

Desain Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid (Solar Cell dan Wind Turbine) untuk Beban Perumahan

Giri Angga Setia¹, Sutriyadi², Naftalin Winanti³, Fauzia Haz⁴, Handoko Rusiana Iskandar⁵

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jenderal Achmad Yani
Jalan Terusan Jend. Sudirman PO. BOX 148, Cimahi 40531, Indonesia
giri.anggasetaia@lecture.unjani.ac.id

Abstract

Hybrid Power Plant (PLTH) is a power plant that is connected from several types of renewable energy sources or with non-renewable energy sources. Limited conventional energy sources are the cause of the development of the 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 works using batteries as an indicator. The process of controlling occurs by using a voltage display as a medium to determine the voltage at each generator and battery. The first method is to study the potential of the two energies. Then calculate the capacity required by each component. The next step is to develop a generator design whose capacity has been calculated to become a hybrid generator. The final step is to implement the design of the generator to be applied to a small-scale 40 Watt household load including 2 lamps and 1 fan. Based on the results of the design carried out on the solar cell, the module size capacity is 40 Wp, the fill factor is 0.73 and the efficiency is 13%, while the wind turbine design has a power of 1.169 Watt with a wind speed of 3.5 m/s and the highest efficiency reaches 64%. Then the capacity of the solar charge controller is 2.32 A, the inverter capacity is 50 Watt, and the total energy of the battery is 3.33 Ah. Charging the battery to reach 20%-100% capacity takes 6.6 hours on a sunny day and 8.3 hours on a cloudy day.

Keywords: Design, hybrid power plant, solar cell, wind turbine

Abstrak

Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid (PLTH) merupakan pembangkit listrik yang terhubung dari beberapa jenis sumber pembangkit energi terbarukan atau dengan sumber energi tidak terbarukan. Terbatasnya sumber energi konvensional menjadi penyebab dikembangkannya pemanfaatan energi terbarukan di Indonesia. Salah satu energi yang potensial untuk dikembangkan di Indonesia adalah energi surya dan energi bayu. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan desain terhadap PLTH skala kecil, kemudian menganalisis daya keluaran (*output*) yang dihasilkan ketika pembangkit *hybrid* bekerja dengan menggunakan baterai sebagai indikator. Proses terjadinya pengontrolan dengan menggunakan *display* tegangan sebagai media untuk mengetahui tegangan pada masing-masing pembangkit dan baterai. Metode pertama yang dilakukan adalah studi potensi kedua energi tersebut. Kemudian melakukan perhitungan kapasitas yang dibutuhkan oleh setiap komponen. Selanjutnya adalah menyusun desain pembangkit yang telah diperhitungkan kapasitasnya menjadi sebuah pembangkit *hybrid*. Langkah terakhir adalah mengimplementasikan desain pembangkit tersebut untuk diterapkan ke beban rumah tangga skala kecil 40 Watt diantaranya 2 buah lampu dan 1 buah kipas angin. Berdasarkan hasil desain yang dilakukan pada *solar cell* didapat kapasitas ukuran modul 40 Wp, *fill factor* sebesar 0.73 dan efisiensinya 13% sedangkan desain *wind turbine* didapat daya sebesar 1.169 Watt dengan kecepatan angin 3,5 m/s dan efisiensinya terbesar mencapai 64%. Kemudian kapasitas *solar charge controller* sebesar 2.32 A, kapasitas inverter 50 Watt, dan energi total baterai 3.33 Ah. Pengisian baterai untuk mencapai 20%-100% kapasitas membutuhkan 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*

I. PENDAHULUAN

Penggunaan energi listrik yang semakin meningkat setiap tahunnya merupakan salah satu ciri dari perkembangan suatu Negara di sektor industri. Berdasarkan data dari Rencana Umum Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) di PT PLN (Persero) tahun 2010-2019 menyatakan bahwa kebutuhan listrik masyarakat setiap tahunnya berkisar 55.000 MW. Sehingga rata-rata

peningkatan kebutuhan listrik adalah 5.500 MW dari total daya sebanyak 32.000 MW (57%) yang dibangun oleh PLN, adapun sisanya (43%) dibangun oleh pengembang listrik swasta. Beberapa sumber data lain diantaranya yaitu BPPT menyebutkan bahwa kenaikan energi listrik setiap tahunnya berkisar 8,3% setiap tahunnya [1].

