

ANALISA PROSES *CHARGING* AKUMULATOR PADA PROTOTYPE TURBIN ANGIN SUMBU HORIZONTAL DI PANTAI PURUS PADANG

Melda Latif*, Refdinal Nazir*, Hamdi Reza**

* Staf Pengajar Jurusan Teknik Elektro Unand Padang

** Alumni Mahasiswa S1 Teknik Elektro Unand

Email: Melda_latif@ft.unand.ac.id

ABSTRAK

Tenaga listrik merupakan kebutuhan vital untuk pembangunan ekonomi dan pembangunan sosial. Hampir semua aktifitas sehari-hari dan perindustrian tidak lepas dari penggunaan tenaga listrik. Akan tetapi tidak semua daerah bisa menikmati energi listrik karena keterbatasan jangkauan sumber energi listrik oleh Pembangkit Listrik Negara (PLN). Karena tidak semua daerah menerima pasokan listrik PLN, maka kita bisa mendapatkan energi listrik dari energi angin yang merupakan energi terbarukan dan ramah lingkungan. Energi listrik yang berasal dari turbin angin sumbu horizontal disimpan di akumulator (baterai). Akumulator merupakan sumber energi listrik *portable* yang bisa digunakan dimana saja dan kapan saja. Energi listrik pada akumulator juga bisa habis jika digunakan terus menerus dan bisa diisi (*charging*) kembali dengan input listrik DC yang berasal dari sistem konversi energi angin. Output dari turbin angin sumbu horizontal ini adalah tegangan AC 3 fasa. Dalam penelitian ini digunakan transformator, rectifier, dan dioda sebelum diteruskan ke akumulator. Turbin angin sumbu horizontal dipasang di daerah pantai Purus Padang. Dari hasil penelitian didapatkan bahwa alat dan rangkaian yang dirancang bisa melakukan proses *charging* dengan kecepatan angin minimum yang diperlukan untuk menghasilkan tegangan output 12 Volt DC adalah 4,5 m/s atau dengan kecepatan putar generator turbin angin sebesar 450 rpm.

Kata kunci: energi terbarukan, angin, turbin angin sumbu horizontal, akumulator, transformator, rectifier, dioda

I. PENDAHULUAN

Pemanfaatan energi angin sebagai sumber energi listrik alternatif sudah mulai dilakukan beberapa negara. Energi angin untuk menghasilkan listrik, sangatlah bergantung pada kecepatan angin. Pada umumnya kecepatan angin di Kota Padang berkisar dari 0 sampai dengan 7,5 m/s. Kecepatan angin di atas 3 m/s dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi listrik^[1].

Biasanya potensi angin banyak didapatkan di celah antara gunung, dataran terbuka dan pesisir pantai. Penelitian ini dilakukan di daerah pantai Purus Padang. Dengan menggunakan prototipe turbin angin sumbu horizontal tipe propeller, energi gerak dari turbin diubah menjadi energi listrik melalui generator sinkron magnet permanen. Generator sinkron magnet permanen menghasilkan tegangan bolak-balik(AC) dan kemudian

disearahkan sebelum disimpan di akumulator (aki).

Akumulator atau aki adalah sumber tegangan listrik DC yang bersifat *portable* dan bisa dipakai dimana saja dan kapan saja tanpa harus berada di daerah atau tempat yang mendapatkan pasokan energi listrik. Pemakaian aki juga bisa habis. Aki mempunyai batas pemakaian dan tidak akan bisa dipakai lagi jika energinya sudah habis (*dicharging*).

Aki yang telah habis bisa dipergunakan lagi setelah aki tersebut diisi ulang (*charging*) dengan cara memberikan tegangan dengan potensial yang sama pada kutub positif dan negatif aki.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Angin

Angin adalah udara yang bergerak dari tekanan udara yang lebih tinggi ke tekanan udara yang lebih rendah. Perbedaan tekanan udara disebabkan oleh perbedaan suhu udara akibat pemanasan atmosfer yang tidak merata

oleh sinar matahari. Karena bergerak, angin memiliki energi dan energi angin ini bisa dimanfaatkan untuk berbagai macam kebutuhan manusia, diantaranya adalah mengkonversikan energi angin tersebut ke energi listrik.

Energi angin dapat dikonversi atau ditransfer ke dalam bentuk energi lain seperti energi listrik, energi mekanik dan energi lainnya dengan menggunakan kincir atau turbin angin.

