

Analisis Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid (*Solar Cells & Wind Turbine*) Untuk Kelistrikan Rumah Tinggal

Rohmaniyyah^{*)}, Siti Anisah

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Pembangunan Panca Budi Medan
Jl. Gatot Subroto No.km, Simpang Tj., Kec. Medan Sunggal, Kota Medan, Sumatera Utara 20122, Indonesia
email: -

Abstract — *Hybrid Power Plant (PLTH) is a power plant connected from various types of renewable energy sources or with non-renewable energy sources. The limited conventional energy sources are the reasons behind the growing use of renewable energy in Indonesia. One of the potential energies to be developed in Indonesia is solar energy and wind energy. This study aims to design a small-scale PLTH, then analyze the output power generated when the hybrid generator operates using batteries as an indicator. The control process occurs by using voltage display as a means to determine the voltage on each genset and battery. The first method used is a study of the potential of these two energies. Then calculate the capacity needed for each component. Next is to prepare the design of the generator whose capacity has been calculated to become a hybrid generator. The final step is to implement the genset design to be applied to small-scale household loads of 40 Watts including 2 lights and 1 fan. Based on the design results obtained from the solar cell, the module size is 40 Wp, the fill factor is 0.73, and the efficiency is 13%, while the wind turbine design produces power of 1.169 Watts with a wind speed of 3.5 m/s and the highest efficiency reaching 64%. Then the solar charge controller capacity is 2.32 A, the inverter capacity is 50 Watts, and the total battery energy is 3.33 Ah. Battery charging takes 6.6 hours in clear weather and 8.3 hours in cloudy weather, reaching 20%-100% of its capacity.*

Abstrak — Pembangkit Listrik Tenaga Hibrid (PLTH) merupakan pembangkit listrik yang terhubung dari beberapa jenis sumber pembangkitan energi terbarukan atau dengan sumber energi tak terbarukan. Terbatasnya sumber energi konvensional penyebab berkembangnya penggunaan energi terbarukan di Indonesia. Salah satu energi potensial untuk yang dikembangkan di Indonesia adalah energi surya dan energi angin. Penelitian ini bertujuan untuk merancang PLTH skala kecil, kemudian menganalisa daya keluaran yang dihasilkan saat generator hybrid bekerja Gunakan baterai sebagai indikator. Proses pengendaliannya terjadi dengan menggunakan tampilan tegangan sebagai medianya untuk mengetahui tegangan pada masing-masing genset dan aki. Metode pertama yang digunakan adalah studi potensi kedua energi ini. Kemudian hitung kapasitas yang dibutuhkan masing-masing komponen. Berikutnya adalah menyiapkan rancangan generator yang telah diperhitungkan kapasitasnya untuk menjadi generator hybrid. Langkah terakhir adalah mengimplementasikan desain genset untuk diterapkan pada beban rumah tangga skala kecil sebesar 40 Watt termasuk 2 lampu dan 1 kipas angin. Berdasarkan hasil perancangan yang dilakukan pada solar cell maka diperoleh kapasitasnya ukuran modul 40 Wp, fill factor 0,73 dan efisiensi 13%, sedangkan rancangan turbin angin menghasilkan daya sebesar 1,169 Watt dengan kecepatan angin 3,5 m/s dan efisiensi tertinggi mencapai 64%. Kemudian kapasitas solar charge controller sebesar 2,32 A, kapasitas inverter sebesar 50 Watt, dan total energi baterai sebesar 3,33 Ah. Pengisian baterai mencapai 20%-100% Kapasitasnya memakan waktu 6,6 jam saat cuaca cerah dan 8,3 jam saat cuaca mendung

Kata Kunci — Desain, Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid, Solar Cell, Wind Turbine.

