

Analisis Pembangkit Hybrid Energi Terbarukan Dengan Metode Particle Swarm Optimization (PSO)

Mansur 1¹⁾, Sarwo Pranoto 2²⁾, Agus Siswanto 3³⁾, Luther Pagiling 4⁴⁾

^{1,4} Fakultas Teknik Universitas Halu Oleo Kendari

² Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta

³ Fakultas Teknik Universitas 17 Agustus Cirebon

¹*mansur_naufal@yahoo.com*, ²*Sarwoprano@umy.ac.id*, ³*asiswanto@untagcirebon.ac.id*, ⁴*luther.pagiling@uho.ac.id*

Abstrak

Pada penelitian ini menggunakan energi baru terbarukan (EBT) yang dirancang secara hybrid antara Photovoltaik (PV) dan Wind Turbine (WT). Penelitian ini dilaksanakan di pulau Maginti terletak di sebelah barat laut Muna yang dibatasi oleh Selat Tiworo dan merupakan daerah yang terisolir yang menggunakan generator diesel. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi berapa besar potensi sumber energi terbarukan antara potensi matahari dan angin untuk pengembangan peancangan pembangkit listrik secara hybrid antara Photovoltaic (PV) dan Wind Turbine (WT). Perancangan pembangkit listrik tenaga hybrid (PLTH) dioptimasi menggunakan simulasi Particle Swarm Optimization (PSO). Dari hasil simulasi diperoleh bahwa jumlah Wind Turbine (WT) terdiri dari 227 unit dan jumlah panel Photovoltaic (PV) terdiri dari 319 unit dengan total daya beban 80 kW dan biaya investasi yang harus dibutuhkan sebesar 406102,4 \$.

Keywords: Hybrid, Renewable Energy, Particle Swarm Optimization

I. PENDAHULUAN

Energi listrik merupakan kebutuhan utama bagi kehidupan manusia untuk menjalankan aktifitasnya. Seiring dengan perkembangan ekonomi dan infrastruktur disegala bidang maka terjadi permintaan daya listrik semakin meningkat dengan cepat. Oleh karena itu sangat diperlukan sistem teknologi pembangkit yang andal utamanya pada daerah kepulauan [1], atau daerah tidak terjangkau jaringan listrik, dengan pembangkit memakai sistem teknologi hybrid. Pengembangan teknologi hybrid ini di harapkan dapat menjadi solusi problematika pengembangan akan energi listrik di daerah terpencil dan daerah kepulauan dengan memanfaatkan energi baru terbarukan setempat untuk pemenuhan kebutuhan energi listriknya [2].

Sistem pembangkit listrik tenaga hybrid (PLTH) adalah suatu teknologi sistem pembangkit yang memakai beberapa energi baru terbarukan seperti turbin angin, energi surya, mikrohidro, biomasa dan baterai sebagai penyimpanan energi [3]. Sistem pembangkit listrik tenaga hybrid (PLTH) dapat dikembangkan di daerah terpencil dan di daerah kepulauan, namun pemanfaatan energi terbarukan mempunyai kendala yang harus di hadapi yaitu kecepatan angin dan radiasi matahari yang fluktuasi sehingga daya yang dihasilkan tidak konstan sehingga diperlukan battery sebagai penyimpanan energi [4]. Sistem pembangkit listrik tenaga hybrid (PLTH) [5] menjadi kunci sistem pembangkit sistem kelistrikan masa depan, karena sistem hybrid menggabungkan beberapa jenis pembangkit dari energi terbarukan yang tidak menimbulkan polusi udara dan dengan menambah sistem penyimpanan, pengontrolan beban dan sistem pengaturan energi (Energy Management System – EMS). Sehingga pembangkit listrik tenaga hybrid (PLTH) menjadi solusi terbaik untuk daerah terpencil dan dan daerah kepulauan.

Para peneliti terdahulu telah banyak melakukan penelitian hybrid dengan menggunakan generator diesel yang memakai bahan bakar minyak sehingga sangat tidak

efesien karena biaya operasionalnya mahal dan tidak ramah lingkungan .