Pembangkit listrik tenaga *hybrid* merupakan pembangkit listrik yang terhubung dari beberapa jenis antar sumber pembangkit energi terbarukan maupun dengan sumber energi tidak terbarukan. Pembangkit ini menjadi salah satu alternatif dan solusi terhadap penerapan di daerah yang sulit dijangkau oleh sistem pembangkit yang memiliki kapasitas besar. Berdasarkan data mengenai kebutuhan energi listrik yang semakin meningkat, sehingga mendorong manusia untuk memanfaatkan potensi energi yang tersedia agar dapat dikonversikan menjadi energi listrik [2]. Pada umumnya jenis energi dibagi menjadi 2 yaitu pertama, sumber energi konvensional seperti PLTU dengan bahan bakar dari batu bara dan lain sebagainya. Kedua, sumber energi terbarukan seperti PLTS dan PLTB dengan memanfaatkan cahaya surya dan energi bayu untuk dikonversikan menjadi energi listrik. Terbatasnya sumber energi konvensional menjadi salah satu latar belakang dikembangkannya pemanfaatan energi terbarukan di Indonesia [3][4].

Negara Indonesia memiliki iklim tropis dan merupakan Negara yang terdiri dari gugusan kepulauan, sehingga Indonesia memiliki keuntungan untuk mengembangkan pembangkit yang bersumber dari alam. Salah satu energi yang potensial untuk dikembangkan di Indonesia adalah energi surya dan energi bayu. Keduanya dapat disatukan menjadi sebuah pembangkit listrik tenaga *hybrid* (*solar cell* dan *wind turbine*). Salah satu penggunaan nyata dari pemanfaatan kedua energi tersebut dapat diimplementasikan kepada beban skala kecil, sehingga menjadi salah satu solusi untuk penghematan energi listrik di perumahan [5][6].

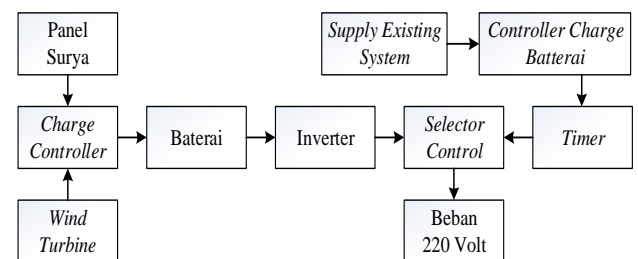
Beberapa penelitian banyak dilakukan mengenai penggunaan optimal dari pembangkit energi terbarukan tersebut, diantaranya oleh A. Soba, dkk mengenai optimasi sistem pembangkit *hybrid* (PV – Diesel) menggunakan pemodelan HOMER. Diantara optimasi yang dilakukan dapat berupa optimal kapasitasnya ataupun potensinya, serta cost yang dibutuhkan dalam membangun dan mengintegrasikan pembangkit *hybrid* tersebut [7]. Penelitian lain dilakukan oleh Winanti, N dan Purwadi, A [8] yaitu menganalisis mengenai penggunaan energi terbarukan sebagai sumber energi telah meningkat rata-rata sekitar 4,7%, pada tahun 2016 telah meningkat 7,1%, tetapi penggunaan surya sebagai sumber energi hanya mencapai 1%. Oleh karena itu desain pembangkit listrik yang tepat harus dirancang

dengan baik. Studi ini akan menunjukkan bahwa sistem terdistribusi *hybrid* lebih cocok dan berlaku untuk daerah perbatasan.

Berdasarkan latar belakang permasalahan di atas, maka peneliti melakukan “Desain Sistem Pembangkit Listrik Tenaga *Hybrid* (*Solar Cell* dan *Wind Turbine*) untuk Beban Perumahan”. Sehingga bisa memberikan kontribusi terhadap permasalahan energi listrik yang semakin meningkat setiap tahunnya. Selain itu, juga bermanfaat dalam mengembangkan energi terbarukan di Indonesia. Sehingga dapat mereduksi penggunaan energi bersumber dari fosil atau tidak dapat diperbarui.