***) penulis korespondensi:** Rohmaniyyah
Email: -

I.PENDAHULUAN

Meningkatnya penggunaan energi listrik meningkat setiap tahunnya adalah satu karakteristik pembangunan suatu negara di sektor tersebut industri. Berdasarkan data Rencana Umum Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) di PT PLN (Persero) pada tahun 2013-2023 menyatakan bahwa kebutuhan listrik masyarakat setiap tahunnya sekitar 55.000 MW. Jadi rata-rata kenaikan kebutuhan listrik sebesar 5.500 MW dari total daya 32.000 MW (57%). dibangun oleh PLN, sedangkan sisanya (43%) dibangun oleh pengembang listrik swasta. Beberapa sumber data lainnya antara lain: BPPT menyatakan kenaikan energi listrik setiap tahunnya sekitar 8,3% per tahun. Pembangkit listrik hibrida adalah pembangkit listrik terhubung dari beberapa jenis sumber pembangkit energi terbarukan atau dengan sumber energi tak terbarukan. Generator ini merupakan alternatif dan solusi untuk implementasi di bidang yang sulit dijangkau oleh sistem pembangkit yang dimilikinya kapasitas besar. Berdasarkan data mengenai meningkatnya kebutuhan energi listrik, sehingga mendorong orang untuk memanfaatkan potensi energi yang tersedia dapat diubah menjadi energi listrik. Secara umum jenis energi dibedakan menjadi 2 yaitu pertama, sumber energi konvensional seperti pembangkit listrik tenaga batu bara Dan seterusnya. Kedua, sumber energi terbarukan seperti PLTS dan PLTB dengan memanfaatkan cahaya matahari dan energi angin untuk diubah menjadi energi listrik. Terbatasnya sumber energi konvensional salah satu latar belakang perkembangannya pemanfaatan energi terbarukan di Indonesia.

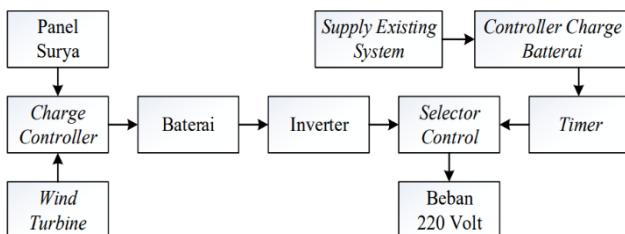
Indonesia mempunyai iklim tropis dan adalah negara yang terdiri dari cluster kepulauan, begitu juga Indonesia keuntungan bagi pengembangan pembangkit listrik yang berasal dari alam. Salah satu energi itu potensi untuk dikembangkan di Indonesia adalah energi matahari dan energi angin. Keduanya dapat digabungkan menjadi generator tenaga listrik hibrida (sel surya dan turbin angin). Salah satu kegunaan nyata dari pemanfaatan kedua energi tersebut dapat diimplementasikan untuk beban skala kecil, sehingga menjadi salah satu solusi penghematan energi listrik di skala rumah tinggal.

Beberapa penelitian telah dilakukan mengenai pemanfaatan pembangkitan energi secara optimal terbarukan, termasuk oleh A. Soba, dkk mengenai optimalisasi sistem pembangkit hibrida (PV – Diesel) menggunakan pemodelan

Rumah. Diantara optimalisasi yang dilakukan dapat berupa kapasitas optimal atau potensi, serta biaya yang dibutuhkan membangun dan mengintegrasikan pembangkit listrik hibrida. Penelitian lain dilakukan oleh Winanti, N dan Purwadi, A [8] yaitu menganalisis tentang penggunaan energi terbarukan sebagai sumber energi meningkat rata-rata sekitar 4,7%, pada tahun 2016 meningkat 7,1%, namun penggunaan tenaga surya sebagai sumber energi hanya mencapai 1%. Oleh karena itu desainnya Pembangkit listrik yang sesuai harus dirancang Sehat. Penelitian ini akan menunjukkan hal itu sistem terdistribusi *hybrid* lebih cocok dan berlaku di wilayah perbatasan. Berdasarkan latar belakang masalah di atas, kemudian peneliti melaksanakan "Perancangan Sistem Pembangkit Listrik Hibrid (Sel Surya dan Turbin Angin) untuk Beban Rumah Tangga". Jadi, Anda dapat berkontribusi meningkatnya permasalahan energi listrik meningkat setiap tahunnya. Selain itu juga berguna dalam pengembangan energi terbarukan di Indonesia. Sehingga bisa mengurangi penggunaan sumber energi fosil atau tidak terbarukan