Kecepatan angin tidaklah sama antara daerah satu dengan daerah lainnya. Kecepatan angin dapat dibagi dalam beberapa kelas seperti terlihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Tabel Kondisi Angin

Kelas Angin	Kecepatan Angin (m/s)	Kecepatan Angin (Km/jam)
1	0.3 – 1.5	1.0 – 5.4
2	1.6 – 3.3	5.5 – 11.9
3	3.4 – 5.4	12.0 – 19.5
4	5.5 – 7.9	19.6 – 28.5
5	8.0 – 10.7	28.6 – 38.5
6	10.8 – 13.8	38.6 – 49.7
7	13.9 – 17.1	49.8 – 61.5
8	17.2 – 20.7	61.6 – 74.5
9	20.8 – 24.4	74.6 – 87.9
10	24.5 – 28.4	88.0 – 102.3
11	28.5 – 32.6	102.4 – 117.0
12	>32.6	> 118

2.2 Turbin Angin

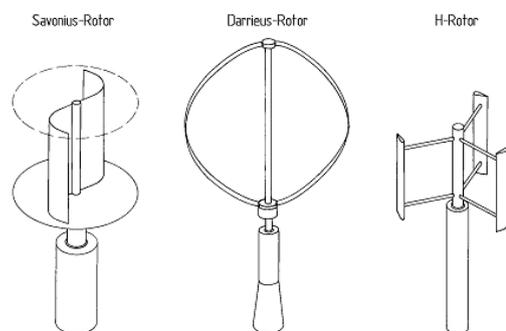
2.2.1 Jenis Turbin Angin

Berdasarkan sumbu putar, turbin angin dibagi menjadi dua jenis yaitu turbin angin sumbu horizontal dan turbin angin sumbu vertical. Salah satu tipe turbin angin sumbu horizontal adalah tipe *Propeller* yang mempunyai baling-baling (blade) seperti pesawat terbang. Gambar 2.1 memperlihatkan salah satu bentuk turbin angin tipe Propeller.



Gambar 2.1. Turbin Angin Propeller [3]

Turbin angin sumbu vertikal adalah turbin angin yang memiliki gerakan sudu sejajar dengan arah angin. Turbin angin jenis ini memiliki struktur yang lebih sederhana. Turbin angin sumbu vertikal adalah turbin angin yang dapat digunakan pada kecepatan angin yang bervariasi dengan arah yang berbeda-beda. Tidak seperti turbin angin sumbu horizontal, turbin angin jenis ini memiliki kecepatan putar yang rendah dengan torka yang tinggi [Sargolzaei, J.]. Sehingga, turbin angin jenis ini lebih banyak digunakan sebagai sumber tenaga penggerak alat penggilingan padi (*windmill*).



Gambar 2.2. Macam – macam Tipe Turbin Angin Sumbu Vertikal [3].

2.3 Generator Sinkron

2.3.1 Konsep Dasar Generator Sinkron

Generator adalah suatu mesin yang menggunakan magnet untuk mengubah energi mekanis menjadi energi listrik. Prinsip generator secara sederhana dapat dikatakan bahwa tegangan ggl berasal dari hasil induksi pada konduktor apabila konduktor tersebut bergerak pada medan magnet sehingga memotong garis-garis gaya magnet.

Besarnya tegangan ggl yang dihasilkan oleh suatu generator bisa diketahui dari persamaan berikut ini^[4]:

$$e = b lv \tag{1}$$

dimana :

e = Tegangan ggl (volt)

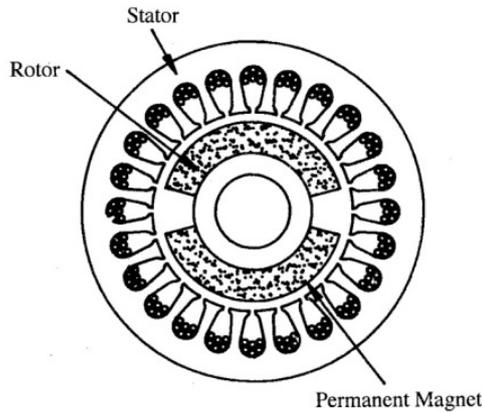
b = Kuat Medan Magnet

l = Panjang Kumparan

v = Kecepatan Putar (rpm)

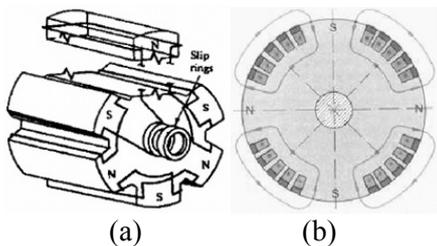
Generator sinkron juga dapat memiliki sistem eksitasi dengan menggunakan magnet permanen. Generator sinkron magnet

permanen seperti ini diilustrasikan seperti gambar berikut:



Gambar 2.3. Potongan melintang generator sinkron magnet permanen dua kutub^[4].