II. METODE

A. Desain Sistem



Gambar 1. Diagram blok sistem

Gambar 1 menjelaskan perencanaan desain pada pembuatan alat sistem pembangkit *hybrid* yang menggabungkan kedua sumber pembangkit untuk mensuplai beban. Sumber utama yang dimanfaatkan adalah sinar matahari yang akan diserap oleh panel surya dan angin untuk memutarakan generator. Untuk mensuplai tegangan panel surya dan *wind turbine* melewati *charge controller* yang akan mengisi baterai untuk mensuplai pada beban melewati inverter untuk dilanjutkan pemakaian pada beban AC 220 volt pada keadaan waktu 4 jam per hari.

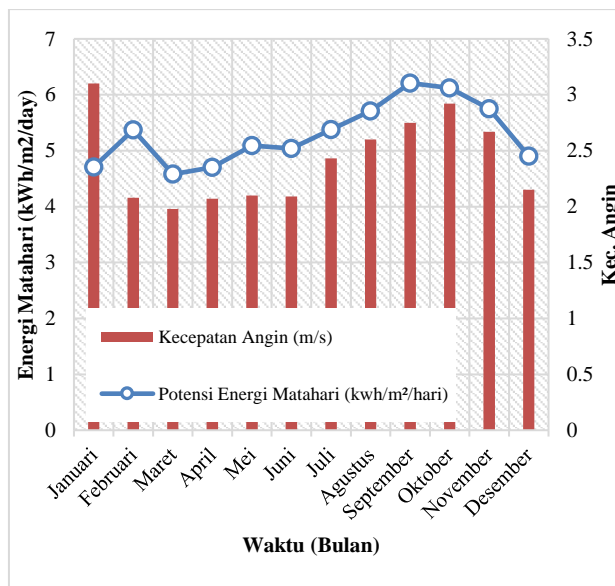
Desain sistem dimulai dengan mencari potensi energi dari lokasi penelitian. Potensi yang dicari berupa iradiasi matahari, suhu, dan kecepatan angin. Setelah mendapatkan data potensi, maka selanjutnya adalah melakukan perhitungan perencanaan untuk *solar cell* dan *wind turbine*. Pada *solar cell* dilakukan penentuan ukuran modul surya dan jenis modul yang digunakan pada penelitian ini adalah jenis Polikristalin. Sedangkan pada *wind turbine* dilakukan desain jenis turbin angin dan generator. Adapun turbin angin yang digunakan adalah turbin angin dengan tipe Savonius.

Apabila *solar cell* dan *wind turbine* sudah selesai didesain, maka selanjutnya adalah menghubungkan energi listrik yang dihasilkan kedua sumber ini ke *charge controller* yang berfungsi untuk menghubungkan kedua energi ini untuk diteruskan menuju ke pengisian baterai. Pengisian baterai oleh *solar cell* dan *wind turbine* terjadi selama 6.6 – 8.3 jam per hari.

Setelah baterai terisi, maka dapat digunakan untuk suplai ke beban skala kecil sehingga terjadi penghematan penggunaan energi listrik terhadap beban perumahan. Dikarenakan beban yang digunakan adalah AC, maka dibutuhkan inverter untuk mengkonversikan energi listrik dari DC ke AC.

B. Potensi Energi Matahari dan Angin

Energi matahari dan energi angin yang dapat dimanfaatkan sebagai PLTH berdasarkan *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) dengan data tahun 2019 untuk lokasi Kampung Rawa Tengah Haji Gofur, Kota Cimahi dapat dilihat pada Tabel 1.



Gambar 2. Potensi energi matahari dan kecepatan angin tahun 2019

Berdasarkan Gambar 2 potensi iradiasi matahari terbesar terjadi pada bulan September dan yang terendah pada bulan Maret. Sedangkan potensi angin yang terendah juga terjadi pada bulan Maret. Jadi, untuk implementasi desain PLTH dilakukan di bulan Maret dengan tujuan PLTH masih dapat bekerja ketika cuaca buruk. Sedangkan untuk desain PLTH pada penelitian ini dilakukan pada bulan Maret sampai dengan Agustus 2019.

C. Analisis Kebutuhan Beban

Desain awal PLTH ini dimulai dengan menentukan besar beban yang akan disuplainya. Beban yang digunakan terdiri dari beberapa jenis peralatan yang biasa digunakan untuk kebutuhan rumah tangga dengan skala kecil sekitar 160 Wh untuk 4 jam pemakaian. Nilai tersebut disesuaikan dengan spesifikasi *solar cell* dan *wind turbine*, serta pertimbangan nilai insulasi matahari per harinya. Tabel 2 adalah tabel beban konsumsi harian yang akan disuplai oleh PLTH pada penelitian ini.