Penelitian ini dilakukan untuk mencari nilai paling optimal jumlah pembangkit energi baru terbarukan agar pengoprasian lebih optimal dan lebih efisien. Untuk penelitian ini memakai metode Particle Swarm Optimization (PSO) [6] berkontribusi pada penerapan algoritma metaheuristik untuk menghitung sumber energi terbarukan secara optimal berdasarkan potensi yang ada sehingga energi listrik yang dihasilkan ke beban bisa berlangsung secara kontinyu dan menghitung juga biaya investasi yang harus dikeluarkan pada pembangkit listrik tenaga hybrid (PLTH).

II. KAJIAN LITERATUR

A. Sistem Hybrid

Sistem pembangkit listrik tenaga hybrid (PLTH) menghubungkan beberapa pembangkit energi terbarukan yang berbeda untuk membangkitkan energi listrik. Pembangkit listrik tenaga hybrid (PLTH) ini didesain tanpa menggunakan pembangkit generator diesel yang menggunakan bahan bakar minyak.

Sistem hybrid terdapat alat inverter yang berfungsi untuk mengkonversi energi listrik DC yang berasal dari energi photovoltaik, angin, untuk energi listrik AC, kemudian kelebihan akan energi yang dihasilkan akan disimpan pada baterai untuk digunakan pada saat terjadi beban puncak atau *peak load*.



Gambar 1. Sistem Hybrid Pembangkit

Beberapa jenis pembangkit energi baru terbarukan seperti panel Photovoltaik (PV) Wind Turbine (WT) dipasang untuk pembangkit listrik secara hibrid. Pemasangan charger controller berfungsi untuk mengontrol kapasitas pembangkit yang terpasang pada sistem microgrid. Panel Photovoltaik (PV) dan Wind Turbine (WT) dihubungkan ke bus DC kemudian inverter bus tersebut dihubungkan dengan bus AC.

B. Solar Photovoltaic panel.

Photovoltaik merupakan sumber pembangkit listrik energi terbarukan yang merubah energi dari sinar matahari menjadi energi listrik tanpa menghasilkan gas emisi. Keluaran daya dari Photovoltaic (PV) sangat tergantung pada kondisi radiasi matahari dan temperatur. Parameter yang berlaku pada modul, Photovoltaic (PV) akan diukur dengan standart test condition (STC) terjadi pada radiasi 1000 W/m² dan dengan nilai temperatur sel 25°[7].

$$P_{pv} = \eta_{pv} A I(t) (1 - 0,005(T_o(t) - 25)) \forall t > 0 \quad (1)$$

Dimana

- P_{pv} = daya keluaran dari modul saat radiasi (W),
- η_{pv} = efisiensi panel (%)
- A = luas permukaan panel surya (m²)
- I = radiasi aktual (W/m²),
- T_o = temperatur sel dalam °C.

C. Wind Turbin.

Pembangkit listrik tenaga angin adalah pembangkit listrik yang merubah tenaga angin menjadi tenaga listrik. Angin yang bertiup kearah wind turbine akan menggerakkan kipas akan memutar generator menghasilkan energi listrik. Daya yang dihasilkan pada generator tergantung dari kecepatan angin yang memutar wind turbine[8].

$$P_{wt}(t) = \begin{cases} 0 & V(t) < V_{ci} \\ \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot V^3 \cdot \eta_w & V_{ci} \leq v(t) < V_r \\ P_{rated} & V_r \leq v(t) \leq V_{co} \\ V_{co} & v(t) > V_{co} \end{cases} \quad (2)$$

Dimana

- P_{rated} = daya keluaran dari turbin angin (W)
- V_{ci} = cut in (m/s),
- V_{co} = kecepatan cut-out (m/s)
- V_r = rating kecepatan angin (m/s)
- η_w = efisiensi wind turbin,
- ρ = kerapatan udara (kg/m³)
- A = daerah sapuan (m²)

D. Perhitungan Biaya Investasi

Pada penelitian ini menghitung juga biaya investasi sistem pembangkit energi terbarukan antara Photovoltaic (PV) dan Wind Turbine (WT). Nilai investasi yang harus dikeluarkan pada pembangkit Photovoltaic (PV) [9] dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut

$$C_{PV} = N_{PV} \times Cost_{PV/Unit} \quad (3)$$

Dimana ;

- C_{PV} = Biaya investasi PV (\$)
- N_{PV} = Jumlah PV yang terpasang (unit)
- $Cost_{PV/Unit}$ = Harga PV per unit (\$)

Sedangkan biaya investasi yang harus dikeluarkan pada pembangkit wind turbine (WT)