Pada generator sinkron, bentuk rotor yang digunakan dapat dibagi atas dua macam, yaitu: rotor silinder (*cylindrical-rotor*) dan rotor kutub sepatu (*salient-pole*). Kedua jenis rotor ini memiliki karakteristik yang berbeda-beda. Pada generator sinkron dengan rotor kutub sepatu (*Salient-pole*), umumnya memiliki jumlah kutub yang banyak. Karena jumlah kutub yang banyak ini mengakibatkan diameter generator menjadi besar dan generator memiliki putaran sinkron yang lambat. Sementara itu, pada generator sinkron dengan rotor silinder (*Cylindrical-rotor*) memiliki jumlah kutub yang lebih sedikit dari pada rotor kutub sepatu. Sehingga mengakibatkan generator sinkron dengan kutub silinder ini memiliki diameter yang lebih kecil dan putaran sinkron yang tinggi.



Gambar 2.3. Bentuk rotor generator sinkron: (a) Rotor kutub sepatu, (b) Rotor silinder^[4].

2.3.2 Kecepatan Putar Generator Sinkron

Frekuensi elektrik yang dihasilkan generator sinkron adalah berbanding lurus dengan kecepatan putar generator. Hubungan antara kecepatan putar medan magnet pada

mesin dengan frekuensi elektrik pada stator ditunjukkan oleh persamaan 2^[4].

$$f_e = \frac{n_r \cdot p}{120} \tag{2}$$

Dimana:

f_e = frekuensi listrik (Hz)

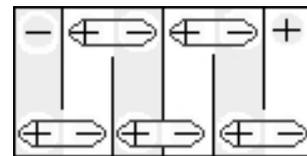
n_r = kecepatan putar rotor (rpm)

p = jumlah kutub magnet

2.4 Akumulator (Aki)

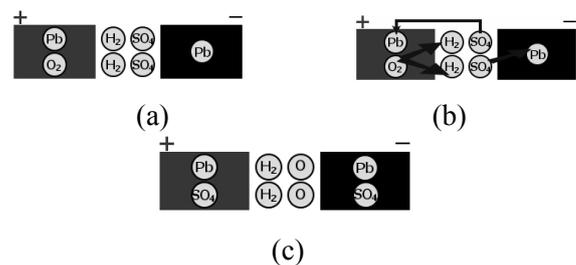
Akumulator atau aki adalah suatu proses kimia listrik, dimana pada saat pengisian (*charge*) energi listrik diubah menjadi kimia dan saat pengeluaran (*discharge*) energi kimia diubah menjadi energi listrik. Aki ini sama fungsinya dengan Baterai.

Baterai terdiri dari sel-sel dimana tiap sel memiliki tegangan sebesar 2 V, artinya aki mobil dan aki motor yang memiliki tegangan 12 V terdiri dari 6 sel yang dipasang secara seri seperti pada gambar 2.4, sedangkan aki yang memiliki tegangan 6 V memiliki 3 sel yang dipasang secara seri seperti pada gambar 2.4.



Gambar 2.4. Baterai 12 Volt

Proses kimia saat pemakaian pada akumulator (aki) terlihat pada gambar 2.5.

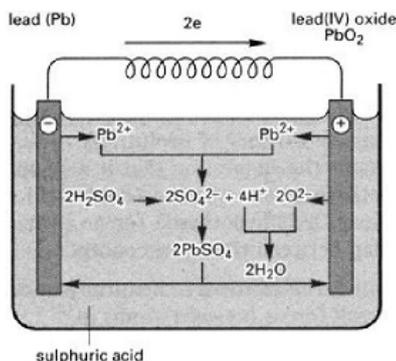


Gambar 2.5. Keadaan pada baterai (a). Ilustrasi baterai dalam keadaan terisi penuh (b). Ilustrasi baterai saat mengeluarkan arus (c). Ilustrasi baterai dalam keadaan tak terisi^[5].