TABEL 1. KONSUMSI BEBAN

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

III. HASIL DAN DISKUSI

A. Analisis Perhitungan Solar Cell

Setelah beban yang akan disuplai diketahui, maka selanjutnya adalah menentukan besar rugi sistem. Rugi sistem bisa terjadi pada kabel penghantar, *solar charge controller*, inverter, dan juga pada baterai. Karena komponen yang digunakan pada penelitian ini kondisinya masih baru, maka rugi sistem yang akan terjadi diperkirakan sebesar 15% dari besar total beban harian, sehingga nilai rugi sistemnya sebagai berikut:

$$\text{Rugi Sistem} = 15\% \times \text{Total Beban Harian} \quad (1)$$

$$\text{Rugi Sistem} = 15\% \times 160 \text{ Wh}$$

$$\text{Rugi Sistem} = 24 \text{ Wh}$$

Apabila total beban dan rugi sistem sudah diketahui, maka selanjutnya adalah memperkirakan nilai insulasi matahari atau lamanya matahari bersinar. Nilai insulasi matahari pada penelitian ini didapatkan dari *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) pada tahun 2019. Berdasarkan Tabel 3, nilai *peak sun hours* yang akan digunakan adalah nilai terendah yaitu dibulan Maret dengan nilaisebesar 4,6. Hal ini bertujuan supaya PLTH tetap dapat mensuplai beban ketika insulasi matahari kecil.

TABEL 2. INSULASI MATAHARI

| Bulan | Peak Sun Hours |
|-----------|----------------|
| Januari | 4,7 |
| Februari | 5,4 |
| Maret | 4,6 |
| April | 4,7 |
| Mei | 5,1 |
| Juni | 5,0 |
| Juli | 5,4 |
| Agustus | 5,7 |
| September | 6,2 |
| Oktober | 6,1 |
| November | 5,8 |
| Desember | 4,9 |

Jika insulasi sudah ditentukan, maka ukuran modul dapat dihitung. Ukuran modul dapat diketahui melalui persamaan:

$$\text{Ukuran Modul} = \frac{\text{Total Beban}}{\text{Insulasi}} \times \text{faktor } adjustment \quad (2)$$

$$\text{Ukuran Modul} = \frac{160 + 24}{4.6} = 40 \text{ Wp}$$

Faktor *adjustment* digunakan jika modul tidak bekerja pada kondisi *Standart Test Condition* (STC). Pada penelitian ini modul modul bekerja pada STC, sehingga seperti halnya desain awal modul menggunakan kapasitas 40 Wp.

Perhitungan berikutnya adalah menentukan besar kapasitas baterai. Perhitungan ini bergantung terhadap 2 hal yaitu total beban harian dan tegangan dari baterai. Apabila ukuran modulnya 40 Wp dan tegangan baterai yang akan digunakan adalah 12 V, maka total energi baterai yang diperlukan sebagai berikut:

$$Energi_{Total_Batt} = \frac{Size_{mod}}{Teg_{batt}} \quad (3)$$

$$Energi_{Total_Batt} = \frac{40 \text{ Wp}}{12 \text{ V}} = 3,33 \text{ Ah}$$

Selanjutnya perhitungan *Fill factor* (FF) yang merupakan faktor pengisian dari panel surya terhadap baterai dimana nilai *fill factor* berkisar 0.7 – 0.85 [9]. Jika FF semakin besar, maka panel surya akan bekerja semakin baik dan efisiensinya semakin bagus. Nilai FF dapat dicari melalui persamaan:

$$FF = \frac{I_{mp} \times V_{mp}}{I_{sc} \times V_{oc}} \quad (4)$$

Dimana I_{mp} dan V_{mp} merupakan arus dan tegangan maksimum panel, sedangkan I_{sc} dan

V_{oc} merupakan arus hubung singkat dan tegangan rangkaian terbuka. Berdasarkan tabel spesifikasi panel, nilai I_{mp} dan V_{mp} adalah sebesar 2,3 A dan 17,4 V. Sedangkan nilai I_{sc} dan V_{oc} adalah sebesar 2,53 A dan 21,6 V, sehingga nilai FF adalah sebagai berikut:

$$FF = \frac{2,3 \text{ A} \times 17,4 \text{ V}}{2,53 \text{ A} \times 21,6 \text{ V}} = 0,73$$