II. METODE PENELITIAN

A. Desain Sistem



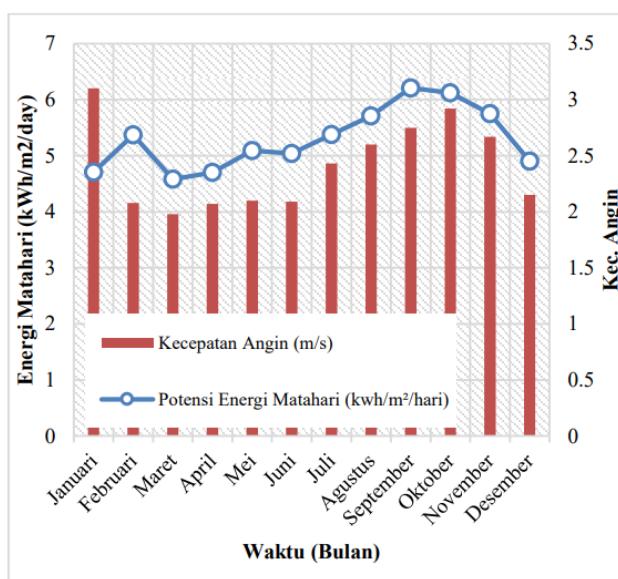
Gbr. 1 Blok Diagram Sistem

Gambar diatas menjelaskan perencanaan desain pada pembuatan peralatan sistem pembangkit hibrida menggabungkan kedua sumber pembangkit untuk menyuplai beban. Sumber utama yang dimanfaatkan adalah sinar matahari yang akan diserap oleh panel surya dan angin untuk memutar generator. Untuk memasok tegangan yang dilewati panel surya dan turbin angin charge controller yang akan mengisi baterai untuk menyuplai beban melalui inverter untuk terus digunakan pada beban AC 220 volt pada waktu 4 jam per hari Perancangan sistem dimulai dengan mencari potensi energi dari lokasi penelitian. Potensi yang dicari berupa penyinaran matahari, suhu dan kecepatan angin. Setelah mendapatkan data potensial, selanjutnya adalah melakukan perhitungan perencanaan sel surya dan turbin angin. Pada sel surya, sizing dilakukan modul surya dan jenis modul yang digunakan pada penelitian ini adalah tipe polikristalin. Sedangkan desainnya dilakukan pada turbin angina jenis turbin angin dan generator. Sedangkan untuk turbin Angin yang digunakan adalah turbin angin dengan Tipe Savonius. Ketika sel surya dan turbin angin selesai dibangun dirancang, maka langkah selanjutnya adalah menghubungkan energi listrik yang dihasilkan oleh kedua sumber tersebut pengontrol muatan yang berfungsi menghubungkan kedua energi ini di lanjutkan ke pengisian baterai. Pengisian baterai dengan sel surya dan angina turbin terjadi selama 6,6 – 8,3 jam per hari. Setelah baterai terisi, baterai dapat digunakan untuk suplai ke beban skala kecil sehingga terjadi penghematan penggunaan energi listrik beban perumahan. Karena beban AC yang digunakan maka

diperlukan inverter untuk mengubah energi listrik dari DC menjadi AC.

B. Potensi Energi Matahari dan Angin

Energi matahari dan energi angin dapat diperoleh digunakan sebagai PLTH berbasis Badan Penerbangan dan Antariksa (NASA) dengan data lokasi tahun 2019 Haji Gofur Desa Rawa Tengah Kota Cimahi dapat dilihat pada tabel :



Gbr. 2 Potensi energi matahari dan kecepatan angin Tahun 2022

Berdasarkan Gambar 2, potensi penyinaran matahari Yang terbesar terjadi pada bulan September dan itu terendah pada bulan Maret. Sementara itu potensi Angin terendah juga terjadi pada bulan Maret. Nah, untuk implementasi desain PLTH itu dilakukan pada bulan Maret dengan tujuan PLTH masih bisa bekerja dalam cuaca buruk. Sedangkan untuk Perancangan PLTH pada penelitian ini dilakukan di Maret hingga Agustus 2022

