

ANALISIS RANCANG BANGUN PEMBANGKIT LISTRIK HYBRID (ENERGI SURYA DAN TURBIN ANGIN)

Riski Putra Maulana¹, Maimun², Rudi syahputra³

^{1,2,3} Prodi teknologi rekayasa pembangkit energi

Jurusan teknik elektro politeknik negeri lhokseumawe

Email : putralsm58@gmail.com, maimun@pnl.ac.id, rudisyahputra@pnl.ac.id

Abstrak- Pembangkit *hybrid* yaitu pembangkit listrik yang menggunakan lebih dari satu pembangkit listrik (gabungan), dimana pembangkit ini menggabungkan beberapa sumber energi yang dapat diperbarui (*renewable*) atau yang tidak dapat diperbarui (*unrenewable*). Penelitian ini bertujuan untuk melihat kondisi pembangkit listrik tenaga angin berbeban dan tak berbeban dan juga pada pembangkit listrik tenaga surya berbeban dan tak berbeban serta untuk melihat pengaruh pembangkit *hybrid* ketika berbeban dan tak berbeban. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa pembangkit listrik tenaga angin tanpa beban diperoleh kecepatan angin 4,0 m/s menghasilkan tegangan sebesar 7,2 V_{DC} dan disaat menggunakan beban lampu 25 W dengan kecepatan angin 4 m/s, menghasilkan tegangan sebesar 3,6 V dan arus 1 A, dengan kondisi lampu menyala (redup), pembangkit listrik tenaga surya pada jam 10.00 Wib menghasilkan tegangan sebesar 20,74 V_{DC} dengan sudut kemiringan 57°. Pada waktu dan sudut kemiringan yang sama menggunakan beban 25 W, tegangan yang dihasilkan sebesar 15,15 V dengan arus 2,1 A dan daya sebesar 31,82 W. Pembangkit listrik tenaga surya dan turbin angin (*Hybrid*) ketika diberikan beban lampu sebesar 190 W, memperoleh tegangan sebesar 3,1 V_{DC} dan arus 4 A_{DC}, daya 12 . Maka untuk beban lampu yang digunakan masih menyala, hal ini dikarenakan gabungan dari kedua pembangkit yang saling membackup untuk menghidupkan lampu dengan beban besar. Dengan penggabungan ini menghasilkan daya dan tegangan yang besar, dari pengujian yang telah dilakukan, pembangkit Hybrid bisa menghidupkan lampu sebesar 190 Watt.

Kata Kunci : *Hybrid, Tegangan, Beban, Solar cell*

I. PENDAHULUAN

Pembangkit Listrik Tenaga Angin (PLTA) adalah pembangkit yang menggunakan angin sebagai penggerak generator yang dikaitkan dengan baling-baling. Ada 2 jenis pembangkit listrik tenaga angin yaitu, dengan menggunakan sumbu vertikal dan sumbu horizontal. Prinsip kerjanya dengan mengkonversikan energi angin menjadi energi listrik dengan menggunakan turbin angin atau kincir angin.

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) adalah pembangkit yang memanfaatkan sinar matahari sebagai sumber penghasil energi listrik. Jenis PLTS ada dua yaitu, mono dan poly. Prinsip kerjanya dengan memanfaatkan cahaya matahari dan di ubah menjadi energi listrik oleh melekul melekul yang terdapat dalam panel surya, menghasilkan listrik DC.

Pembangkit *hybrid* yaitu pembangkit listrik yang menggunakan lebih dari satu pembangkit listrik (gabungan), dimana pembangkit ini menggabungkan beberapa sumber energi yang dapat diperbarui (*renewable*) atau yang tidak dapat diperbarui (*unrenewable*). Berbagai macam pembangkit bisa *dihybridkan* agar mendapatkan energi listrik yang optimal.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) adalah pembangkit yang memanfaatkan sinar matahari sebagai

sumber penghasil energi listrik. PLTS juga sering disebut sebagai solar cell, solar *photovoltaik* atau solar energi.

Sel surya atau *photovoltaic* adalah sebuah alat yang mengubah energi cahaya secara langsung menjadi energi listrik menggunakan efek *fotoelektrik*. Pembangkit listrik tenaga surya tipe *photovoltaic* adalah pembangkit listrik yang menggunakan perbedaan tegangan akibat efek *fotoelektrik* untuk menghasilkan listrik. Solar panel terdiri dari tiga lapisan yaitu

- a. Lapisan P di atas
 - b. Lapisan pembatas di tengah, dan
 - c. Lapisan N di bagian bawah.
- Bentuk sel surya seperti diperlihatkan pada Gambar 1 berikut ini:



Gbr. 1 Sel Surya

Efek *fotoelektrik* adalah dimana sinar matahari menyebabkan *electron* di lapisan panel P terlepas, sehingga hal ini menyebabkan proton mengalir ke lapisan panel N dibagian bawah dan perpindahan arus proton ini adalah arus listrik.

Prinsip Kerja PLTS: Cahaya matahari dapat diubah menjadi energi listrik melalui modul surya yang terbuat dari bahan semikonduktor. Bahan semikonduktor, merupakan bahan semi logam yang memiliki partikel yang disebut elektronproton, yang apabila digerakkan oleh energi dari luar akan membuat pelepasan elektron sehingga menimbulkan arus listrik dan pasangan elektron hole.