Daya keluaran panel surya dapat dihitung dengan persamaan

$$P_{out} = V_{oc} \times FF \times I_{sc} \quad (5)$$

$$P_{out} = 21,6 \text{ V} \times 0,73 \times 2,53 \text{ A} = 40 \text{ Wp}$$

Berdasarkan perhitungan, nilai daya keluaran panel sebesar 40 W atau sudah sama dengan spesifikasi panel. Hal ini mengindikasikan bahwa nilai FF sudah bagus.

Efisiensi panel surya dengan jenis semikonduktor *monocrystalin* berbeda dengan semikonduktor *polycrystalin*. Efisiensi jenis semikonduktor *polycrystalin* adalah 13 – 16 % [10]. Intensitas matahari dan luas penampang panel surya juga mempengaruhi efisiensinya, efisiensi panel surya dapat diketahui melalui persamaan:

$$\eta = \frac{P_{out}}{G \times A} \times 100\% \quad (6)$$

Dimana G merupakan intensitas matahari dan A merupakan luas penampang panel. Panel surya yang digunakan dalam penelitian ini memiliki ukuran 670 mm x 460 mm sehingga maka luas penampangnya adalah 0,3082 m². Apabila panel surya beroperasi pada keadaan STC (*standart test condition*) yaitu ketika intensitas matahari sebesar 1000 w/m² dalam temperatur 25°C, maka nilai efisiensinya adalah sebagai berikut :

$$\eta = \frac{40 \text{ W}}{1000 \text{ W/m}^2 \times 0,3082 \text{ m}^2} \times 100\% = 13\%$$

Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan nilai efisiensi senilai 13%. Nilai ini sudah sesuai dengan nilai efisiensi bahan penyusunnya yaitu semikonduktor polikristalin.

B. Analisis Perhitungan Wind Turbine

Analisis perhitungan yang dilakukan pada *wind turbine* ini menggunakan dua parameter yang didapat dari hasil pengukuran yaitu kecepatan angin dan putaran poros pada generator.

TABEL 3. HASIL PENGUJIAN WIND TURBINE

| Waktu (Jam) | Kecepatan angin (m/s) | Putaran poros (rpm) | Tegangan DC (volt) | Arus DC (mA) |
|-------------|-----------------------|---------------------|--------------------|--------------|
| 06.00-10.00 | 2,4 | 34 | 13,4 | 7,6 |
| 10.00-14.00 | 3 | 41 | 19,4 | 9,0 |
| 14.00-18.00 | 3,5 | 44 | 20,3 | 10,2 |

TABEL 4. HASIL PENGUJIAN KETIKA MENGISI BATERAI

| Waktu (Jam) | Kecepatan angin (m/s) | Putaran poros (rpm) | Tegangan DC (volt) | Arus DC (A) |
|-------------|-----------------------|---------------------|--------------------|-------------|
| 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 *wind* turbin dengan tipe savonius. Sedangkan tabel 5 merupakan tabel hasil pengujian *wind turbine* ketika digunakan untuk mengisi baterai melalui *solar charge controller*. Pada hasil pengukuran tegangan terjadi penurunan dari nilai sebelumnya 20.3 V menjadi 12,85 V dan stabil kemudian naik di angka 12.98 V. Pada arus mengalami kenaikan menjadi dari 10.2 mA menjadi 1,8 A dan stabil di angka tersebut. Hal ini terjadi karena tegangan dan arus sudah distabilkan oleh SCC. Dalam melakukan pengisian baterai tegangan dan arus harus stabil supaya baterai tidak cepat rusak sehingga pengukuran tegangan dan arus pada *wind turbine* ketika melakukan pengisian baterai akan konstan meskipun kecepatan angin mengalami perubahan.