Dari gambar 2.5 dapat diketahui bahwa ion SO_4 bereaksi saat pemakaian (*discharging*), terlepas dari molekul H dan bergabung dengan molekul Pb, dan saat pengisian terjadi sebaliknya, molekul SO_4 terlepas dari Pb dan

kembali bereaksi dengan molekul H, dan terbentuk kembali molekul H_2SO_4 .

Proses yang terjadi pada akumulator bisa juga diilustrasikan oleh gambar 2.6^[5].



Gambar 2.6. Ion-ion pada akumulator (aki)

Ketika akumulator mengalami proses discharging, terjadi proses kimia yang menghasilkan H_2O , sehingga setelah pemakaian aki massa jenisnya adalah sama dengan air (H_2O) karena proses kimia aki tersebut menghasilkan H_2O , dan tidak ada lagi beda potensial antara kutub anoda dan katodanya.

Aki yang sudah habis, massa jenisnya sama dengan air yaitu dengan massa jenis 1 kg/dm^3 ($1 \text{ kg per } 1000 \text{ cm}^3$ atau 1 liter) dan asam sulfat memiliki massa jenis $1,285 \text{ kg/dm}^3$ pada suhu 20°C .

Beberapa hal yang perlu diketahui tentang akumulator atau aki :

a. Proses penerimaan arus (charging).

Aki yang menerima arus adalah aki yang sedang disetrum atau dicas dengan cara dialirkan listrik tegangan searah (DC), dimana kutub positif Aki dihubungkan dengan arus listrik positif dan kutub negatif dihubungkan dengan arus listrik negatif.

Tegangan yang dialiri adalah sama dengan tegangan total yang dimiliki aki, artinya aki 12V dialiri tegangan 12 V DC, dan jika tegangan aki atau baterainya 6 V maka harus dialiri tegangan 6 V DC juga, dan dua aki 12 V yang dihubungkan secara seri sebanyak 2 unit maka harus dialiri tegangan 24 V DC (aki yang dihubungkan seri total tegangannya adalah jumlah dari masing-masing tegangan baterai ($\text{Voltase}_1 + \text{Voltase}_2 = \text{Voltase}_{\text{total}}$).

b. Cairan elektrolit

Pelat-pelat aki harus selalu terendam cairan elektrolit. Tinggi cairan elektrolit

sesuai dengan standar dan takaran dari pabrik produsen aki. Setiap aki sudah diberikan takaran berapa banyak minimum dan maksimum jumlah dari cairan elektrolit pada aki tersebut jadi kita bisa mengontrol keadaan larutan elektrolit aki. Oleh karena itu kita harus memeriksa tinggi cairan elektrolit dalam aki setidaknya 1 bulan sekali karena senyawa dari cairan elektrolit bisa menguap terutama akibat panas yang terjadi pada proses pengisian (*charging*).

Jika cairan terlalu tinggi, hal ini akan memberikan dampak buruk karena cairan elektrolit bisa tumpah melalui lubang-lubang sel (misalnya pada saat terjadi pengisian) dan dapat merusak benda-benda yang ada disekitar aki akibat korosi, misalnya sepatu kabel, penyangga atau dudukan baterai, dan bisa menyebabkan korosi, selain itu proses pendinginan dari panasnya cairan elektrolit aki oleh udara yang ada dalam sel tidak efisien akibat kurangnya udara yang terdapat di dalam sel, dan juga asam sulfat akan berkurang karena tumpah keluar.

c. Kapasitas Aki

Kapasitas aki adalah jumlah Ampere-hours ($\text{Ah} = \text{kuat arus dalam satuan Ampere} \times \text{waktu dalam satuan jam atau hours}$), misalnya kapasitas aki 10 Ah, artinya aki dapat memberikan atau menyuplai energi listrik sebesar 10 Ampere dalam satu jam, atau menyuplai energi listrik 5 Ampere dalam 2 jam sesuai dengan hasil perkaliannya.