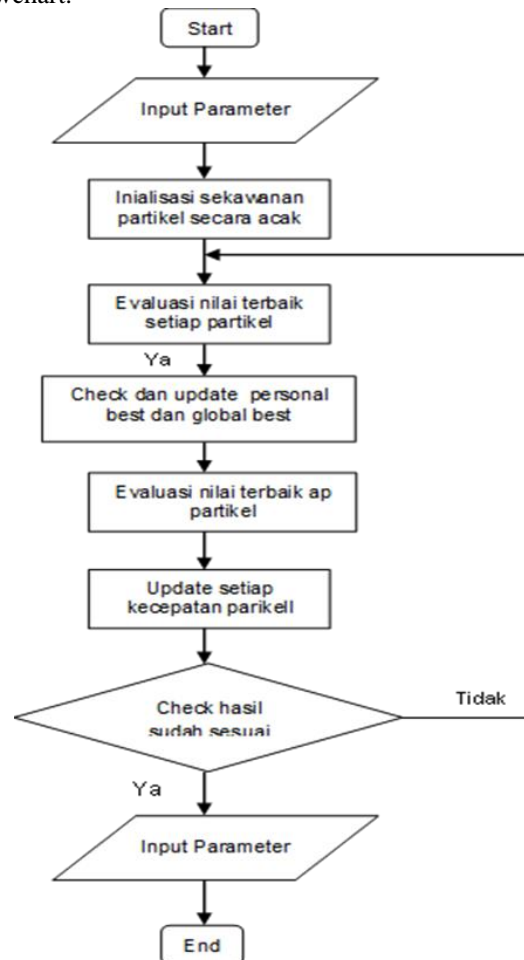
$$C_{WT} = N_{WT} \times Cost_{WT/Unit} \quad (4)$$

Dimana :

- C_{WT} = Nilai biaya WT (\$)
- N_{WT} = Jumlah WT yang terpasang (unit)
- $Cost_{WT/Unit}$ = Harga WT per unit (\$)

III. METODE PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan nilai ukuran pembangkit yang terdiri dari Photovoltaic (PV), dan Wind Turbine (WT). Untuk mendapatkan ukuran optimal memakai komputasi kecerdasan buatan dengan Particle Swarm Optimization (PSO)[10]. Sistem Particle Swarm Optimization (PSO) merupakan salah satu yang masuk dalam algoritma kecerdasan buatan (*artificial intelligence*) yang termasuk kategori swarm intelligence yang masuk algoritma yang terinspirasi oleh perilaku sosial kolektif koloni burung yang diambil dari pergerakan burung yang direpresentasikan sebagai pergerakan particle yang ditentukan oleh nilai dan posisi sebelumnya dan nilai kecepatan saat ini. Implementasi algoritma sesuai dengan flowchart.



Gambar 2. Flowchart metode PSO

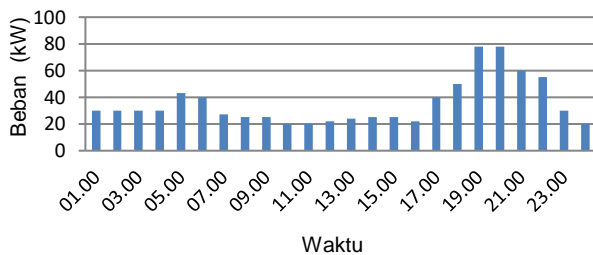
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilaksanakan di pulau Maginti terletak di sebelah barat laut Muna yang dibatasi oleh Selat Tiworo tepatnya diposisi $4^{\circ}50'8.46-4^{\circ}50'6.73$ LB dan $122^{\circ}11.34.09'-122^{\circ}11'46.00^{\circ}$ BT Sulawesi Tenggara Indonesia di peroleh dari NASA [11] mempunyai potensi radiasi matahari dan kecepatan angin yang dapat menghasilkan energi matahari dan energi angin.