Molekul- molekul yang ada dalam panel surya mampu menyerap cahaya sinar matahari yang mengandung gelombang elektro magnetik atau energi foton ini. Energi foton pada cahaya matahari ini menghasilkan energi kinetik yang mampu melepaskan elektron elektron kepala konduksi sehingga menimbulkan arus listrik. Energi kinetik akan makin besar seiring dengan meningkatnya intensitas cahaya dari matahari. Intensitas cahaya matahari tertinggi diserap bumi di siang hari sehingga menghasilkan tenaga surya yang diserap bumi ada sekitar 120.000 Terra Watt. Jenis logam yang digunakan juga akan menentukan kinerja daripada sel surya.

Intensitas radiasi matahari diperoleh dengan melakukan pengukuran tegangan dan arus pada sel surya untuk menghasilkan daya, menurut persamaan :

$$I_r = P / A \tag{1}$$

dimana:

I_r = intensitas radiasi matahari (W/m^2)

P = daya yang dihasilkan (W)

A = luas permukaan sel surya (m^2)

Untuk menghitung daya yang dihasilkan panel surya menggunakan persamaan :

$$P = V.I \tag{2}$$

Dimana :

P = Daya (W)

V = Tegangan (V)

I = Arus (A)

B. Pembangkit Listrik Tenaga Angin (PLTA)

Pembangkit listrik tenaga angin adalah suatu pembangkit energi listrik yang menggunakan angin sebagai media penggerakannya untuk menghasilkan energi listrik. Pembangkit ini mengkonversikan energi angin menjadi energi listrik dengan menggunakan turbin angin. Cara kerja Pembangkit ini dengan hembusan angin sehingga dapat memutar turbin. Turbin angin ini bekerja berbalik dengan kipas angin, kemudian hembusan angin akan memutar sudut turbin, sehingga rotor yang ada pada generator akan berputar dan mengeluarkan arus listrik.

Secara umum penggolongan turbin angin dapat dibagi menjadi 2 jenis, yakni menurut kapasitas terpasangnya dan menurut posisi sumbu rotor.

1. Menurut kapasitas terpasangnya turbin angin dibagi menjadi tiga yaitu : golongan kecil, golongan menengah dan golongan besar. Untuk ragam jenis pemakaian turbin dapat dilihat pada Tabel 1 berikut ini.

TABEL 1
Ragam Jenis Turbin Angin Berdasarkan Kapasitas

Dasar Kriteria	Penggolongan			
	Kecil		Menengah	Besar
Kapasitas Terpasang	Mikro	Mini		
		Maksimal 100 W	100 W-10 kW	10 kW-250 kW

2. Menurut posisi sumbu rotor terbagi dua yaitu :
- a. Turbin angin sumbu horizontal (TASH)
Turbin angin sumbu horizontal (TASH) memiliki poros rotor utama dan generator listrik di puncak menara. Turbin berukuran kecil diarahkan oleh sebuah baling-baling angin yang sederhana, sedangkan turbin yang berukuran besar pada umumnya menggunakan sebuah sensor angin yang di gandengkan ke sebuah servo motor. Sebagian besar memiliki sebuah gear box yang mengubah perputaran kincir yang pelan menjadi lebih cepat berputar. karena di sebuah menara dapat menghasilkan turbulensi di belakangnya, turbin biasanya diarahkan melawan arah anginnya menara. Bilah-bilah turbin dibuat kaku agar mereka tidak terdorong menuju menara oleh angin yang berkecepatan tinggi. Sebagai tambahan, bilah-bilah itu diletakkan di depan menara pada jarak tertentu dan sedikit dimiringkan. Karena turbulensi menyebabkan kerusakan struktur menara, sebagian besar TASH merupakan mesin *upwind* (melawan arah angin). Meski memiliki permasalahan turbulensi, mesin *downwind* (menurut jurusan angin) dibuat karena tidak memerlukan mekanisme tambahan agar mereka tetap sejalan dengan angin, dan karena di saat angin berhembus sangat kencang, bilah-bilahnya bisa di tekuk sehingga mengurangi wilayah tiupan mereka dan dengan demikian juga mengurangi resintensi angin dari bilah-bilah itu[1]. Bentuk gambar turbin angin sumbu horizontal diperlihatkan pada gambar 2 berikut ini.



Gbr. 2 Turbin Angin Sumbu Horizontal

- b. Turbin Angin Sumbu Vertikal
Turbin angin sumbu vertikal/ tegak (atau TASV) memiliki poros/ sumbu rotor utama

yang disusun tegak lurus. Kelebihan utama susunan ini adalah turbin tidak harus diarahkan ke angin agar menjadi efektif. TASV mampu menghasilkan daya dari berbagai arah angin. Dengan sumbu yang vertikal, generator serta gear box bisa ditempatkan di dekat tanah, jadi menara tidak perlu menyokongnya dan lebih mudah diakses untuk keperluan perawatan. Ini menyebabkan sejumlah desain menghasilkan tenaga putaran yang berdenyut. Drag (gaya yang menahan pergerakan sebuah benda padat melalui fluida (zat cair atau gas) bisa saja tercipta saat kincir berputar. Karena sulit dipasang di atas menara, turbin sumbu tegak sering dipasang lebih dekat ke dasar tempat dia diletakkan, seperti tanah atau diatas atap sebuah bangunan. Kecepatan angin lebih pelan pada ketinggian yang rendah, sehingga yang tersedia adalah energi angin yang sedikit[1]. Bentuk turbin angin sumbu vertikal dapat dilihat seperti Gambar 3 berikut ini.



