

Optimasi Pengembangan Penyedia Daya Cadangan Hybrid di Daerah Muntok Pulau Bangka

Muhammad Fachry Prabowo, Husein Mubarak

Jurusan Teknik Elektro, Universitas Islam Indonesia

Korespondensi : 13524036@students.uii.ac.id, 155241305@uui.ac.id

ABSTRAK

Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) merupakan pembangkit listrik tenaga konvensional yang digunakan di daerah Muntok Pulau Bangka. Keunggulan PLTD dengan generator diesel adalah waktu *starting* yang cepat dan memiliki efisiensi tinggi. Akan tetapi biaya operasional dan bahan bakar generator diesel sangat tinggi. Peneliti menyarankan pembangkit dengan sistem *hybrid* PV-diesel, bayu-diesel dan PV-bayu-diesel sebagai penyedia daya cadangan di daerah Muntok Pulau Bangka yang ekonomis dan andal. Perangkat lunak HOMER digunakan dalam penelitian ini untuk menentukan sistem pembangkit *hybrid* mana yang paling optimal. Parameter yang digunakan dalam penelitian ini adalah nilai ekonomis yaitu *net present costs* (NPC) dan *cost of energy* (COE), dilakukan perhitungan terhadap penggunaan dan produksi energi. Perhitungan terhadap parameter dibuat 4 skenario sistem, skenario 1 sistem yang hanya berasal dari generator yang beroperasi di PLTD daerah Muntok, skenario 2 sistem generator yang beroperasi di PLTD daerah Muntok dan panel surya, skenario 3 sistem generator yang beroperasi di PLTD daerah Muntok dan turbin angin dan skenario 4 sistem generator yang beroperasi di PLTD daerah Muntok, panel surya dan turbin angin. Hasil yang didapatkan adalah sistem *hybrid* pada skenario 3 mampu menghasilkan persentase sebesar 32% sumber energi listrik terbarukan dari total energi yang dihasilkan. Dari nilai ekonomis pembangkit dengan sistem *hybrid* yang paling optimal adalah skenario ke 4 dengan nilai NPC sebesar Rp 187.881.238.771 dibandingkan dengan skenario 1 yang sebesar Rp 233.132.785.290 dan nilai COE skenario 4 sebesar Rp 1.993,28/kWh lebih murah dibandingkan skenario 1 yang sebesar Rp 2.473,36/kWh.

Kata kunci: energi terbarukan, turbin angin, sel surya, HOMER

ABSTRACT

Diesel power plants are conventional power plant used in Muntok Region Bangka Island. Advantages of diesel power plants with diesel generator is fast starting time and has high efficiency. Researcher suggest a hybrid system power plants such as PV-Diesel, Wind-Diesel, and PV-Wind-Diesel as economical and reliable backup power provider in Muntok Region Bangka Island. HOMER software is used in this study to determine which hybrid power plants system is the most optimal. The parameters used in this study are economic value which is Net Present Cost (NPC) and Cost of Energy (COE), calculations are performed against energy use and production. Four system scenarios were created for the calculation of the parameters, scenario 1 system that only comes from generators operating in Muntok power plant, scenario 2 system generators operating in Muntok power plant with solar panel, scenario 3 system generators operating in Muntok power plant with wind turbine and scenario 4 system generators operating in Muntok power plant with solar panel and wind turbine. The results obtained are hybrid system in scenario 4 can produce with percentage of 32% renewable electric energy sources from the total energy produced. On economic values the most optimal hybrid system is scenario 4 with NPC value of Rp 187.881.238.771 compared to scenario 1 with value of Rp 233.132.785.290 and COE values of scenario 4 in the amount of Rp 1.993,28/ kWh which is cheaper compared to scenario 1 that has a value of Rp 2.473,36/kWh.

Keywords : renewable energy, wind turbine, solar panel, HOMER

1. PENDAHULUAN

Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) digunakan sebagai pembangkit utama di Pulau Bangka terutama daerah Muntok. PLTD merupakan pembangkit listrik yang memiliki efisiensi yang tinggi akan tetapi memakan biaya yang sangat tinggi pada bahan bakar yang selalu meningkat dan performa pembangkit tenaga diesel ini selalu berkurang dikarenakan pengoperasian secara terus menerus. Daerah Muntok Pulau Bangka memiliki potensi untuk mengembangkan pembangkit terbarukan seperti tenaga matahari dan juga tenaga angin. Pembangkit sistem *hybrid* merupakan solusi yang tepat untuk mengatasi permasalahan biaya produksi energi yang cukup tinggi hanya dengan pembangkit tenaga diesel saja. Optimasi merupakan solusi untuk menemukan nilai optimal dalam sistem *hybrid*.