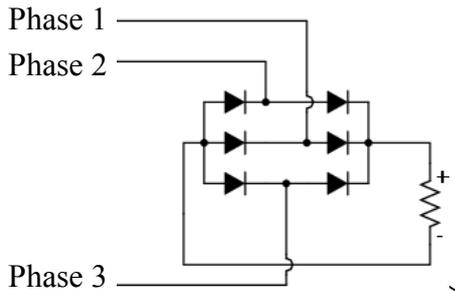
Makin besar ukuran pelat yang bersentuhan dengan cairan elektrolit maka makin besar kapasitasnya, makin banyak pelat yang bersentuhan dengan cairan elektrolit maka makin besar kapasitasnya. Jadi untuk mendapatkan kapasitas yang besar maka luas pelat dan banyaknya pelat haruslah ditingkatkan, dengan catatan bahwa pelat haruslah terendam oleh cairan elektrolit.

d. Temperatur

Makin rendah suhu maka makin kecil kapasitas baterai saat digunakan karena proses reaksi kimia akan semakin lambat terjadi pada saat suhu semakin rendah. Kapasitas baterai lebih baik diukur pada suhu kamar atau suhu ruangan, yaitu suhu yang berkisar antara $20\text{-}25^\circ\text{C}$.

2.4 Rectifier 3 Fasa

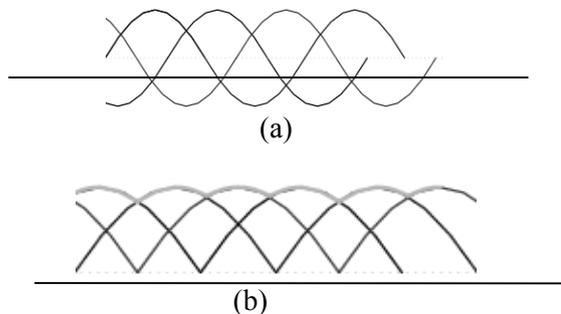
Rectifier 3 fasa adalah suatu rangkaian yang berfungsi mengubah tegangan AC 3 Fasa menjadi tegangan DC. Rectifier 3 fasa ini prinsip kerjanya sama dengan dioda, tetapi Rectifier 3 Fasa ini mempunyai 2 buah dioda untuk masing-masing fasanya sehingga rectifier 3 fasa mempunyai 6 buah dioda. Rangkaian rectifier 3 fasa adalah seperti pada gambar 2.7.



Gambar 2.7 Rangkaian Rectifier 3 Fasa^[6]

Dari gambar 2.7 dapat dilihat bahwa input yang diberikan adalah tegangan AC 3 fasa dimana masing-masing fasanya terhubung diantara dua buah dioda yang berbeda yang posisi kedua dioda tersebut arahnya adalah sama.

Input dan output dari rectifier 3 fasa ini dapat dilihat pada gambar 2.8.



Gambar 2.8 Input (a) dan Output (b) Rectifier 3 Fasa

Dari gambar 2.8 dapat dilihat bagaimana gambaran dari input dan output antara tegangan AC 3 fasa dan tegangan output DC yang dihasilkan. Dimana fasa 1, fasa 2 dan fasa 3 berbeda 120° dan masing-masing fasa tersebut bisa dilihat dari perbedaan warna fasanya.

2.5 Kapasitor

Kapasitor adalah alat elektronik yang salah satu fungsinya adalah menyimpan tegangan dan menyuplai tegangan ketika

tegangan yang diterimanya menurun. Tegangan akan disimpan oleh kapasitor jika tegangan input naik dan kapasitor akan menyuplai tegangan ketika tegangan input menurun.

Penyimpanan dan pengosongan tegangan dari kapasitor berfungsi untuk mengurangi riak-riak pada tegangan DC yang dihasilkan yang akan membuat tegangan DC tersebut akan mendekati garis lurus. Rumus penyimpanan tegangan pada kapasitor dapat dilihat pada persamaan (3).

$$V_c(t) = V_{in} \left\{ 1 - e^{-t/RC} \right\} \tag{3}$$

Dan rumus Pengosongan pada kapasitor adalah pada persamaan (4)

$$V_c(t) = V_{in} + \left\{ V_c(0) - V_{in} \right\} e^{-t/RC} \tag{4}$$

Dari rumus 2.3 dan 2.4 dapat diketahui bahwa untuk pengisian kapasitor, semakin lama atau semakin besar t, maka semakin besar tegangan yang bisa diisi atau disimpan oleh kapasitor dan mendekati besar tegangan input, sedangkan untuk rumus pengosongan kapasitor, semakin lama atau semakin besar nilai t, maka semakin kecil tegangan kapasitor tersebut dan mendekati nol (habis).