Gbr. 3 Turbin Angin Sumbu Vertikal

Menghitung kerapatan udara (ρ) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$P = p / (R.T) \tag{3}$$

dimana :

p = Tekanan udara (pascal/Pa, 1 Pa = 1 N/m² = 1 J/m³)

R = Konstanta gas 287,05 J.kg⁻¹.K

T = Temperatur udara (K)

Pada prinsipnya, energi angin menggunakan persamaan berikut ini:

$$E = \frac{1}{2} m v^2 \tag{4}$$

dimana :

E = Energi (Joule)

m = Massa udara (kg/m³)

v = Kecepatan angin (m/s)

Bergeraknya blok udara yang mempunyai penampang seluas A (m²) dengan kecepatan v (m/s), akan didapatkan jumlah massa yang melewati sesuatu tempat pada setiap waktunya dengan persamaan berikut ini.

$$M = A . v . \rho \tag{5}$$

dimana :

A = Luas penampang blok udara (m²)

v = Kecepatan angin (m/s)

ρ = Massa jenis udara (kg/m³)

Penggabungan kedua persamaan ini mendapatkan nilai daya yang di hasilkan energi angin seperti persamaan berikut :

$$P = \frac{1}{2} A \rho v^3 \tag{6}$$

dimana :

P = Daya (Watt)

ρ = Massa jenis udara (kg/m³)

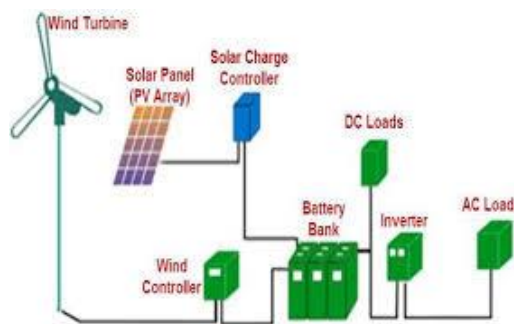
A = Luas penampang (m²)

V = Kecepatan angin (m/s)

C. Pembangkit Hybrid

Pembangkit listrik tenaga *hybrid* (PLTH) adalah suatu pembangkit listrik yang lebih dari satu macam pembangkit, yaitu dengan menggabungkan beberapa sumber energi yang dapat di perbarui (renewable) atau yang tidak dapat diperbarui (unrenewable). PLTH ini merupakan salah satu *system alternative* untuk memenuhi kebutuhan listrik di daerah yang tidak terjangkau dari PLN.

Pembangkit listrik tenaga *hybrid* ini memanfaatkan *energy renewable* sebagai sumber utama yang dikombinasikan dengan panel surya. Untuk kombinasi ini bisa bermacam- macam, bisa dengan arus laut, gengset, turbin angin dan lain-lain. Pada perangkat ini juga dilengkapi dengan inverter yang berfungsi untuk mengubah tegangan DC menjadi tegangan AC. Sehingga pembangkit ini memungkinkan untuk dioperasikan dalam beban AC[2]. Skema pembangkit *hybrid* seperti diperlihatkan pada Gambar 4.



Gbr. 4 Skema pembangkit Hybrid

Daya beban atau daya keluaran inverter ini diperoleh dari perkalian antara tegangan dan arus, yang dirumuskan berdasarkan Hukum Kekekalan Energi sebagai berikut :

$$P_{beban} = V_b \times I_b \times \cos \varphi \tag{7}$$

dimana :

P_{beban} = Daya pada beban (W)

V_b = Tegangan beban (V)

I_b = Arus beban (A)

$\cos \varphi$ = Faktor daya

D. Torsi

Torsi adalah gaya yang bekerja pada poros yang dihasilkan oleh gaya dorong pada sumbu turbin kincir, dimana gaya dorong ini memiliki jarak terhadap sumbu poros yang berputar[3], dengan persamaan berikut:

$$T = F \cdot l \tag{8}$$

dimana:

- T = torsi yang dihasilkan dari putaran poros (Nm)
- l = panjang lengan torsi ke poros (m)
- F = gaya (N)

E. Daya Mekanis

Daya mekanis adalah daya yang dihasilkan turbin angin dengan cara mengonfersikan energi kinetik menjadi energi mekanik[3]. Daya mekanis dapat ditulis dengan persamaan berikut:

$$P_{out} = T\omega \tag{9}$$

dimana :

- T = Torsi (Nm)
- ω = kecepatan sudut (rad/s)

Sedangkan persamaan dari kecepatan sudut didapat dari:

$$\omega = \frac{2\pi \cdot n}{60} \tag{10}$$

dimana:

- n = Putaran poros (rpm)

Dengan demikian daya mekanik dapat dinyatakan dengan persamaan:

$$P_{out} = T \frac{2\pi \cdot n}{60} \tag{11}$$

dimana :

- P_{out} = Daya yang dihasilkan oleh angin (Watt)

F. Tip Speed Ratio

Tip Speed Ratio (TSR) adalah perbandingan antara kecepatan ujung suduTurbin angin yang berputar dengan kecepatan angin. Rumus TSR sebagai berikut.

$$TSR = \frac{2\pi \cdot r \cdot n}{60 \cdot v} \tag{12}$$

dimana :

- r = Jari-jari angin (m)
- n = Putaran poros (rpm)

Sebuah kincir yang ideal yang ideal dapat mengekstraksi daya hingga 16/27 atau 0,593 dari daya yang disediakan angin. Faktor ini biasanya disebut Koefisien Betz (*Betz Coefficient*). Dalam kenyataannya, daya angin yang diekstraksi dengan memakai kincir aktual selalu lebih kecil dari nilai ini. Jika nilai koefisien daya (*C_p*) puncak yang dicapai oleh kincir aktual yang sudah dianggap baik adalah sekitar 35-40 persen dalam kondisi optimal^[3].