Perangkat lunak HOMER digunakan pada penelitian ini untuk mempermudah proses optimasi [1]. Pembangkit sistem *hybrid* terdiri dari dua kategori yaitu pembangkit sistem *hybrid* murni energi terbarukan dan pembangkit *hybrid* energi terbarukan dan tidak terbarukan seperti generator diesel. Tujuan paper ini adalah

mendapatkan sistem penyedia daya cadangan *hybrid* dengan nilai yang paling ekonomis dan paling efisien dibandingkan hanya menggunakan sistem dengan tenaga konvensional saja.

Penelitian dari S.Ghose, A. El Shahat dan R.J. Haddad tentang *Wind-Solar Hybrid Power System Cost Analysis using HOMER for Statesboro*[2]. Dalam penelitian yang dilakukan, perbandingan antara sistem *hybrid* yang terhubung dengan grid untuk Statesboro tanpa mempertimbangkan efek dari variabel sensitivitas. Hasil dari simulasi menunjukkan sistem tenaga *hybrid* solar dan angin lebih hemat biaya daripada jaringan yang terhubung untuk beban yang sama. Model *HOMER* yang dirancang lebih hemat biaya dengan COE sebesar 0,0618\$/kWh dan rata-rata tarif listrik perumahan di Statesboro adalah 0,116\$/kWh.

Kemudian ada penelitian dari S. Pak Pahan tentang Sistem *Wind-Diesel* untuk Pembangkit Listrik di Lokasi Dengan Kecepatan Angin Menengah di Indonesia[3], dalam penelitian yang dilakukan kecepatan angin bisa dikategorikan menjadi tiga skala, yaitu skala kecil, menengah dan besar. Secara teknis, pengertian skala kecil adalah pemanfaatan turbin-turbin angin sampai kapasitas 10kW terpasang per unit dengan kecepatan angin rata-rata 2,5 – 4,0 m/s di lokasi, skala menengah dari 10 kW – 100kW dengan kecepatan angin rata-rata 4,0 – 5,0m/s, sedangkan skala besar adalah turbin angin kapasitas di atas 100kW dengan kecepatan angin rata-rata tahunan di atas 5,0m/s.

Kemudian penelitian dari D.K. Yadav, S.P.Girimaji dan T.S. Bhatti tentang *Optimal Hybrid Power System Design Using HOMER*[4], membahas tentang sistem *hybrid wind-diesel* mengurangi jumlah dari diesel yang dibutuhkan sehingga berpengaruh pada biaya operasional dibandingkan dengan hanya menggunakan diesel saja. Pengurangan emisi gas akan membantu melawan pemanasan global. Dengan kemajuan teknologi, biaya sumber daya terbarukan terus menurun dan di sisi lain, kenaikan harga solar membuat pilihan energi terbarukan lebih layak karena generator mengkonsumsi lebih dari sepuluh kali biaya modal bahan bakar dalam satu tahun saja. Dengan meningkatnya kecepatan angin di malam hari, penghematan akan jauh lebih tinggi dan sistem *hybrid wind-diesel* ini terbukti menjadi pilihan yang lebih baik untuk menyediakan listrik yang hemat biaya dan bersih dibandingkan dengan pembangkit listrik diesel saja.

2. METODE PENELITIAN

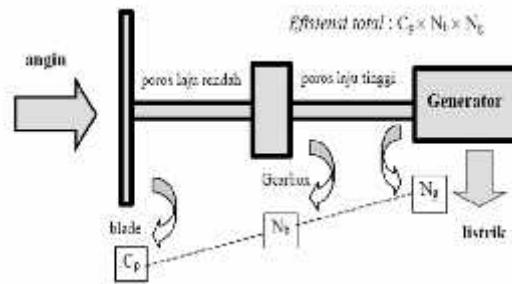
Generator diesel merupakan jenis pembangkit listrik konvensional yang digerakkan oleh teknologi mesin piston berbahan bakar *High Speed Diesel*(HSD). Generator diesel mengubah energi kimia dari bahan bakar menjadi tenaga mekanik untuk menggerakkan rotor generator induksi untuk menghasilkan tenaga listrik. Biaya modal yang murah dan efisiensi bahan bakar yang tinggi merupakan keunggulan dari generator diesel. Akan tetapi kekurangan generator diesel adalah biaya bahan bakar yang sangat tinggi dan menghasilkan gas emisi yang berdampak buruk pada lingkungan[5].