C. Analisis Kebutuhan Beban

Perancangan awal PLTH ini diawali dengan menentukan besar kecilnya beban yang akan disalurkan. Beban yang digunakan terdiri dari beberapa jenis peralatan yang biasa digunakan untuk kebutuhan rumah tangga dalam skala kecil, sekitar 160 Wh untuk penggunaan 4 jam. Nilai tersebut disesuaikan dengan spesifikasi sel surya dan turbin angin, serta pertimbangan nilai isolasi surya per hari. Tabel 2 merupakan tabel beban konsumsi harian yang akan disuplai oleh PLTH pada penelitian ini:

TABEL I
DATA HASIL PENGUKURAN TEGANGAN DAN ARUS DARI PANEL SURYA

Peralatan	Energi (Watt)	Penggunaan Perhari (hours)	Energi yang dipakai perhari (Watt hours)
Kipas angina jepit	18	4	72
Lampu 1	10	4	40
Lampu 2	12	4	48
Total pada beban perhari			160 Wh

Waktu (Jam)	Kecepatan angin (m/s)	Putaran poros (rpm)	Tegangan DC (volt)	Arus DC (mA)
06.00 – 10.00	2,4	34	12,85	1,8
10.00- 14.00	3	41	12,93	1,8
14.00- 18.00	3,5	44	12,98	1,8

Tabel 4 merupakan tabel hasil pengujian pada Turbin angin tipe Savonius. Sedangkan Tabel 5 merupakan tabel hasil uji angina turbin bila digunakan untuk mengisi baterai melalui pengontrol muatan surya. Tentang hasil pengukuran tegangan terjadi penurunan nilai sebelumnya 20,3 V menjadi 12,85 V dan stabil kemudian naik menjadi 12,98 V. Saat ini meningkat menjadi dari 10,2 mA menjadi 1,8 A dan stabil pada angka tersebut. Masalah ini terjadi karena tegangan dan arus sudah distabilkan oleh SCC. Dalam melakukan Tegangan dan arus pengisian baterai harus stabil agar baterai tidak cepat rusak mengukur tegangan dan arus pada turbin angina saat mengisi baterai akan konstan meskipun kecepatan angin berubah. Tenaga yang dihasilkan oleh angin dapat diketahui dengan persamaan:

$$Pa = \frac{1}{2} \rho x h x D x v^3 \quad (7)$$

Dimana ρ adalah massa jenis udara ($1,225 \text{ kg/m}^3$). Jika tinggi baling-baling (h) adalah $0,81 \text{ m}$ dengan diameter baling-baling (D) $0,2 \text{ m}$ dan kecepatan angin bertiup (v) adalah $2,4 \text{ m/s}$ maka daya keluarannya adalah sebagai berikut:

$$Pa1 = \frac{1}{2} \times 1.225 \times 0.81 \times 0.2 \times (2.4)^3 = 1.372 \text{ W}$$

$$Pa2 = \frac{1}{2} \times 1.225 \times 0.81 \times 0.2 \times (3)^3 = 2.679 \text{ W}$$

$$Pa3 = \frac{1}{2} \times 1.225 \times 0.81 \times 0.2 \times (3.5)^3 = 4.254 \text{ W}$$

Torsi adalah gaya yang diterapkan untuk memutar benda dan bekerja mengelilingi suatu titik. Torsi dari baling-baling dapat diketahui dengan persamaan tersebut:

$$T = r_{Lengan} x M x a \quad (8)$$

Dimana r_{Lengan} adalah jarak lengan torsi $0,1 \text{ m}$ dan massanya (M) $0,25 \text{ kg}$ dan percepatan gravitasi (a) adalah $9,8 \text{ m/s}^2$, maka torsi baling-balingnya adalah sebagai mengikuti: $T = 0.1 \times 0.25 \times 9.8 = 0.245 \text{ NM}$. Kekuatan baling-baling dapat ditentukan dengan persamaan:

$$PK = T \frac{2 \times \pi \times n}{60} \quad (9)$$

Jika putaran poros (n) sebesar 34 rpm maka dayanya sebesar

$$PK1 = 0,245 \frac{2 \times 3.14 \times 34}{60} = 0,872 \text{ W}$$

$$PK2 = 0,245 \frac{2 \times 3.14 \times 41}{60} = 1.051 \text{ W}$$

$$PK2 = 0,245 \frac{2 \times 3.14 \times 44}{60} = 1.1691 \text{ W}$$

Efisiensi baling-baling menjadi perbandingan antara tenaga baling-baling dan tenaga angin lalu dikalikan 100% sehingga didapat nilainya Efisiensinya adalah sebagai berikut:

$$\eta = \frac{pk}{pa} \times 100\% \quad (10)$$

$$\eta_1 = \frac{0.872}{1.372} \times 100\% = 64\%$$

$$\eta_2 = \frac{1.051}{2.679} \times 100\% = 40\%$$

$$\eta_3 = \frac{1.169}{4.154} \times 100\% = 28\%$$

Efisiensi dari baling-baling ini masih belum ada bagus karena rotor generator masih berputar tidak cukup cepat untuk menghasilkan tenaga baling-balingnya menjadi kecil. Salah satu solusi untuk menangani hal ini adalah putaran rotor dipercepat dengan menambahkan pelumas ke dalamnya poros rotor atau bisa juga diganti bahan baling-baling lebih ringan

C. Kapasitas Charge Controller

Jika beban yang dibutuhkan (P_{Demand}) adalah 40 Watt dan faktor keamanan (SF) $1,25$ juga tegangan pengontrol muatan yang digunakan adalah $21,6 \text{ V}$, maka kapasitas pengontrol muatan adalah sebagai berikut:

$$\text{Cap Of Charge Controller} = \frac{PD \times SF}{V} \quad (11)$$

$$\text{Cap Of Charge Controller} = \frac{40 \times 1,25}{21,6} = 2,32 \text{ A}$$

Kapasitas inverter dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\text{Cap Of Inverter} = PD \times SF \quad (12)$$

$$\text{Cap Of Inverter} = 40 \times 1,25 = 50 \text{ W}$$

Jadi kapasitas inverter yang harus digunakan adalah 50 Watt atau diatas nilai tersebut. Pada penelitian ini kapasitas inverter yang digunakan adalah 300 Watt .

D. Analisis Suplai ke Baterai

Analisis penyediaan sumber pembangkit PLTH di penelitian ini, yaitu:

1. Kondisi I (Cuaca Cerah)

Pukul 06.00 – 18.00 PLTS dan PLTB digunakan untuk mengisi baterai, baterai dikenakan biaya dari 20%-100% selama $6,6 \text{ jam}$ dan sisanya adalah sel surya dan turbin angina tidak mengisi baterai, Pukul 18.00 – 22.00 muatan disuplai oleh baterai yang telah terisi penuh oleh solar sel dan turbin angina

2. Kondisi II (Cuaca Mendung)

Pukul 06.00 – 18.00 solar cell dan angina Turbin digunakan untuk mengisi baterai selama $8,3 \text{ jam}$. Pukul 18.00 – 22.00 baterai terpakai untuk menyuplai beban

Kecepatan angin saat kondisi cuaca cerah diukur pada $2,4 \text{ m/s}$ saat pada kondisi mendung kecepatan angin bisa mencapai $3,5 \text{ m/s}$. Sehingga pada saat cuaca mendung maka daya yang dihasilkan turbin angin akan meningkat sementara daya sel surya akan meningkat berkurang karena intensitas matahari berkurang.

E. Desain Akhir PLTH

Setelah pengujian dan diimplementasikan pada beban, PLTH mampu untuk menyuplai beban 40 Watt digunakan selama 4 jam atau 160 Wh dengan tambahan kehilangan sistem sebesar 24 Wh. Gambar 3 di bawah ini merupakan desain akhir PLTH berdasarkan hasil perencanaan. Panel surya dipasang pada sudut kemiringan 30°. Urusan Hal ini bertujuan untuk memudahkan pembersihan dan menjaga permukaan panel surya. Kapan Jika hujan, maka air hujan akan membawanya menghilangkan kotoran atau debu yang menempel di sana permukaan panel. Saat panel dipasang sudut kemiringan 0° merupakan suatu kemungkinan bila hal itu terjadi hujan, debu tidak terbawa air hujan begitu sel surya akan tertutup debu. Ini bisa menyebabkan berkurangnya kinerja panel surya.



