas strategi manajemen energi untuk sistem energi terbarukan hibrida, termasuk kombinasi antara panel surya dan genset. Kelebihannya adalah optimalisasi penggunaan sumber daya dan peningkatan keandalan sistem. Kekurangannya adalah biaya instalasi dan kebutuhan untuk perencanaan yang cermat

METODE PENELITIAN

Pertimbangan desain berdasarkan dua prinsip utama, yaitu pasokan daya yang andal dan total biaya sistem. Permintaan beban harus dipenuhi oleh sistem yang dirancang, namun juga harus tetap dalam batasan anggaran keuangan yang tersedia (Penava et al., 2014; Hazem et al., 2013). Kedua aspek ini akan disimulasikan oleh perangkat lunak HOMER Pro, berdasarkan kriteria berikut.

A. Software HOMER Pro

Optimalisasi pengukuran dan penghitungan biaya komponen sistem energi telah dilakukan oleh perangkat lunak HOMER Pro. Perangkat lunak mikrogrid HOMER Pro® oleh UL Solutions adalah standar global untuk mengoptimalkan desain mikrogrid di semua sektor, mulai dari tenaga desa dan utilitas pulau hingga kampus yang terhubung dengan jaringan dan pangkalan militer. HOMER adalah model simulasi. Ini akan mencoba untuk mensimulasikan sistem yang layak untuk semua kemungkinan kombinasi peralatan yang ingin dipertimbangkan. Meneliti semua kombinasi kemungkinan tipe sistem dalam satu kali jalan, dan kemudian mengurutkan sistem-sistem tersebut berdasarkan variabel optimalisasi pilihan.

B. Profil Beban

Profil beban dalam kelistrikan sangat penting karena memberikan gambaran tentang bagaimana dan kapan energi digunakan dalam suatu sistem atau jaringan listrik. Dalam penelitian ini, data beban diasumsikan mengingat di Pulau Tunda belum ada informasi resmi terkait kebutuhan energi listrik di lokasi tersebut.

Simulasi profil beban disesuaikan berdasarkan jumlah penduduk/rumah tangga, dengan mempertimbangkan kebutuhan perangkat listrik standar umum. Ini termasuk kebutuhan listrik untuk fasilitas publik atau sosial, serta fasilitas ekonomi kecil untuk

memenuhi permintaan pulau. Hasil dari simulasi ini ditunjukkan pada Gambar 1.

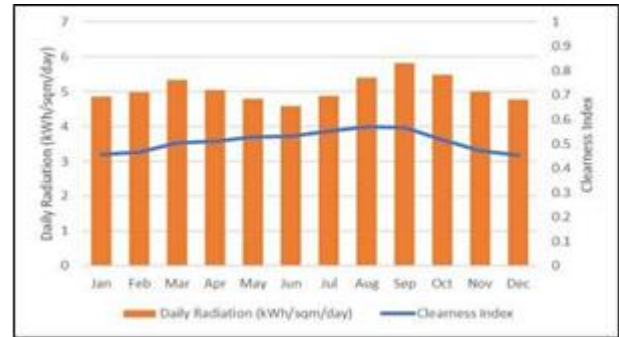


Gambar 1. Asumsi profil beban

C. Sumber Energi Terbarukan

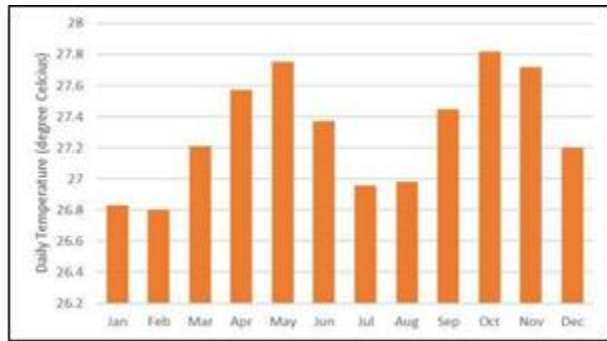
Pulau Tunda terletak pada 5°48.8'LS, 106°17.1'BT. Oleh karena itu, melalui pemanfaatan HOMER, kita dapat mengakses data mengenai rata-rata bulanan Radiasi Horizontal Global selama periode 22 tahun (Data Sumber Daya Surya), serta data mengenai rata-rata suhu udara bulanan selama periode 30 tahun (Data Suhu) dari basis data NASA *Prediction of Worldwide Energy* (POWER).

a. Radiasi Surya: Nilai rata-rata bulanan data surya ditunjukkan pada Gambar 2. Seperti yang terlihat dari gambar tersebut, radiasi surya mencapai nilai minimumnya sebesar 4,58 kWh/m²/hari dan maksimum 5,81 kWh/m²/hari pada bulan Juni & Oktober masing-masing dengan rata-rata tahunan sebesar 5,08 kWh/m²/hari.