Photovoltaic Array(PV) merupakan suatu teknologi pembangkit listrik yang mengkonversikan energi foton dari surya menjadi energi listrik. Proses konversi ini terjadi pada modul surya yang terdiri dari sel-sel surya. Berdasarkan teknologi pembuatannya sel surya dibagi menjadi tiga jenis, yaitu *Monocrystalline Solar Cell*, *Polycrystalline Solar Cell* dan *Thin Film Solar Cell*(TFSC)[6].

Prinsip kerja dari turbin angin adalah mengubah energi gerak angin menjadi energi putar pada kincir, lalu putaran kincir digunakan untuk memutar generator, yang akhirnya akan menghasilkan listrik. Komponen yang menghasilkan listrik pada rangkaian turbin angin adalah generator. Energi kinetik yang ditangkap oleh turbin angin digunakan untuk memutar rotor[7]. Gambar 1 menunjukkan susunan sel surya hingga membentuk suatu array dan pada Gambar 2 menunjukkan prinsip kerja turbin angin.



Gambar 1 Diagram hubungan sel surya, modul, panel, array[6]



Gambar 2 Prinsip Kerja Turbin Angin[7]

2.1 Total Produksi Energi

Total produksi energi adalah jumlah produksi energi yang dihasilkan dari sumber energi konvensional dan sumber energi terbarukan. Total produksi energi selama masa operasional dapat dihitung oleh HOMER menggunakan persamaan berikut:

$$E_{\text{total produksi}} = E_{\text{gendiesel}} + E_{\text{PV}} + E_{\text{wind turbine}} \quad (1)$$

Dengan $E_{\text{total produksi}}$: total produksi energi dalam kWh; $E_{\text{gendiesel}}$: total produksi energi generator diesel dalam kWh; E_{PV} : total produksi energi dari PV dalam kWh; dan $E_{\text{wind turbine}}$: total produksi energi wind turbine dalam kWh.

2.2 Net Present Cost

Net Present Cost (NPC) adalah biaya total yang dikeluarkan selama pemasangan dan pengoperasian komponen selama masa proyek berlangsung. Biaya meliputi biaya modal, biaya penggantian, biaya Operatonal dan Maintenance (O&M), biaya bahan bakar, dan denda emisi. HOMER menghitung NPC dengan menggunakan persamaan berikut:

$$NPC = \text{Capital Cost} + \text{Replacement Cost} + \text{O\&M Cost} + \text{Fuel Cost} - \text{Salvage} \quad (2)$$

Dengan *Capital Cost* : biaya modal komponen; *Replacement Cost* : biaya penggantian komponen; *O&M Cost* : biaya operasional dan perawatan; *Fuel Cost* : biaya bahan bakar; dan *Salvage* : biaya yang tersisa pada komponen.

2.3 Cost of Energy

Cost of Energy merupakan biaya yang diperlukan untuk menghasilkan tiap 1 kWh energi listrik yang terpakai oleh sistem, hasil pembagian antara biaya tahunan dengan produksi energi tahunan oleh pembangkit cadangan sistem hybrid. HOMER menghitung nilai COE dari masing-masing skenario menggunakan persamaan berikut:

$$COE = \frac{TAC}{E_{\text{total served}}} \quad (3)$$

Dengan TAC : total *annualize cost* atau biaya total tahunan yang dikeluarkan pembangkit cadangan; dan $E_{\text{total served}}$: total energi tahunan untuk melayani beban dalam kWh.

2.4 Renewable Penetration

Renewable Penetration adalah kapasitas energi listrik yang berdasarkan sumber energi terbarukan dari total energi yang dihasilkan oleh pembangkit cadangan. Energi listrik dari sumber energi terbarukan dihasilkan oleh

Renewable Energy System(RES). *HOMER* menghitung nilai *renewable penetration* dari masing-masing skenario menggunakan persamaan berikut:

$$RF = \frac{E_{total\ RES}}{E_{total\ system}} * 100\% \quad (4)$$

Dengan $E_{total\ RES}$: total energi listrik yang dihasilkan oleh *renewable energy systems*(RES); dan $E_{total\ system}$: total energy yang dihasilkan pemangkit sistem dalam kWh.

2.5 Alur Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah simulasi menggunakan perangkat lunak *HOMER*. Data yang digunakan dalam penelitian ini sebagai parameter adalah data kondisi pembangkit yang beroperasi di PLTD daerah Muntok, data beban yang ditanggung oleh PLTD daerah Muntok, dan data intensitas cahaya matahari dan kecepatan angin yang didapatkan dari *Power Data Access Viewer Nasa* dan *HOMER*. Gambar 3 menunjukkan diagram alur penelitian yang dilakukan.