Gbr 3 Desain akhir PLTH

PLTH pada penelitian ini menggunakan sistem tanpa tracking atau panel surya dalam kondisi tanpa mengikuti pergerakan matahari. Kelebihan sistem ini adalah lebih sederhana dan mudah perawatannya. Jika sistem pelacakan, maka diperlukan alat tambahan seperti sensor dan alat kendali untuk mengaturnya pergerakan panel surya sehingga tegak lurus dengan matahari. Keuntungan dari sistem pelacakan adalah bahwa hal itu dapat meningkatkan isolasi matahari sebesar 25% energi listrik dihasilkan oleh panel lebih lama. Kekurangan sistem ini adalah pemeliharaannya lebih rumit dan memerlukan biaya selain itu untuk menyediakan alat kontrol panel.

IV.KESIMPULAN

Tenaga yang dihasilkan oleh generator hybrid yang paling potensial untuk dikembangkan lebih lanjut adalah sel surya. Ini karena sel surya lebih mampu menyuplai banyak energi dibandingkan dengan turbin angin yang hanya bisa melepaskan energi ketika ada angin Cukup. Berdasarkan hasil perhitungan yang diperoleh tenaga sel surya 40 W dan turbin angin sebesar 1.169 W (kapasitas terbesar). untuk charge controller 2,32 A, kapasitas inverter 50 W dan total energi baterai 3,33 Ah. Pengisian baterai dalam skenario 1 melalui tenaga surya sel dan turbin angin membutuhkan waktu 6,6 jam saat cuaca cerah dan 8,3 jam saat cuaca berawan. Setelah direalisasikan terhadap pengeluaran rumah tangga sebesar 160 Wh per hari dan rugi-rugi sistem sebesar 24 Wh, desain generator hibrida mampu menyuplai beban itu. Pemasangan panel dengan sudut kemiringan 30° dengan tujuan agar lebih mudah dalam membersihkan dan memelihara permukaan dan panel tanpa pelacakan karena lebih sederhana.

V.DAFTAR PUSTAKA

- [1] PPIPE and BPPT, Outlook Energi Indonesia 2019 Dampak Peningkatan Pemanfaatan Energi Baru Terbarukan Terhadap Perekonomian Nasional. 2019
- [2] H. R. Iskandar, E. Darmawan, Y. B. Zainal, G. A. Setia, N. Winanti, and F. Haz, "Design of Solar Power Plant for Electrical Engineering Department Laboratory," in 2019 2nd International Conference on High Voltage Engineering and Power Systems (ICHVEPS), 2019, pp. 145–150
- [3] I. Handoko Rusiana, Z. Yuda Bakti, and S. Sambasri, "Study and Analysis of Shading Effects on Photovoltaic Application System," MATEC Web Conf., vol. 218, pp. 1–8, 2018
- [4] T. S. Hayu and R. H. Siregar, "Studi Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid (SuryaBayu) Di Banda Aceh Menggunakan Metode Jaringan Syaraf Tiruan," Karya Ilm. Tek. Elektro, vol. 3, no. 1, pp. 9–16, 2018
- [5] A. Soba, V. A. Suoth, and H. S. Kolibu, "Optimasi Kapasitas Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid (PLTH) di Pulau Bunaken Menggunakan Software HOMER," J. MIPA, vol. 8, no. 1, p. 7, 2019
- [6] N. Winanti and A. Purwadi, "Study and Design of Distributed Hybrid PV-Generator-Battery System for Communal and Administrative Loadat Sei Bening Village, Sajingan Besar, Indonesia," Proc. - 2018 2nd Int. Conf. Green Energy Appl. ICGEA 2018, pp. 129–133, 2018