G. Koefisien Daya

Koefisien Daya (*C_p*) adalah bilangan tak berdimensi yang menunjukkan perbandingan antara daya yang dihasilkan kincir (P_{out}) dengan daya yang

disediakan oleh angin (P_{in}). Sehingga *C_p* dapat dirumuskan :

$$C_p = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100 \% \tag{13}$$

dimana :

- C_p =Koefisien Daya
- P_{out} = Daya yang dihasilkan kincir (watt)
- P_{in} = Daya yang dihasilkan oleh angin (watt)

H. Baterai

Berfungsi menyimpan energi listrik yang di hasilkan oleh sel surya dan turbin angin kemudian digunakan untuk kebutuhan penerangan pada siang dan malam hari. Baterai yang digunakan mengalami proses siklus pengisian (*charging*) dan pengosongan (*discharging*) tergantung pada sumber pembangkit tersebut. Baterai ini di hubungkan dengan inverter[4]. Bentuk gambar baterai diperlihatkan pada Gambar 5 berikut ini :



Gbr. 5 Baterai 12 Volt.

Cara menghitung lama waktu pemakaian dan pengisian Aki

Unk menghitung lama pemakaian dan pengisian aki maka dapat menggunakan persamaan sebagai berikut ini :

$$P = v \times I \tag{14}$$

$$V = P / I \tag{15}$$

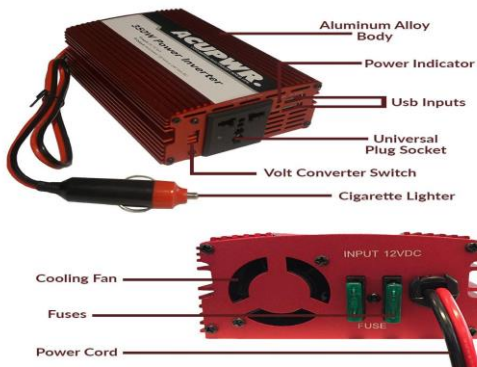
$$I = P / V \tag{16}$$

dimana :

- I = Kuat arus (Amper)
- P = Daya (Watt)
- V = Tegangan (Volt)

I. Inverter

Peralatan eletronika yang berfungsi untuk mengubah arus listrik DC menjadi AC dengan frekuensi 50 Hz/60 Hz. Yang bersumber dari baterai/ Aki. Bentuk gambar inverter seperti diperlihatkan pada Gambar 6.



Gbr. 6 Inverter

J. Controller

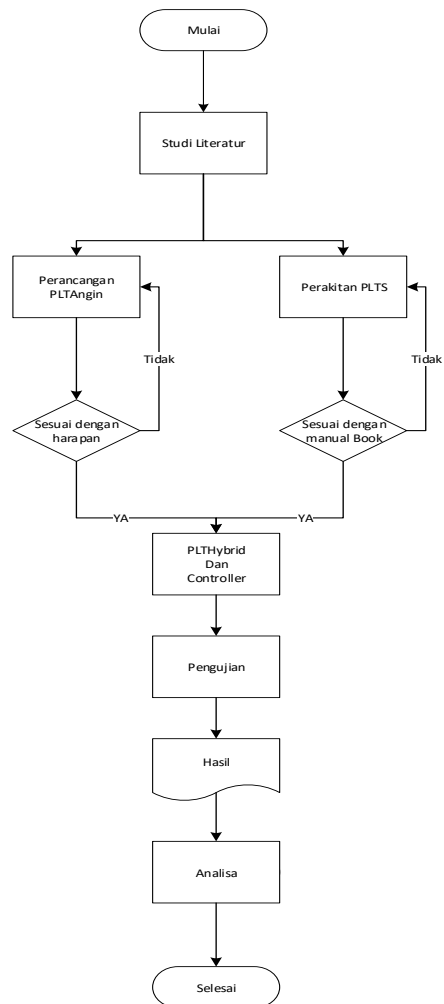
Peralatan elektronika yang berfungsi untuk mengecras dan mengontrol masuknya tegangan ke dalam baterai, supaya baterai bisa dipakai dalam jangka waktu yang lama. Bentuk gambar *controller* seperti diperlihatkan pada Gambar 7.



Gbr 7 Controller

III. METODOLOGI

Adapun alur penelitian untuk mendapatkan informasi dan data yang diperlukan pada penelitian ini dimulai dengan studi literature, perancangan turbin angin, perakitan panel surya, dan controller untuk di hybrid, untuk lebih jelasnya diperlihatkan pada gambar 8.