Skenario percobaan yang dilakukan dalam penelitian ini sebanyak 4 skenario, skenario pertama hanya menggunakan komponen generator diesel pembangkit yang terpasang di PLTD Muntok yang terdapat pada Gambar 4, skenario kedua menggunakan komponen generator diesel pembangkit yang terpasang di PLTD Muntok ditambahkan energi terbarukan PV dan konverter yang terdapat pada Gambar 5, skenario ketiga menggunakan komponen generator diesel pembangkit yang terpasang di PLTD Muntok ditambahkan energi terbarukan turbin angin dan konverter yang terdapat pada Gambar 6, dan skenario ke 4 menggunakan komponen generator diesel pembangkit yang terpasang di PLTD Muntok ditambahkan energi terbarukan PV, turbin angin dan konverter yang terdapat pada Gambar 7.



Gambar 3 Diagram alur Penelitian



Gambar 4 Skematik Skenario 1



Gambar 5 Skematik Skenario 2 dengan PV

Gambar 6 Skematik Skenario 3 dengan *Wind Turbine*Gambar 7 Skematik Skenario 4 dengan PV dan *wind turbine*

3. HASIL DAN ANALISIS

PLTD daerah Muntok menggunakan generator diesel sebagai pembangkit utamanya. Dalam permodelan pembangkit *hybrid* dimana komponen sistem yang digunakan terdiri dari generator diesel yang beroperasi di PLTD daerah Muntok, PV, turbin angin dan konverter. Penelitian ini terdiri dari empat skenario yang model dan komponen masing-masing skenario dapat dilihat pada Gambar 4, Gambar 5, Gambar 6, dan Gambar 7.

Hasil dari nilai ekonomis sistem pembangkit masing-masing skenario dibandingkan untuk dapat menentukan pembangkit sistem *hybrid* mana yang paling optimal. Hasil nilai ekonomis sistem pembangkit pada skenario pertama dimana hanya menggunakan sistem pembangkit generator diesel yang ada di PLTD Muntok didapatkan total produksi energi menghasilkan 7.291.468 kWh/tahun, dengan total nilai *Net Present Cost*(NPC)

sebesar Rp 233.132.785.290, nilai *Cost of Energy*(COE) sebesar Rp 2.473,36/kWh dan nilai *Renewable Penetration* sebesar 0% yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Hasil nilai ekonomis sistem pembangkit pada skenario kedua dimana menggunakan sistem pembangkit *hybrid* generator diesel yang ada di PLTD Muntok ditambahkan dengan pembangkit energi terbarukan PV didapatkan total produksi energi menghasilkan 7.734.677 kWh/tahun, dengan total nilai NPC sebesar Rp 200.301.836.511, nilai COE sebesar Rp 2.125/kWh dan nilai *Renewable Penetration* sebesar 26% dikarenakan pembangkit energi terbarukan PV menghasilkan 26% dari total produksi energi yang dihasilkan yang dapat dilihat pada Tabel 2.

Hasil nilai ekonomis sistem pembangkit pada skenario ketiga dimana menggunakan sistem pembangkit *hybrid* generator diesel yang ada di PLTD Muntok ditambahkan dengan pembangkit energi terbarukan *wind turbine* didapatkan total produksi energi menghasilkan 7.710.520 kWh/tahun, dengan total nilai NPC sebesar Rp 192.734.272.442, nilai COE sebesar Rp 2.044,76/kWh dan nilai *Renewable Penetration* sebesar 25% dikarenakan pembangkit energi terbarukan *wind turbine* menghasilkan 25% dari total produksi energi yang dihasilkan yang dapat dilihat pada Tabel 3.

Hasil nilai ekonomis sistem pembangkit pada skenario keempat dimana menggunakan sistem pembangkit *hybrid* generator diesel yang ada di PLTD Muntok ditambahkan dengan pembangkit energi terbarukan *wind turbine* dan PV didapatkan total produksi energi menghasilkan sebesar 7.987.584 kWh/tahun dengan total nilai NPC sebesar Rp 187.881.238.771, nilai COE sebesar Rp 1.993,28/kWh dan nilai *Renewable Penetration* sebesar 32% dikarenakan pembangkit energi terbarukan *wind turbine* dan PV menghasilkan 32% dari total produksi energi yang dihasilkan yang dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 1
Nilai ekonomis pembangkit skenario 1

