

RANCANG BANGUN MODUL PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA BAYU

Alfian Hidayat Rachman¹, Aksan², Ashar AR³

¹ Teknik Elektro, Politeknik Negeri Ujung Pandang
Alfianhidayat1210@gmail.com

² Teknik Elektro, Politeknik Negeri Ujung Pandang
Aksansubarjo@gmail.com

³ Teknik Elektro, Politeknik Negeri Ujung Pandang
ashar_ar@poliupg.ac.id

Abstrak

Untuk pengembangan energi baru dan terbarukan, khususnya pengembangan sistem konversi angin, metodenya yang akan dilakukan dalam penelitian ini adalah metode perancangan pembuatan modul simulator turbin angin tipe poros horizontal, pengukuran dengan alat ukur tegangan listrik, arus listrik, daya listrik, kecepatan putar generator dan kecepatan angin, yang bertujuan untuk mendapatkan informasi detail mengenai parameter parameter yang di hasilakn oleh PLTB dan dapat memudahkan dalam kegiatan praktikum, Modul simulator turbin angin menggunakan poros horizontal jenis sudut turbin angin dengan 3 bilah serta variasi kecepatan angin yang dihembuskan dari kipas buatan (blower) berkisar 5 m/s sampai 7 m/s pada wind tunnel, Hasil yang diperoleh pada penelitian ini adalah untuk mendapatkan modul simulator dan bentuk turbin angin tipe poros horizontal dengan terowongan angin yang beroperasi secara efisien pada kecepatan angin rendah (5-7 m/s) dengan menampilkan hasil pengukuran pada modul, pada mengujian pencatuan ke beban, akumulator bergantung dari beban yang di konsumsi, tegangan akumulator akan cepat habis bila daya semakin besar.

Keywords: Energi Baru dan Terbarukan, Laboratorium, Modul Turbin Angin

I. PENDAHULUAN

Di era modern ini, ketergantungan masyarakat akan sumber energi terutama energi listrik sama halnya seperti kebutuhan pokok manusia lainnya. Pemenuhan kebutuhan energi listrik masih didominasi dari sumber-sumber energi fosil yang tidak baru dan terbarukan. Sedangkan Perpres Nomor 61 Tahun 2011 mengharuskan untuk mereduksi emisi karbon dioksida dan gas-gas efek rumah kaca, oleh karena itu perluasan dalam penggunaan energi baru terbarukan diwajibkan.

Energi terbarukan yang berkembang pesat saat ini adalah energi anginyang merupakan energi terbarukan yang bersih dan tersedia secara bebas (free). Namun energi terbarukan tersebut tidaklah tersedia setiap saat, oleh karenanya untuk dapat menyediakan catu daya listrik yang kontinu dengan efisiensi yang optimal dilakukan perancangan pembangkit listrik energi terbarukan menjadi Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB). PLTB ini akan bekerja berdasarkan kekuatan angin.

Dapat diketahui bahwa energi angin tersedia pada waktu yang seringkali tidak dapat diprediksi (sporadic), dan sangat berfluktuasi tergantung cuaca atau musim. Sehingga kondisi ini akan memengaruhi tingkat kekuatan dari PLTB dalam menghasilkan energi listrik dan akan mempersulit untuk mengetahui parameter-parameter yang dihasilkan oleh PLTB. Adapun motivasi dan minat mahasiswa untuk mempelajari dan mengembangkan pembangkit tenaga listrik yang baru dan terbarukan khususnya tenaga angin kian meningkat, sementara simulator PLTB yang terdapat pada laboratorium praktikum pembangkit pada jurusan Teknik Elektro PNUP yang digunakan sebagai bahan

pembelajaran untuk mahasiswa masih terdapat kekurangan yaitu pada sistem monitoringnya.