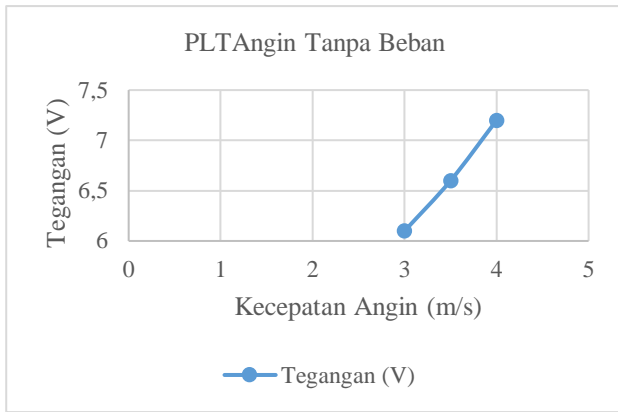
Gbr.8 Flow chart

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil rancang bangun Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dan Pembangkit Listrik Tenaga Angin (PLTAngin), maka hasil kedua digabungkan akan menjadi pembangkit listrik hibrida. Untuk mendapatkan data maka dilakukan pengujian pada kedua jenis pembangkit tersebut. Pengujian yang dilakukan, meliputi pengujian turbin angin tanpa beban, pengujian turbin angin berbeban, pengujian panel surya berbeban, pengujian panel surya tanpa beban, pengujian pembangkit hybrid tanpa beban, pengujian pembangkit hybrid berbeban, dan pengujian kecepatan generator.

A. Pengujian Pembangkit Listrik Tenaga Bayu Tanpa Beban

Dalam pengambilan data pengujian PLTAngin tanpa beban menggunakan generator *brushless BLDC Hoverboard* 24 Volt dengan power output 24 Watt, 4 buah blade yang terbuat dari pipa 8 inchi, panjang tiang 2,90 cm, dana nemo meter untuk pengukuran kecepatan angin, multimeter untuk melihat tegangan dan arus, diperlihatkan seperti pada gambar 9.

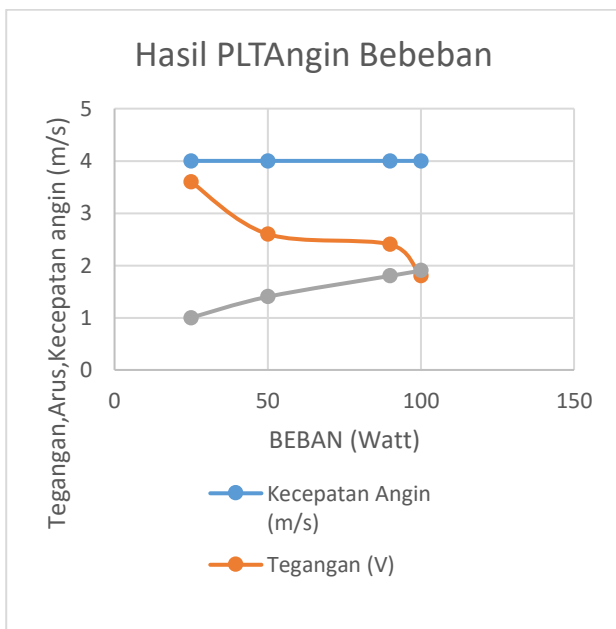


Gbr. 9 Grafik Pengujian Turbin Angin Tanpa Beban

Dari grafik gambar 9 dapat dilihat bahwa dengan kecepatan angin 4,0 m/s menghasilkan tegangan sebesar 7,2 volt, dimana saat kecepatan angin 3,0 m/s menghasilkan tegangan 6,1 volt, dengan kondisi arus 0. Penurunan kecepatan angin disaat angin 4,0 m/s sebesar 13%, tegangan 9% dan disaat angin 3,0 m/s sebesar 14% tegangan 7% penurunan terjadi sebesar 2 kali lipat, hal ini terjadi karena human error ataupun alat ukurnya, untuk mendapatkan tegangan yang optimal bisa menggunakan gearbox untuk mendapatkan tegangan yang optimal.

B. Pengujian Pembangkit Listrik Tenaga Angin berbeban

Dalam pengambilan data pengujian PLT Angin berbeban menggunakan generator *brushless BLDC Hoverboard* 24 Volt dengan power output 24 Watt, 4 buah blade yang terbuat dari pipa 8 inchi, panjang tiang 2,90 cm menggunakan beban 25, 50, 90, dan 100 Watt dan multimeter untuk melihat tegangan arus dan daya, seperti diperlihatkan pada gambar 10 .

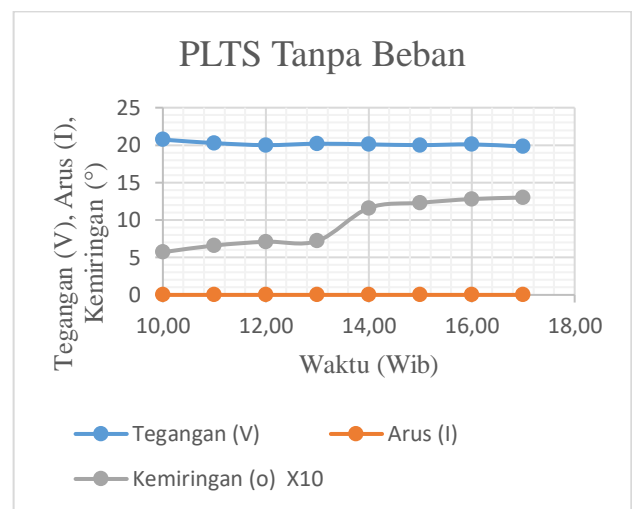


Gbr 10 Grafik Pengujian Turbin Angin Berbeban

Pada grafik 10 merupakan pengujian pada beban kecil 25 watt yang menghasilkan tegangan besar (3,6 volt) dan arusnya kecil (1 A), pada beban besar 100 watt, tegangan yang dihasilkan kecil (1,9 volt) dan arusnya besar (1,8 A). Untuk nilai perbandingan beban, tegangan, kecepatan dengan rata-ratanya 9%, dengan demikian pembangkit listrik tenaga angin berkerja dengan optimal saat dibebani.