Daya yang dihasilkan angin dapat diketahui dengan persamaan:

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

Dimana ρ merupakan massa jenis udara (1,225 kg/m³). Jika tinggi baling-baling (h) sebesar 0,81 m dengan diameter baling-baling (D) sebesar 0,2 m dan kecepatan angin yang berhembus (v) adalah sebesar 2,4 m/s maka daya keluaranya adalah sebagai berikut:

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

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

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

Torsi merupakan sebuah gaya yang penerapanya untuk memutarakan benda dan bekerja mengelilingi sebuah titik. Torsi dari baling-baling dapat diketahui dengan persamaan

$$T = r_{lengan} \times M \times a \quad (8)$$

Dimana r_{lengan} merupakan jarak lengan torsi sebesar 0,1 m dan massanya (M) sebesar 0,25 kg serta percepatan gravitasi (a) sebesar 9,8 m/s², maka torsi dari baling-baling adalah sebagai berikut :

$$T = 0.1 \times 0.25 \times 9.8 = 0.245 NM$$

Daya baling-baling dapat diketahui dengan persamaan

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

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

$$Pk1 = 0.245 \frac{2 \times 3.14 \times 34}{60} = 0.872 W$$

$$Pk2 = 0.245 \frac{2 \times 3.14 \times 41}{60} = 1.051 W$$

$$Pk3 = 0.245 \frac{2 \times 3.14 \times 44}{60} = 1.169 W$$

Efisiensi baling-baling merupakan perbandingan antara daya baling-baling dengan daya angin kemudian dikalikan 100%, sehingga nilai efisiensinya adalah sebagai berikut:

$$\eta = \frac{Pk}{Pa} \times 100\% \quad (10)$$

$$\eta1 = \frac{0.872}{1.372} \times 100\% = 64\%$$

$$\eta2 = \frac{1.051}{2.679} \times 100\% = 40\%$$

$$\eta3 = \frac{1.169}{4.154} \times 100\% = 28\%$$

Efisiensi dari baling-baling ini masih belum bagus dikarenakan putaran rotor generator masih kurang cepat sehingga daya yang dihasilkan baling-baling menjadi kecil. Salah satu solusi

menangani hal itu adalah pada putaran rotor dipercepat dengan menambahkan pelumas pada poros rotor atau dapat juga dengan mengganti bahan baling-baling yang lebih ringan.

C. Kapasitas Charge Controller

Jika beban yang dibutuhkan (P_{Demand}) adalah 40 Watt dan *safety factor* (SF) sebesar 1.25 serta tegangan *charge controller* yang digunakan sebesar 21.6 V, maka kapasitas *charge controller* 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 sebesar 50 Watt atau di atas dari nilai tersebut. Pada penelitian kali ini kapasitas inverter yang digunakan sebesar 300 Watt.

D. Analisis Suplai ke Baterai

Analisis suplai sumber pembangkit PLTH pada penelitian ini yaitu:

Kondisi I (Cuaca Cerah)

1. Dari jam 06.00 – 18.00 PLTS dan PLTB digunakan untuk mengisi baterai, baterai diisi dari 20%-100% selama 6,6 jam dan selebihnya *solar cell* dan *wind turbine* tidak mengisi baterai.
2. Dari jam 18.00 – 22.00 beban disuplai oleh baterai yang telah terisi penuh oleh *solar cell* dan *wind turbine*.

Kondisi II (Cuaca Mendung)

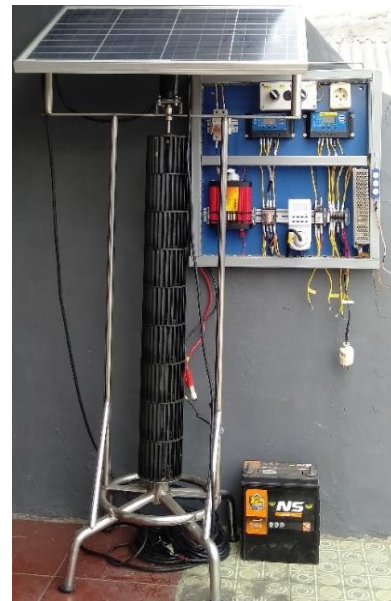
3. Dari jam 06.00 – 18.00 *solar cell* dan *wind turbine* digunakan untuk mengisi baterai selama 8,3 jam.
4. Dari jam 18.00 – 22.00 baterai digunakan untuk mensuplai beban.

Kecepatan angin pada saat kondisi cuaca cerah terukur sebesar 2,4 m/s sedangkan pada saat kondisi mendung kecepatan angin dapat mencapai 3,5 m/s. Sehingga pada saat cuaca

mendung daya yang dihasilkan *wind turbine* akan meningkat sedangkan daya *solar cell* akan menurun karena intensitas matahari berkurang.