Gambar 2. Radiasi surya

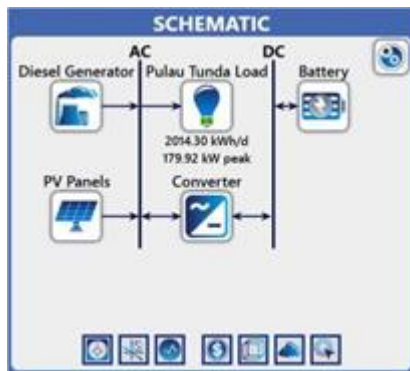
b. Data Suhu: Nilai rata-rata bulanan data suhu ditunjukkan pada Gambar 3. Gambar tersebut menunjukkan bahwa suhu mencapai nilai minimumnya sebesar 26,8°C pada bulan Februari dan maksimum 27,82°C pada bulan Oktober, dengan rata-rata tahunan sebesar 27,31°C.



Gambar 3. Data temperatur

D. Peralatan

Model Sistem dirancang dengan berbagai masukan berdasarkan ketersediaan sumber daya, teknologi dan komponen di area tersebut seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4 dan parameter sistem ditunjukkan pada Tabel 2.



Gambar 4. Usulan model power sistem

E. Asumsi dan Batasan Proyek

Masa hidup proyek diasumsikan selama 25 tahun, harga bahan bakar adalah 7.500 IDR/L, tingkat bunga tahunan adalah 9,28% dengan tingkat inflasi yang diharapkan sebesar 3,52%. Kekurangan kapasitas maksimum tahunan dibatasi hingga 5% dengan cadangan operasional sebesar 10% dari beban pada langkah waktu saat ini. Fraksi energi terbarukan ditetapkan menjadi 0% untuk memanfaatkan generator diesel yang ada. Sanksi emisi juga dipertimbangkan dengan harga 30.000 IDR/ton karbon dioksida.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Beberapa konfigurasi dipertimbangkan untuk mendapatkan solusi optimal. Hasil optimal HOMER diurutkan berdasarkan *Net Present Cost* (NPC) terendah. Hasil simulasi HOMER menunjukkan bahwa konfigurasi sistem paling optimal terdiri dari generator diesel 130 kW, panel *photovoltaic* (PV) 500 kW, 75 rangkaian penyimpanan baterai dan konverter sistem 125 kW. Konfigurasi optimal dipilih berdasarkan biaya *Net Present Cost* (NPC) proyek minimum, biaya energi

levelized minimum (LCOE per kWh). Namun, ada juga konfigurasi lain yang dapat dipilih jika biaya modal adalah batasan. Tabel 1 menampilkan lima hasil teratas dari simulasi.

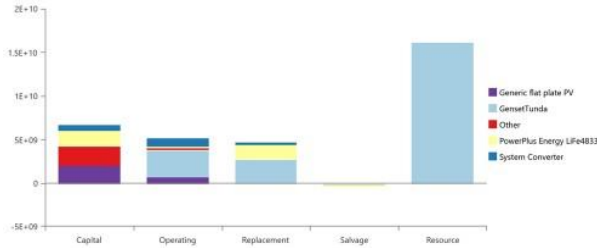
Tabel 1. Lima teratas hasil simulasi HOMER Pro

| PV (kW) | DG (kW) | Batt (#) | Conv (kW) | NPC (IDR) | LCOE (IDR/kWh) | CAPEX (IDR) |
|---------|---------|----------|-----------|-----------|----------------|-------------|
| 500 | 130 | 75 | 125 | 32.3B | 3.296 | 6.68B |
| 1000 | 130 | | | 36.4B | 3.752 | 6.30B |
| | 130 | | | 41.4B | 4.274 | 2.26B |
| | 130 | 70 | 100 | 43.1B | 4.403 | 2.91B |

Untuk PV 500 kW, generator 130 kW, 75 jumlah baterai dan konverter 125 kW, HOMER memberikan NPC, LCOE, Capex masing-masing sebesar 32,3 miliar IDR, 3.296 IDR/kWh dan 6,68 miliar IDR. Ringkasan biaya ditunjukkan pada Gambar 5. Biaya modal lain yang dipertimbangkan adalah biaya akuisisi lahan. Berdasarkan konfigurasi tersebut, tidak ada kekurangan kapasitas untuk memenuhi permintaan beban di Pulau Tunda.