Berangkat dari permasalahan tersebut, mendorong penulis untuk merancang dan membuat alat monitoring simulator PLTB yang dapat berfungsi untuk memantau beberapa parameter seperti tegangan, arus, daya, kecepatan angin, putaran generator, dan suhu yang kemudian akan ditampilkan pada suatu PC sehingga dapat memudahkan kegiatan praktikum dalam memonitoring parameter-parameter yang dibutuhkan tersebut.

II. KAJIAN LITERATUR

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 kinetik. Energi angin dapat dikonversi atau ditransfer ke dalam bentuk energi lain seperti listrik atau mekanik dengan menggunakan kincir atau turbin angin. Oleh karena itu, kincir atau turbin angin sering disebut sebagai Sistem Konversi Energi Angin.[1]

A. PLTB

PLTB adalah Pembangkit Listrik Tenaga Angin atau sering juga disebut dengan Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) adalah salah satu pembangkit listrik energi terbarukan yang ramah lingkungan dan memiliki efisiensi kerja yang baik jika dibandingkan dengan pembangkit listrik energi terbarukanlainnya. Prinsip kerja PLTB adalah dengan memanfaatkan energi kinetik angin yang masuk ke dalam area efektif turbin untuk memutar baling-

baling/kincir angin, kemudian energy putar ini diteruskan ke generator untuk membangkitkan energi listrik.[2]

B. Turbin Angin

Turbin angin merupakan sebuah alat yang digunakan dalam sistem konversi energi angin. Turbin angin berfungsi mengubah energi kinetik angin menjadi energi mekanik berupa putaran poros. Putaran poros tersebut kemudian digunakan untuk beberapa hal sesuai dengan kebutuhan seperti memutar dinamo atau generator untuk menghasilkan listrik atau menggerakkan pompa untuk pengairan.[3]

C. Wind Charge Controller

Wind Charge controller merupakan alat yang digunakan untuk mengubah tegangan AC 3 fasa menjadi tegangan DC yang dikeluarkan oleh generator yang kemudian diolah dan disimpan pada tempat penyimpanan (aki).

Wind Charge controller berfungsi mengatur keluaran tegangan dan arus agar selalu konstan walaupun keluaran dari generator turbin angin tidak konstan. Hal ini dimaksudkan untuk mempermudah ke proses pemakaian beban dan media penyimpanan .[4]

D. Akumulator

Akumulator adalah sebuah sel listrik dimana didalamnya berlangsung proses elektrokimia yang reversible (dapat berkebalikan) dengan efisiensinya yang tinggi. Yang dimaksud dengan proses elektrokimia reversible adalah di dalam baterai dapat berlangsung proses perubahan kimia menjadi tenaga listrik (pengosongan) dan sebaliknya dari tenaga listrik menjadi tenaga kimia (pengisian kembali dengan cara regenerasi dari elektroda-elektroda yang dipakai, yaitu dengan melewatkan arus listrik dalam arah (polaritas) yang berlawanan di dalam sel) (Daryanto, 2015).

Oleh karena itu, dengan menggunakan aki, diharapkan tegangan dan arus yang dihasilkan dapat disimpan sementara dan dilanjutkan menuju inverter untuk disamakan tegangannya untuk kemudian dilanjutkan ke sistem pembebanan. Pada penyimpanan ini digunakan aki dengan tegangan 12VDC dan kemampuan 32Ah. [1]

E. Inverter

Inverter merupakan rangkaian elektronika daya yang digunakan untuk mengkonversikan tegangan searah (DC) ke tegangan bolak-balik (AC). Ada beberapa topologi inverter yang ada sekarang ini, dari yang hanya menghasilkan tegangan keluaran kotak bolak-balik (push-pull inverter) sampai yang sudah bisa menghasilkan tegangan sinus murni (tanpa harmonisa).