C. Pengujian Pembangkit Listrik Tenaga Surya Tanpa beban

Dalam pengambilan data pengujian PLTS tanpa beban menggunakan panel surya merek kawachi 50 wp, dengan panjang tiang 2,0 cm seperti yang diperlihatkan pada gambar 11.

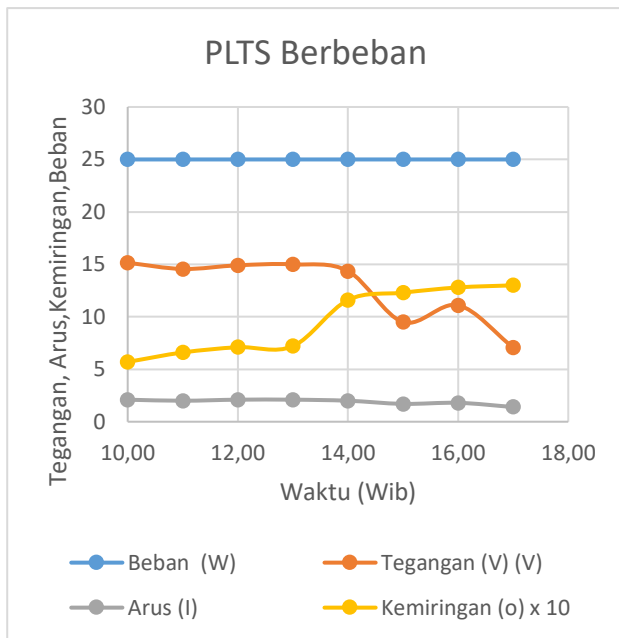


Gbr.11 Grafik Pengujian Solar Cell Tanpa Beban

Pada Gambar 11 memperlihatkan bahwa pengujian yang dilakukan dari jam 10.00-16.00 WIB dengan menggunakan panel surya 50 Wp tanpa beban menghasilkan tegangan, pada pengujian tersebut tegangan yang paling tinggi terjadi pada pukul 10.00 WIB, dengan kemiringan 57° yang menghasilkan tegangan 20,74 V. Dari grafik dapat dilihat bahwa data tegangan tidak terus menurun dan naik melainkan terjadinya naik turun yang disebabkan oleh cuaca pada saat pengujian berlangsung.

D. Pengujian Pembangkit Listrik Tenaga Surya Berbeban

Dalam pengambilan data pengujian PLTS tanpa beban menggunakan panel surya merek kawachi 50 wp, dengan panjang tiang 2,0 cm, dilakukan selama delapan jam, seperti diperlihatkan gambar 12.



Gbr. 12 Grafik Pengujian PLTS Berbeban

Pada Gambar 12 merupakan pengujian panel surya berbeban yang diberikan beban sebesar 25 W di setiap pengujian. Tegangan paling tinggi terjadi pada pukul 10.00 WIB, dengan tegangan 15,15 V, arus 2,1 A dan daya 31,82 W dengan kemiringan sebesar 57°. Daya didapa dari hasil perhitungan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

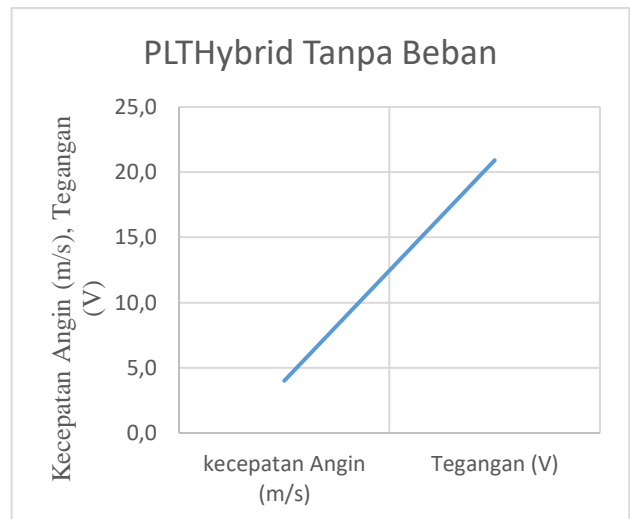
$$P = V \times I$$

$$P = 15,15 \times 2,1 = 31,82 \text{ W}$$

Daya yang dihasilkan naik turun disebabkan oleh tegangan dan arus yang berubah ubah karena faktor cuaca saat pengujian berlangsung. Daya yang paling rendah terjadi pada pukul 18.00 wib dengan daya sebesar 9,9, tegangan 7,07 V, arus 1,4 A dan kemiringan 130°. Perbandingan beban dan tegangan menghasilkan rata-rata 49%, untuk beban dan arus menghasilkan rata-rata 92%. Dengan demikian penggunaan panel surya optimal.

E. Pengujian Pembangkit Listrik *Hybrid* Tanpa Beban

Proses pengujian Pembangkit Listrik Tenaga *Hybrid* yang menggabungkan PLTAngin dan PLTS sehingga mendapatkan data PLTHybrid tanpa beban seperti yang diperlihatkan pada gambar 13.