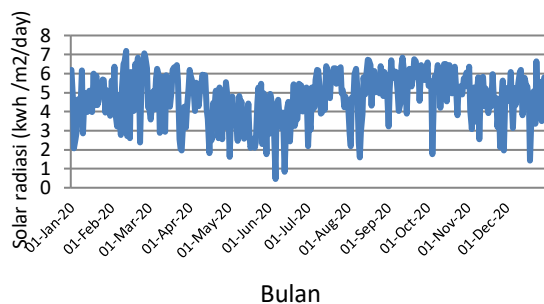
Tabel 1. Spesifikasi Panel Surya dan Turbin Angin.[12]

Parameter	Nilai
Tipe PV panel	Polycrystalline
Daya PV pane	300 W
NOTC	45°
Isc	0.27 A
Apv	1.9433 m
Harga per unit	\$ 276,26
Tipe sumber daya	Wind Generator
Daya Generator	500 W
Kecepatan angin starting	1m/s
Kecepatan angin rating	10 m/s
Bekerja di kecepatan angin	1-25 m/s
Harga per unit	\$ 1,399

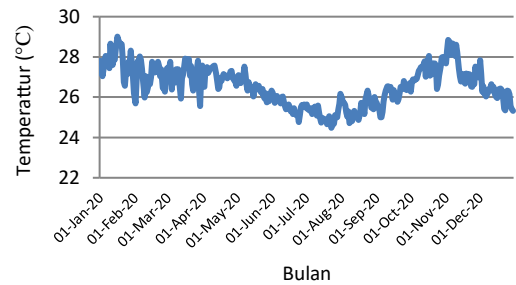
Pemakaian daya listrik pada pulau Maginti di pakai untuk kebutuhan setiap rumah. Perhitungan sistem tenaga listrik secara hybrid digunakan untuk memenuhi kebutuhan listrik 178 rumah dengan kapasitas daya 450 VA dengan kapasitasa daya 80.000 VA. Pemakaian energi listrik setiap rumah sebesar 530,20 watt perjam. Gambar 3 memperlihatkan profil beban harian pada daerah Maginti dengan jumlah beban yang terpakai dalam satu hari.



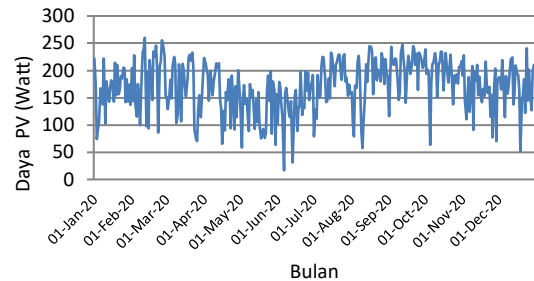
Gambar 3. Profile beban daerah Maginti



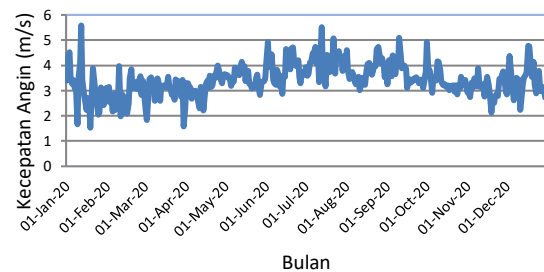
Gambar 4. Data solar radiasi matahari setiap bulan dalam satu tahun



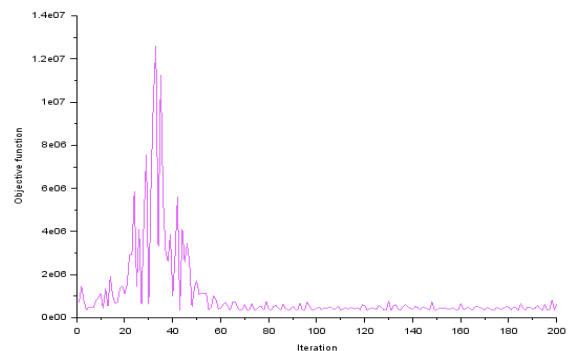
Gambar 5. Data temperatur matahari setiap bulan dalam satu tahun



Gambar 6. Data temperatur matahari setiap dalam satu tahun



Gambar 7. Data kecepatan angin setiap bulan dalam satu tahun



Gambar 8. Kurva konvergensi dengan PSO

Gambar 8 menunjukkan bahwa algoritma PSO untuk mendapatkan jumlah pembangkit secara optimal akan menjajikan parameter seperti jumlah partikel dan raptor dengan iterasi di pasang pada nilai 30 dan inertia weigh minimum sebesar 0,4 dan inertia weight maksimum sebesar

0,9. Dan nilai c1 adalah 2 nilai c2 adalah 2 dan jumlah iterasi 200. Dengan perhitungan optimal panel surya dan turbin angin menggunakan Particle Swarm Optimization (PSO) dengan daya 80 kW.