2.6 IC Regulator atau IC LM 7815

IC LM 7815 adalah suatu alat elektronika yang berfungsi membatasi tegangan maksimum suatu rangkaian. Tegangan yang dibatasi bermacam-macam tergantung jenis IC LM 78XX nya, ada beberapa jenis IC LM 78, diantaranya IC LM 7810, LM 7812, LM 7815, LM 7818 dan masih ada jenis IC LM 78XX lainnya.

IC LM 7815 ini mempunyai 3 buah port. Port sebelah kiri adalah port input, port bagian tengah adalah ground dan port bagian kanan adalah port output.



Gambar 2.8. IC LM 78XX [11]

Dari gambar 2.15 dapat dilihat bahwa IC LM 78XX mempunyai 3 buah port, yaitu input, ground dan output. Port input berfungsi sebagai tempat input pada IC sedangkan port output adalah port tempat hasil proses atau keluaran dari IC LM 7815.

III. METODE PENELITIAN

Peralatan yang digunakan pada penelitian bisa dilihat pada tabel 3.1.

Tabel 3.1. Peralatan Penelitian

No.	Alat	Jumlah
1.	Generator Sinkron 3 fasa	1 unit
2.	Turbin Angin	3 Sudu
3.	Jumper dan Kabel secukupnya	± 6 m
4.	Kunci Pas	1 unit
5.	Tang	1 unit
6.	Anemometer “Lutron AM-4205”	1 unit
7.	Rectifier 3 Fasa + kapasitor + IC LM 7815	1 unit
8.	Akumulator (Aki) 12V DC 5 Ah	1 unit
9.	Tiang besi	1.5 m
10.	Transformator (Trafo)	6 unit
11.	Multimeter “Sanwa CD800a”	1 unit
12.	Tempat dudukan generator	1 unit

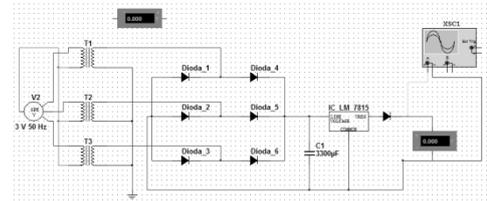
Turbin angin yang telah dibuat selanjutnya melalui proses pengujian. Pengujian ini dibatasi hanya untuk menghasilkan tegangan yang dibutuhkan untuk proses *charging*, yaitu tegangan minimal sebesar tegangan aki sebesar 12 Volt DC dan maksimum adalah 110% dari besar tegangan aki, yaitu sebesar 13,5 Volt DC. Pada pengujian ini digunakan sistem tegangan konstan. Pengujian dilakukan dengan pengambilan data di Laboratorium Konversi Energi Elektrik, melakukan simulasi dengan Multism 11.0 serta melakukan pengujian di lapangan, yaitu daerah Pantai Purus Padang.

IV. HASIL PENELITIAN

Hasil penelitian dengan menggunakan tiga metode penelitian diterangkan satu per satu sebagai berikut.

4.1 Pengujian Rangkaian Dengan Simulasi Multism 11.0

Skema rangkaian simulasi dapat dilihat pada gambar 4.1 berikut ini.



Gambar 4.1. Skema rangkaian pada simulasi Multism 11.0

Dari simulasi dengan menggunakan program Multism 11.0, diketahui bahwa untuk dapat menghasilkan tegangan output DC sebesar minimal 12 Volt DC, diperlukan besar tegangan output dari generator 3 fasa 5.54 untuk tegangan line to line (V_{L-L}) atau 3.2 untuk tegangan line to netral (V_{L-N}).

Tabel 4.1. Data Hasil Simulasi Multism 11.0 dan perbandingannya dengan hasil perhitungan secara teori.