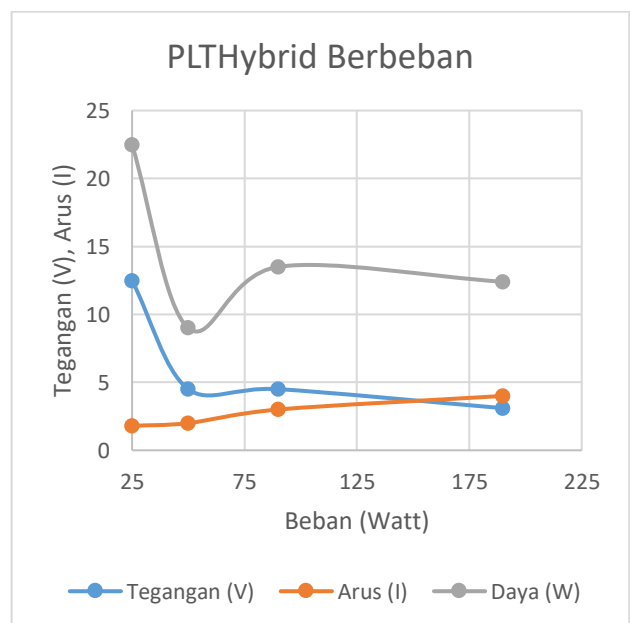


Gbr. 13 Grafik Hasil Pembangkit *Hybrid* Tanpa Beban

Pada gambar 13 merupakan hasil pembangkit listrik hybrid (Tenaga surya Dan Turbin Angin) mendapatkan tegangan sebesar 20,92 VDC dengan arus 0 pada kecepatan angin 4,0 m/s.

F. Pengujian Pembangkit Listrik *Hybrid* Berbeban DC

Pengujian Pembangkit Listrik *Hybrid* dilakukan dengan menggabungkan PLTAngin dan PLTS sehingga mendapatkan data PLTHybrid, maka dibuat grafik antara beban, tegangan, arus dan daya, seperti yang diperlihatkan pada gambar 14.



Gbr. 14 Grafik Pengujian Pembangkit Hybrid Berbeban

Pada Gambar 14 hasil pengujian pembangkit listrik hybrid (tenaga surya dan turbin angin) yang menggunakan beban sebesar 25 W, 50 W, 90 W dan 190 W. Untuk tegangan yang tinggi diperoleh pada beban 25 W sebesar 12,49 V, arus 1,8 A, daya 22 W,

dengan kondisi lampu menyala, dan tegangan rendahnya diperoleh pada beban 190 W sebesar 3,1 V, arus 4 A, daya 12,4W, dengan kondisi lampu menyala. Dari gambar 14 dapat dilihat semakin besar beban yang diberikan maka tegangannya semakin kecil dan arusnya besar. Dengan menggabungkan panel surya dan turbin angin, untuk beban lampu 190 W masih bisa menyala dengan terang.

G. Pengujian Pembangkit Listrik Hybrid Berbeban AC

Pengujian PLTHybrid berbeban dilakukan dilaboratorium politeknik negeri lhokseumawe dengan menggunakan baterai sebagai penyimpan daya dan inverter sebagai pengubah tegangan DC-AC. Dari hasil pengujian pembangkit Hybrid dengan menggunakan inverter untuk pemakaian beban AC, dengan tegangan baterai 12 V / 7,2 Ah. Mendapatkan hasil untuk mengetahui lama waktu pengisian dan pemakaian aki menggunakan persamaan 14. 15 dan 16 sebagai berikut.

$$I = 7,2\text{Ah}/2 \text{ jam} = 3,6 \text{ amper}$$

$$= 3,6 \text{ A} + 20\% = 4,32 \text{ Amper (di tambah diefisiensi aki 20\%)}$$

Menghitung berapa watt charger yang dibutuhkan untuk pengecasan aki 7,2 Ah selama 2 jam.

$$P = V \times I$$

$$= 13,8 \text{ V} \times 4,32 \text{ A}$$

$$= 59,61 \text{ Watt}$$

Menghitung lama pemakaian aki

$$I = 25\text{W}/12\text{V} = 2,083 \text{ A}$$

Waktu pemakaian aki

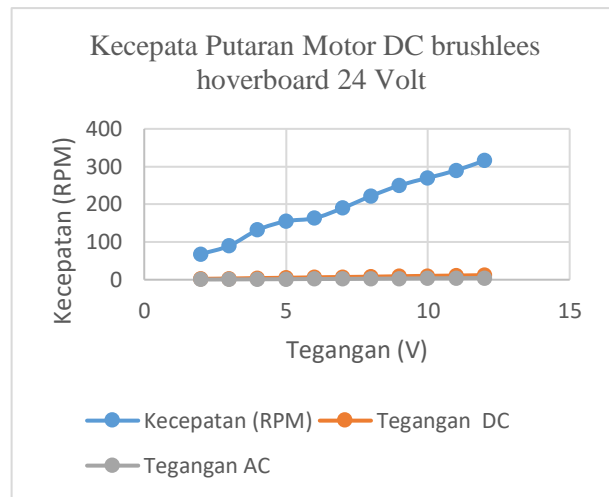
$$7,2 \text{ Ah} / 2,083 = 3,46 \text{ jam} - (\text{diefisiensi aki sebesar } 20\%)$$

$$3,46 \text{ jam} - 2,398 \text{ jam} = 1,062 \text{ (1 jam 1 menit 2 detik)}$$

Untuk pemakaian baterai dengan beban 25 Watt bisa bertahan selama 1 jam. Dan untuk pengecasan aki selama 2 jam membutuhkan daya sebesar 59,61 W dari kedua pembangkit tersebut. Jadi untuk lama ketahanan aki di tentukan oleh besarnya kapasitas amper dan beban.