Kriteria Penilaian	Nilai
Total produksi Energi(kWh)/tahun	7.291.468
NPC(Rupiah)	233.132.785.290
Cost of Energy(Rupiah)	2.473,36
Renewable Penetration(%)	0

Tabel 2
Nilai ekonomis pembangkit skenario 2

Kriteria Penilaian	Nilai
Total Produksi Energi(kWh)/tahun	7.734.677
NPC(Rupiah)	200.301.836.511
Cost of Energy(Rupiah)	2.125
Renewable Penetration(%)	26

Tabel 3
Nilai ekonomis pembangkit skenario 3

Kriteria Penilaian	Nilai
Total Produksi Energi(kWh)/tahun	7.710.520
NPC(Rupiah)	192.734.272.442
Cost of Energy(Rupiah)	2.044,76
Renewable Penetration(%)	25

Tabel 4
Nilai ekonomis pembangkit skenario 4

Kriteria Penilaian	Nilai
Total Produksi Energi(kWh)/tahun	7.987.584
NPC(Rupiah)	187.881.238.771
Cost of Energy(Rupiah)	1.993,28
Renewable Penetration(%)	32

4. KESIMPULAN

Penelitian ini menghasilkan tiga macam permodelan pembangkit *hybrid* yaitu PV-diesel, *wind turbine*-diesel, dan PV-*wind turbine*-diesel. Nilai NPC dari model pembangkit *hybrid* keempat yaitu PV-*wind turbine*-diesel menghemat biaya NPC dan *cost of energy* sampai 20 %,menghasilkan total nilai NPC sebesar Rp187.881.238.771 dibandingkan skenario 1 yang hanya menggunakan sistem pembangkit generator diesel yang nilai NPC nya sebesar Rp 233.132.785.290 dengan nilai *cost of energy* sebesar Rp 1.993,28/kWh lebih murah dibandingkan skenario 1 yang sebesar Rp 2.473,36/kWh. Sistem penyedia daya cadangan *hybrid* PV-*wind turbine*-diesel paling optimal digunakan dibandingkan sistem *hybrid* yang lain, terbukti sistem penyedia daya cadangan *hybrid* PV-*wind turbine*-diesel juga paling ekonomis.

UCAPAN TERIMAKASIH

Dalam pembuatan paper ini banyak pihak yang membantu penulis sehingga dapat menyelesaikan paper ini, untuk itu penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak Husein Mubarak S.T., M.Eng. selaku pembimbing yang selalu memberikan bimbingan kepada penulis.
2. Orang tuaku, Bapak R Eko Purwantoro dan Ibu Novianty serta kakak dan adik, Putri Rahmadayanti dan Nur Zahra Ramadhayani yang selalu memberikan semangat, motivasi, dan inspirasi dalam bentuk apapun.
3. Geni Erjiani yang selalu memberikan semangat, motivasi dan inspirasi dalam bentuk apapun.
4. Saudara-saudara Teknik Elektro UII pada umumnya dan khususnya angkatan 2013 atas doa dan dukungannya.
5. Pihak lain yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu dalam penyelesaian paper ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Abubakar, The Application of Homer Optimization Software to Investigate the Prospects of Hybrid Renewable Energy System in Rural Communities of Sokoto in Nigeria, 2017: vol. 7, no. 2, pp. 596–603
- [2] S. Ghose, A. El Shahat, and R. J. Haddad, Wind-Solar Hybrid Power System Cost Analysis using HOMER for Statesboro , Georgia, 2017 : vol. 8, pp. 3–5,.
- [3] S. Pakpahan, SISTEM WIND-DIESEL UNTUK PEMBANGKIT LISTRIK ANGIN DENGAN KECEPATAN ANGIN MENENGAH DI INDONESIA”
- [4] D. K. Yadav, S. P. Girimaji, and T. S. Bhatti, Optimal Hybrid Power System design using HOMER, 2016. :no. 1, pp. 1–6,
- [5] D. H. Wang, C. V Nayar, and C. Wang, Modeling of Stand-alone Variable Speed Diesel Generator, 2010 : pp. 1–6,.
- [6] D. Purnama Sari and R. Nazir, OPTIMALISASI DESAIN SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA HYBRID DIESEL GENERATOR PHOTOVOLTAIC ARRAY MENGGUNAKAN HOMER (STUDI KASUS : DESA SIRILOGUI, KABUPATEN KEPULAUAN MENTAWAI), 2015 : no. 1, pp. 1–12
- [7] R. Sumiati and A. Zamri, “Rancang bangun miniatur turbin angin pembangkit listrik untuk media pembelajaran,” pp. 1–8.