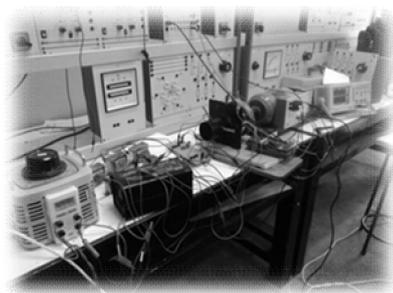
V_{L-N} (Volt)	V_{L-L} (Volt) Simulasi	V_{L-L} (Volt) Perhitungan	V_{DC} (Volt)
1.0	1.73	1.73	1.70
1.1	1.90	1.91	2.16
1.2	2.08	2.08	2.63
1.3	2.25	2.25	3.10
1.4	2.42	2.42	3.57
1.5	2.59	2.60	4.04
1.6	2.77	2.77	4.52
1.7	2.94	2.94	5.00
1.8	3.11	3.12	5.48
1.9	3.29	3.29	5.96
2.0	3.46	3.46	6.44
2.1	3.63	3.64	6.92
2.2	3.81	3.81	7.40
2.3	3.98	3.98	7.88
2.4	4.15	4.16	8.36
2.5	4.33	4.33	8.85
2.6	4.50	4.50	9.32
2.7	4.67	4.68	9.80
2.8	4.85	4.85	10.28
2.9	5.02	5.02	10.77
3.0	5.19	5.20	11.25
3.1	5.37	5.37	11.73
3.2	5.54	5.54	12.22
3.3	5.71	5.72	12.70
3.4	5.89	5.89	13.17

3.5	6.06	6.06	13.65
3.6	6.23	6.24	14.11
3.7	6.41	6.41	14.50
3.8	6.58	6.58	14.50
3.9	6.75	6.75	14.50
4.0	6.93	6.93	14.50

Dari tabel 4.1 dapat diketahui bahwa semakin besar tegangan V_{LN} , maka semakin besar pula tegangan V_{LL} dan V_{DC} nya.

4.2 Pengujian di Laboratorium Konversi Energi Elektrik (LKEE) Unand

Pada tahap pengujian laboratorium ini, generator 3 fasa yang digunakan diuji di Laboratorium Konversi Energi Elektrik (LKEE) dengan input energi adalah putaran dari sebuah motor. Input yang diberikan adalah kecepatan motor yang bervariasi (dalam satuan rpm). Gambar 4.2 adalah gambar pengujian alat yang terpasang saat pengujian di Laboratorium LKEE.



Gambar 4.2. Pengujian di Laboratorium Konversi Energi Elektrik.

Dari pengujian ini dilihat bagaimana pengaruh kecepatan putar motor terhadap tegangan output serta frekuensi yang dihasilkan. Hasil pengujian yang dilakukan di Laboratorium dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4.2. Hasil pengujian generator di Laboratorium LKEE.

Kecepatan Putar (rpm)	V_{L-L} (Volt)	V_{DC} (Volt) (Simulasi)	V_{DC} (Volt) (Pengujian Labor)
50	0.5	0.0	0.0
100	1.2	0.1	0.1
150	2.0	2.6	0.5
200	2.7	4.5	2.4
250	3.4	6.4	3.0
300	4.0	7.8	5.5

350	4.7	9.8	8.5
400	5.2	11.2	11.0
450	5.9	13.2	12.1
500	6.6	14.5	14.5
550	7.2	14.5	14.5
600	8.0	14.5	14.5
650	8.6	14.5	14.5
700	9.2	14.5	14.5
750	9.8	14.5	14.5
800	10.4	14.5	14.5
850	11.2	14.5	14.5
900	11.7	14.5	14.5
950	12.3	14.5	14.5
1000	13.3	14.5	14.5
1050	13.9	14.5	14.5
1100	14.5	14.5	14.5
1150	15.2	14.5	14.5
1200	15.8	14.5	14.5

Pada pengujian laboratorium ini, juga diukur berapa besar arus yang mengalir pada akumulator (aki) pada saat proses *charging* berlangsung, dan didapatkan data bahwa arus yang mengalir saat *charging* adalah 0,05 Ampere. Untuk waktu pengisian, tentunya arus ini akan sangat lama digunakan untuk *charging* sebuah aki, dimana aki yang digunakan adalah aki dengan kapasitas 5 Ampere-hours. Kapasitas aki yang akan *dicharging* adalah aki dengan kapasitas 80%. Jika kapasitas sebuah aki yang akan *dicharging* adalah 80%, maka :

- Kapasitas yang akan diisi = 20% x 5 Ah = 1 Ah.
- Waktu yang dibutuhkan untuk *charging* adalah : 1 Ah / 0.05 Ampere = 20 hours atau 20 jam.

Jadi waktu yang dibutuhkan untuk melakukan *charging* pada aki dengan kapasitas 80% adalah 20 hours atau 20 jam.