Tabel 2. Hasil Optimasi Particle Swarm Optimization (PSO)

Algoritma	Jumlah NWT	Jumlah NPV	Pmax (KW)
PSO	227,21	319,19	83,01
PSO	227	319	83

Mengaju pada spesifikasi harga perunit dari photovoltaik (PV) dan wind turbine (WT) maka biaya investasi yang dibutuhkan

Tabel 3. Nilai investasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dan Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB)

Algoritma	C _{WT} (\$)	C _{PV} (\$)	Total Biaya (\$)
PSO	317866	88235,4	406.102,4

V. KESIMPULAN

Bersarkan hasil dan pembahasan yang telah dilakukan maka kesimpulannya sebagai berikut

1. Berdasarkan hasil konfigurasi sistem hybrid pada daerah Pulau Maginti mempunyai potensi untuk dikembangkan energi baru terbarukan (EBT) secara hybrid antara Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dan Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB).
2. Berdasarkan hasil simulasi yang telah dilaksanakan dengan perangkat lunak sistem Scilab dengan metode Particle Swarm Optimization (PSO) nilai yang optimal yang didapatkan jumlah wind turbine (WT) sebesar 227 unit dan jumlah photovoltaic (PV) sebesar 319 unit.
3. Nilai Investasi Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) sebesar 317866 \$ dan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) sebesar 88235,4 \$ jadi total keutuhan investasi sebesar 406102,4 \$.

REFERENSI

[1] A.S, Gardon, I.M, Made, G.I.P Tjok," Analisis Pembangkit Listrik Hybrid Grid Connected Di Villa Peruna Saba Giayar-Bali", Jurnal Spektrum, Vol.6, No.2. 2019, pp 1-6.

[2] Mansur, M. Salama., A.Ardiaty., S.A. Yusri," Hybrid renewable generation palanning for isolated microgrid in Indonesia with metaheuristic approach", PRZEGLAD ELEKTROTECHNICZNY, ISSN 0033-2097.R.97 NR11/2021, pp 45-49.

[3] Mutmainnah and Rahmaniah,"Perancangan Pembangkit Tenaga Hybrid di Pulau Samalona", Seminar Nasional Teknik Elektro Dan Informatika (SNTEI) 2017, pp. 38-42.

[4] H.Wei, T.Le, S.Tason, E.C.Pietro, Y.Jimyue," Optimal analysis of hybrid renewable power system for remote island". Renewable Energy, 2021, pp. 96-104.

[5] T. Abu, A. Robiah, A. Norulhusna." Optimal design off-grid hybrid renewable energy system for electrification of One Fathom Bank Malaysia",IEEE Xplore, 2021, pp.1-5.

[6] A. Ritika, K.T. Vijay, H.P. Sinh, S. Sukhbir, "PSO Optimized PID Controler Design for Performance Enhancement of Hybrid Rebewable Energy System", IEEE Xplore, 2020, pp. 1-5.

[7] U. Akram., M. Kahalid., S. Shafiq,"Optimal sizing of a wind/solar/battery hybrid grid-connected microgrid system",JET Renewable Power Generation, 12, 2017, pp. 73-80.

[8] M. Kharrich, Y.Sayoti, M. Akherraz,"Optimal Microgrid Siziing and Daily Capacity Stored Analysis Summer and Winter Season",Proc. of 4th International Conference on Optimization and Aplications (ICOA), 2018, pp 1-6.

[9] M.K. Gauri, Kalyani., V.Geetanjali,"Implementation of Analytical Method and Improved Particle Swarm Optimization Sizing of Sandalone PV/Wind and Battery Energy Storage Hybrid System",5th International Conference for Conference in Technology (I2CT), 2019, pp.1-5.

[10] S. Salmon,"Particle Swarm Optimization in Scilab ver 0.1-7",Performance Evaluation", 2011, pp.1-26.

[11] NASA Atmospheric Science Data Centre Available <http://cosweb.larc.nasa.gov/>

[12] A.R.Ashar,"Modeling and Optimization of Microgrids as Alternative Energy Sources at Campus 2 Ujung Pandang State Polytechnic", Thesis Hasanuddin University, Indonesia, 2019.