Tabel 2. Parameter sistem dengan asumsi

| Description | Parameter |
|---------------------------|----------------------------|
| Diesel Generator | |
| Model | Generic |
| Rated Power | 130 kW |
| Capital Cost | 0 IDR (existing generator) |
| O&M Cost | 58.335,41 IDR/op.hr |
| Lifetime | 18.000 hours |
| Photovoltaic Panel | |
| Model | Generic flat plate PV |
| Rated Capacity | 1 kW |
| Capital Cost | 4.041.139 IDR |
| O&M Cost | 105.238 IDR/year |
| Lifetime | 25 years |
| Battery Storage | |
| Model | PowerPlus Energy LiFe4833 |
| Nominal Voltage | 51.2 V |
| Capacity | 64 Ah |
| Capital Cost | 22.191.512 IDR |
| O & M Cost | 150.349 IDR |
| Replacement Cost | 22.191.512 IDR |
| Converter | |
| Model | System Converter |
| Rated Power | |
| Capital Cost | 5.863.611 IDR |
| O & M Cost | 586.361 IDR |
| Replacement Cost | 5.863.611 IDR |
| Lifetime | 15 years |
| Conversion efficiency | 95% |



Gambar 4. Ringkasan biaya

Tenaga listrik yang dihasilkan sebesar 60,6% dari sistem PV dan 39,4% dari sistem generator diesel (Tabel 3).

Tabel 3. Ringkasan kelistrikan

| Excess and Unmet | | |
|-----------------------|----------------------|---------|
| Quantity | Value | Units |
| Excess Electricity | 474,771 | kWh/yr |
| Unmet Electric Load | 0 | kWh/yr |
| Capacity Shortage | 0 | kWh/yr |
| Production Summary | | |
| Component | Production (kWh/yr) | Percent |
| Generic flat plate PV | 744,493 | 60.6 |
| Diesel Generator | 483,919 | 39.4 |
| Total | 1,228,413 | 100 |
| Consumption Summary | | |
| Component | Consumption (kWh/yr) | Percent |
| AC Primary Load | 735,220 | 100 |
| DC Primary Load | 0 | 0 |
| Deferrable Load | 0 | 0 |
| Total | 735,220 | 100 |

KESIMPULAN

Beberapa konfigurasi dipertimbangkan untuk mendapatkan solusi optimal. Hasil optimal HOMER diurutkan berdasarkan *Net Present Cost* (NPC) terendah. Hasil simulasi HOMER menunjukkan bahwa konfigurasi sistem paling optimal terdiri dari generator diesel 130 kW, panel PV 500 kW, 75 rangkaian penyimpanan baterai, dan konverter sistem 125 kW dan juga memberikan NPC, LCOE, dan Capex masing-masing sebesar 32,3 miliar IDR, 3.296 IDR/kWh, dan 6,68 miliar IDR. Hasil-hasil ini dapat digunakan sebagai referensi dalam upaya mengalirkan listrik ke pulau-pulau terluar Indonesia dengan sistem *hybrid*, serentak bertujuan untuk mencapai target energi terbarukan Indonesia sebesar 23% dari total campuran energi pada tahun 2025.

DAFTAR PUSTAKA

Babu, M. K., & Ray, P. 2023. Sensitivity analysis, optimal design, cost and energy efficiency study of a hybrid forecast model using HOMER pro. *Journal of Engineering Research*, 11(2), 100033.

Chisale, S. W., Eliya, S., & Taulo, J. 2023. Optimization and design of hybrid power system using HOMER pro and integrated CRITIC-PROMETHEE II

approaches. *Green Technologies and Sustainability*, 1(1), 100005.

Gielen, D., Boshell, F., Saygin, D., Bazilian, M. D., Wagner, N., & Gorini, R. 2019. The role of renewable energy in the global energy transformation. *Energy strategy reviews*, 24, 38-50.

Halicioglu, F., & Ketenci, N. 2018. Output, renewable and non-renewable energy production, and international trade: Evidence from EU-15 countries. *Energy*, 159, 995-1002.

Hashim, I. J. 2021. A new renewable energy index. In *2021 6th International Conference on Renewable Energy: Generation and Applications (ICREGA)* (pp. 229-232). IEEE.

Khalil, L., Bhatti, K. L., Awan, M. A. I., Riaz, M., Khalil, K., & Alwaz, N. 2021. Optimization and designing of hybrid power system using HOMER pro. *Materials Today: Proceedings*, 47, S110-S115.

Mohammed, O. H., Amirat, Y., Benbouzid, M., & Tang, T. 2013. Hybrid generation systems planning expansion forecast: A critical state of the art review. In *IECON 2013-39th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society* (pp. 1668-1673). IEEE.

Pawar, N., & Nema, P. 2018. Techno-economic performance analysis of grid connected PV solar power generation system using HOMER software. In *2018 IEEE International Conference on Computational Intelligence and Computing Research (ICCCIC)* (pp. 1-5). IEEE.

Penava, I., Galijasevic, S., Muharemovic, A., & Penava, M. 2014. Optimal design and demonstrative application of standalone hybrid renewable energy system. In *2014 IEEE International Energy Conference (ENERGYCON)* (pp. 960-967). IEEE.

Ross, S. 2015. *Ebook: Fundamentals of Corporate Finance*. McGraw Hill.

Sandeep, G., & Vakula, V. S. 2016. Optimal combination and sizing of a standalone hybrid power system using HOMER. In *2016 international conference on electrical, electronics, and optimization techniques (ICEEOT)* (pp. 4141-4144). IEEE.