4.3 Pengujian Charging Akumulator di Pantai Purus Padang

Dari pengujian di pantai Purus Padang, kecepatan angin minimum yang dibutuhkan untuk menghasilkan tegangan DC 12 Volt adalah 4,5 m/s. Pengujian dilakukan selama 1 jam.

Tegangan akhir setelah pengujian selama 1 jam adalah 10.7 Volt dan besar arus rata-rata yang mengalir adalah 66.7 mA. Aki yang digunakan proses *charging* adalah aki dengan kapasitas 80%. Maka kapasitas 20% aki

yang akan diisi adalah $20\% \times 5\text{Ah} = 1\text{ Ah}$. Dengan demikian, waktu yang diperlukan untuk mengisi energi aki dari 80% sampai penuh yaitu dengan perhitungan :

$$1\text{ Ah} / 66,7\text{ mA} = 15\text{ hours.}$$

Daya yang dihasilkan oleh generator dalam melakukan proses charging adalah:

$$\begin{aligned}\text{Daya} &= \text{Tegangan} \times \text{Arus} = V \times I \\ &= 12\text{ Volt} \times 0,06\text{ A} = 0,72\text{ Watt}\end{aligned}$$



Gambar 4.3 Pengujian di pantai Purus Padang

Dari besar arus charging hasil pengukuran dan besarnya daya dari hasil perhitungan, maka dapat diketahui bahwa waktu yang dibutuhkan untuk *charging* ini termasuk lama dan belum maksimal, hal ini disebabkan oleh eksitasi magnet permanen yang sudah tidak kuat lagi, kecepatan angin yang berubah-ubah, serta adanya jatuh tegangan pada komponen-komponen rangkaian seperti dioda dan IC LM 7815.

Hasil pengujian di pantai ini mendekati sama dengan hasil pengujian di laboratorium yaitu arus *charging* adalah sebesar 0,05 A di laboratorium dan 0,06 A hasil penelitian di pantai.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat ditarik beberapa kesimpulan, yaitu:

1. Besar arus *charging* rata-rata yang dihasilkan adalah 0,06 A dengan menggunakan metoda tegangan konstan.
2. Dari data di pantai Purus Padang, didapatkan bahwa untuk menghasilkan tegangan 12 Volt DC kecepatan minimum angin yang dibutuhkan adalah 4,5 m/s.

3. Dari hasil penelitian di Laboratorium Konversi Energi, kecepatan putar minimum yang diperlukan untuk menghasilkan tegangan 12 Volt DC adalah 450 rpm.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Daryanto. Y. Kajian Potensi Angin Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Bayu. Yogyakarta: Balai PPTAGG. 2007.
- [2] Puriza, M. Yonggi. 2012. Tugas Akhir: Perancangan dan Pembuatan Prototipe Turbin Angin Sumbu Horizontal. Jurusan Teknik Elektro Universitas Andalas. Padang.
- [3] Erich Hau, Wind Turbines Fundamentals, Application, Economics, 2nd Edition, terjemahan Horst von Renouard, Springer, Germany, 2005.
- [4] Nasar, Syed A.. *Electric Machines and Power Systems*. Volume 1: Electric Machines. USA: McGraw Hill, Inc.. 1995.
- [5] Adityawan, Aurino P. dkk. Sistem Pengisian Batteray Lead Acid Secara Adaptive. Jurusan Teknik Elektronika, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya Kampus PENS-ITS Sukolilo, Surabaya.
- [6] Mohan/Undeland/Robbins, "Power Electronics, Converters, Applications, and Design
- [7] Muhammad H. Rashid, "PoerElectronics, Circuits, Devices, and Applications.
- [8] [Maxime Roger Joseph Dubois, "Optimized Permanent Magnet Generator Topologies for Direct-Drive Wind Turbines", Canada, 2004

Biodata Penulis

Melda Latif, lahir di Padang tanggal 19 Maret 1969. Pendidikan S1 di USU pada tahun 1988. Tahun 1999 mengikuti pendidikan Post-Graduate Diploma di UMIST, Manchester. Tahun 2003 mengikuti pendidikan S2 di ITB, Bandung. Sekarang ini sebagai pengajar di Teknik Elektro Unand, Padang. Juga sebagai Sekretaris Laboratorium Dasar Teknik Elektro Unand. Bidang keahlian adalah Elektronika Daya, Konversi Energi dan Material Elektroteknik.