E. Desain Akhir PLTH

Setelah dilakukan pengujian dan diimplementasikan pada beban, PLTH mampu untuk mensuplai beban sebesar 40 Watt yang digunakan selama 4 jam atau sebesar 160 Wh dengan tambahan rugi sistem sebesar 24 Wh. Gambar 3 berikut merupakan desain akhir PLTH berdasarkan hasil perencanaan. Panel surya terpasang pada sudut kemiringan sebesar 30°. Hal ini bertujuan memudahkan dalam membersihkan dan merawat permukaan panel surya. Ketika terjadi hujan, maka air hujan akan membawa turun kotoran atau debu yang menempel di permukaan panel. Apabila panel terpasang pada sudut kemiringan 0° kemungkinan ketika terjadi hujan, debu tidak terbawa oleh air hujan sehingga sel surya akan tertutup oleh debu. Hal ini dapat menyebabkan berkurangnya kinerja panel surya.



Gambar 3. Desain akhir PLTH

PLTH pada penelitian ini menggunakan sistem tanpa *tracking* atau panel surya dalam keadaan tetap tanpa mengikuti pergerakan matahari. Kelebihan dari sistem ini adalah lebih sederhana dan mudah dalam perawatan. Apabila sistem *tracking*, maka dibutuhkan alat tambahan seperti sensor dan alat kontrol untuk mengatur pergerakan panel surya supaya tegak lurus dengan matahari. Kelebihan sistem *tracking* adalah dapat menambah insulasi matahari sebesar 25% sehingga energi listrik yang dihasilkan panel lebih lama. Kekurangan dari sistem ini yaitu

perawatan lebih rumit dan membutuhkan biaya tambahan untuk menyediakan alat kontrol panel.

IV. KESIMPULAN

Daya yang dihasilkan pembangkit *hybrid* yang paling berpotensi dikembangkan lebih adalah *solar cell*. Hal tersebut dikarenakan *solar cell* lebih mampu mensuplai energi banyak dibandingkan *wind turbine* yang hanya bisa mengeluarkan energi ketika ada angin yang cukup. Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan daya *solar cell* sebesar 40 W dan *wind turbine* sebesar 1,169 W (kapasitas terbesar), sedangkan untuk *charge controller* 2,32 A, kapasitas inverter 50 W dan energi total baterai sebesar 3,33 Ah. Pengisian baterai dengan skenario 1 melalui *solar cell* dan *wind turbine* membutuhkan waktu 6,6 jam saat cerah dan 8,3 jam saat mendung. Setelah direalisasikan terhadap beban rumah tangga sebesar 160 Wh perhari dan rugi sistem 24 Wh, desain pembangkit *hybrid* mampu mensuplai beban tersebut. Pemasangan panel dengan sudut kemiringan 30° dengan tujuan memudahkan dalam membersihkan dan merawat permukaannya dan panel tanpa *tracking* karena lebih sederhana.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada tim peneliti baik dari dosen maupun mahasiswa, serta kepada LPPM UNJANI yang telah mendanai penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] PPIPE and BPPT, *Outlook Energi Indonesia 2019 Dampak Peningkatan Pemanfaatan Energi Baru Terbarukan Terhadap Perekonomian Nasional*. 2019.
- [2] L. Freris, *Renewable Energy in Power Systems*. 2008.
- [3] 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.
- [4] 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.
- [5] 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)," *J. Nas. Tek. Elektro*, vol. 4, no. 1, p. 1, 2015.
- [6] T. S. Hayu and R. H. Siregar, "Studi Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid (Surya-Bayu) Di Banda Aceh Menggunakan Metode Jaringan Syaraf Tiruan," *Karya Ilm. Tek. Elektro*, vol. 3, no. 1, pp. 9–16, 2018.
- [7] 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.
- [8] 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.
- [9] H. R. Iskandar, "Pemodelan dan Desain Pembangkit Listrik Tenaga Surya Atap Gedung Disnakertrans Kabupaten Bandung Barat," *Epsil. J. Electr. Eng. Inf. Technol.*, vol. 18, pp. 56–65, 2020.
- [10] S. White, *Solar Photovoltaic Basics*. 2014.