H. Pengaruh Pembangkit Hybrid Saat Berbeban Dan Tak Berbeban

Pembangkit listrik hybrid kombinasi panel surya dan turbin angin. Untuk melihat pengaruh PLTHybrid maka dilakukan pengujian putaran generator, dapat dilihat pada grafik antara tegangan dengan kecepatan seperti gambar 15.



Gbr. 15 Grafik kecepatan Generator

Berdasarkan data gambar 15 untuk kecepatan rata-rata sebesar 222 rpm dengan tegangan yang dihasilkan 8 Volt DC, sedangkan untuk kecepatan yang diinginkan sebesar 316 rpm yang menghasilkan tegangan 12 Volt DC, semakin cepat putaran yang dihasilkan maka tegangannya semakin besar.

I. Trip Speed Ratio (TSR)

Perbandingan antara kecepatan ujung sudu turbin angin yang berputar dengan kecepatan angin. Dengan menggunakan persamaan 11 dapat dihitung TSRnya sebagai berikut:

$$\text{TSR} = \frac{2\pi \cdot r \cdot n}{60 \cdot V}$$

$$= \frac{2 \cdot (3,14) \times 1,1 \times 222}{60 \times 8,02}$$

$$= \frac{15,35}{481,2} = 3,1 \text{ n/s}$$

Dari hasil yang di dapatkan Sebuah kincir yang ideal yang ideal dapat mengekstraksi daya hingga 16/27 atau 0,593 dari daya yang disediakan angin. Faktor ini biasanya disebut Koefisien Betz (*Betz Coefficient*). Untuk mencari koefisiennya dengan menggunakan persamaan berikut ini.

a. Persentase Tegangan

$$\frac{8}{12} = 0,67 \times 100 = 67 \%$$

b. Persentase Kecepatan

$$\frac{222}{316} = 0,70 \times 100 = 70 \%$$

Dalam kenyataannya, daya angin yang diekstraksi dengan memakai kincir aktual selalu lebih kecil dari nilai ini. Jika nilai koefisien daya (C_p) puncak yang dicapai oleh kincir aktual yang sudah dianggap baik adalah sekitar 35-40 persen dalam kondisi optimal (Johnson, 2006). Dari persentase keduanya bisa menggunakan gearbox untuk mendapatkan kondisi yang diinginkan dengan mencari gearbox yang sesuai sebagai berikut.

- a. $\frac{12}{8} = 1.5 \text{ mm}$
 b. $\frac{316}{222} = 1.4 \text{ mm}$

Hasil dari pemilihan ini bisa menggunakan gearbox ukuran 2 mm untuk menaikkan kecepatan putarannya agar bisa 2x dari kecepatan sebelumnya sehingga menghasilkan tegangan 12 Volt DC. Walaupun kecepatannya lebih tapi masih aman di control oleh scc 20 Amper untuk pengisian daya ke baterai.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan pada penelitian yang telah dilakukan, penulis dapat mengambil beberapa kesimpulan yaitu sebagai berikut :

1. Dalam kondisi pembangkit listrik tenaga angin tanpa beban diperoleh kecepatan angin 4,0 m/s menghasilkan tegangan sebesar 7,2 V_{DC} dan disaat menggunakan beban lampu 25 W dengan kecepatan angin 4 m/s, menghasilkan tegangan sebesar 3,6 V dan arus 1 A, dengan kondisi lampu menyala redup.
2. Penggunaan solar sel dipengaruhi oleh kemiringan dan cuaca, pada pengujian ini tegangan tertinggi solar sel tanpa beban terjadi pada pukul 10.00 Wib, menghasilkan tegangan sebesar 20,74 V dengan sudut kemiringan 57°. Pada waktu dan sudut kemiringan yang sama menggunakan beban 25 W, tegangan yang dihasilkan sebesar 15,15 V dengan arus 2,1 A dan daya sebesar 31,82 W.
3. Ketika pembangkit listrik tenaga surya dan turbin angin (*Hybrid*) diberikan beban lampu sebesar 190 W, memperoleh tegangan sebesar 3,1 V_{DC} dan arus 4 A_{DC}, daya 12 W. Maka untuk beban lampu yang digunakan masih menyala, hal ini dikarenakan gabungan dari kedua pembangkit yang saling membackup untuk menghidupkan lampu dengan beban besar. Dengan penggabungan ini menghasilkan daya dan tegangan yang besar, dari pengujian yang telah dilakukan, pembangkit Hybrid bisa menghidupkan beban lampu sebesar 190 Watt.
4. Dengan kapasitas baterai 12V/ 7,2 Ah, mampu membebani beban sebesar 25 Watt dalam waktu satu jam.

REFERENSI

- [1] Santosa, H. I. (2017). **Kinerja Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid Bayu Dan Surya Di Plith Pantai Baru Poncosari, Srandakan, Bantul** (Doctoral dissertation, Universitas Negeri Semarang).
- [2] Triadi, S. (2019). **Prototype Pembangkit Listrik Hybrid Turbin Angin dan Panel Surya**. 1-17. Widodo S., 2008, **Teknologi wimax untuk komunikasi digital nirkabel bidang lebar**, yogyakarta: graha ilmu.
- [3] Ajie, Robertus Yulian Baskoro (2018). **Unjuk kerja kincir angin poros horizontal tiga sudu, bahan pvc diameter 1 m, lebar maksimum 14 cm pada jarak 20 cm dari pusat poros**.
- [4] Rizal Hakim (2016). **Pemanfaatan solar cell pengikut arah matahari sebagai penerangan taman pada miniature dayah ulumuddin cunda Lhokseumawe**. (Politeknik Negeri Lhokseumawe)