Teknik kendali yang digunakan agar inverter mampu menghasilkan sinyal sinusoidal, yang paling sederhana adalah dengan cara mengatur keterlambatan sudut penyalan inverter di tiap lengannya. Cara yang paling umum digunakan adalah dengan modulasi lebar pulsa (PWM). Sinyal kontrol penyalan didapat dengan cara membandingkan sinyal referensi (sinusoidal) dengan sinyal carrier (digunakan sinyal segitiga). Dengan cara ini

frekuensi dan tegangan fundamental mempunyai frekuensi yang sama dengan sinyal referensi sinusoidal.[4]

F. Voltage Regulator Speed (Dimmer)

Dimmer secara sederhana adalah alat yang berfungsi mengatur tegangan keluaran untuk mengendalikan atau kontrol peralatan listrik.

Contohnya mengatur kecerahan pada lampu, mengatur tingkat panas pada penghasil panas seperti solder, mengatur kecepatan motor pada kipas angin, pompa air dan banyak lainnya

Dimmer pada peralatan ac, merupakan solusi murah untuk mengatur kecepatan atau memperlambat putaran motor, meskipun hasilnya tidak sebaik menggunakan inverter, tapi untuk aplikasi pada peralatan rumah tangga sudahlah cukup.

Dimmer sendiri secara garis besar dibedakan bergantung pada jenis sumber alat yang dikendalikan, yaitu dimmer AC dan Dimmer DC.[5]

G. Watt Meter

Wattmeter pada dasarnya merupakan penggabungan dari dua alat ukur yaitu Amperemeter dan Voltmeter, untuk itu pada Wattmeter terdiri dari kumparan arus dan kumparan tegangan, sehingga pemasangannya juga sama yaitu kumparan arus dipasang secara seri dengan beban dan kumparan tegangan dipasang secara paralel dengan sumber tegangan.

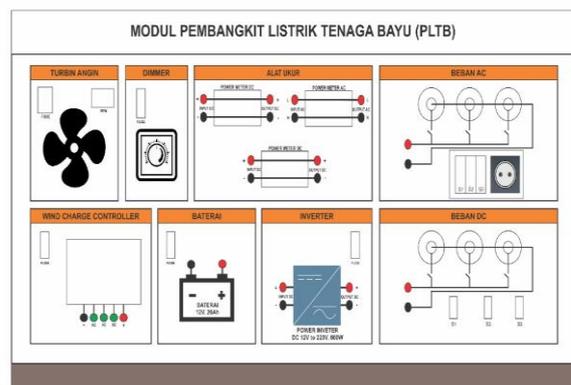
Wattmeter merupakan alat ukur yang digunakan untuk mengukur daya listrik secara langsung. Wattmeter dapat digunakan untuk pengukuran pada arus searah maupun arus bolak-balik.[6]

III. METODE PENELITIAN

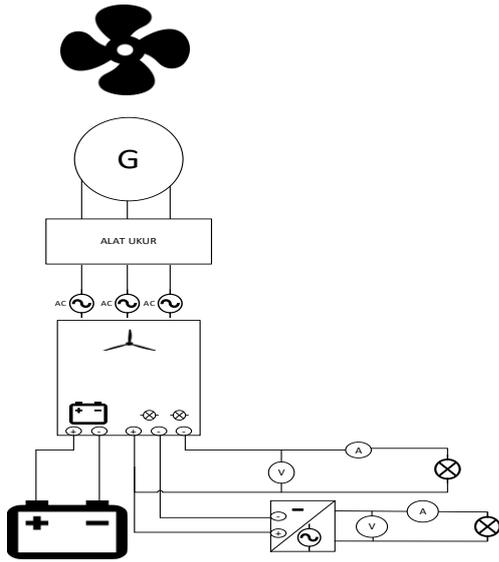
A. Prosedur Rancang Bangun

Prosedur perancangan merupakan tahapan untuk merancang rangkaian yang dibutuhkan dalam pembuatan alat monitoring. Proses perancangan dan pembuatan alat monitoring ini melalui beberapa tahap, tahap-tahap perancangan dan pembuatan meliputi:

Perencanaan mekanik Alat Monitoring PLTB dilakukan dengan proses desain menggunakan *software* Corel Draw. Simulator PLTB

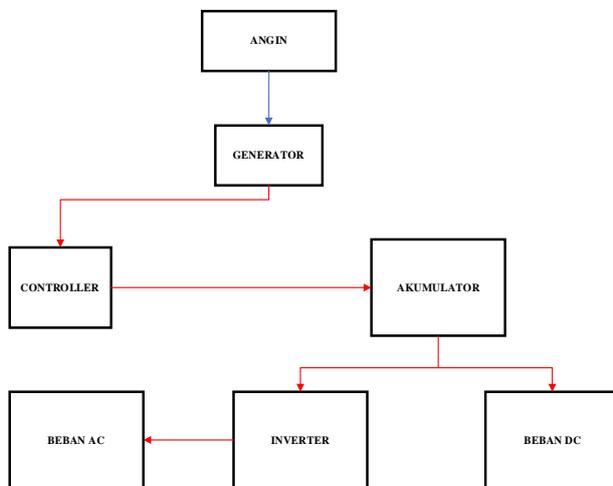


Gambar1. Desain 3D Mekanik Simulator PLTB



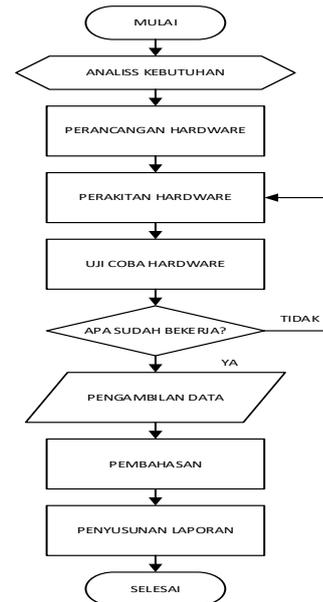
Gambar 2. Wiring Electrical

B. Teknik Analisis Data



Gambar 3. Diagram Blok Modul PLTB

Modul ini dirancang untuk dapat melakukan monitoring parameter yang dihasilkan oleh generator AC yang terkopel dengan turbin angin dengan memanfaatkan beberapa alat yang mampu membaca besaran seperti arus (A), tegangan (V), kecepatan angin (m/s), dan putaran generator (rpm). Algoritma yang digunakan dapat dilihat pada flowchart berikut:



Gambar 4. Flowchart pembuatan modul PLTB

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Perancangan Hardware

Berikut adalah bentuk fisik dari modul PLTB:

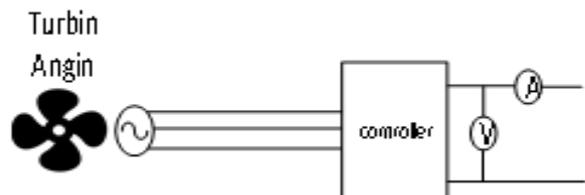


Gambar 5. Hasil Rancangan Modul PLTB

B. Pengujian Hardware

Pengujian *hardware* dilakukan untuk mengetahui tingkat kecocokan dan kesesuaian uji kelayakan dari alat ukur rancangan dengan alat ukur standar (multimeter, tachometer, dan anemometer). Sehingga untuk mendapatkan data yang akurat perlu dilakukan pengukuran dengan sistem *one by one* agar didapatkan hasil yang sesuai. Pengujian *hardware* meliputi:

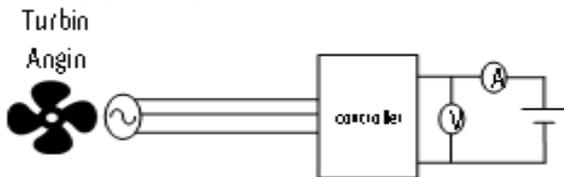
1. Pengujian Tegangan *Input* Blower Terhadap Tegangan *Output* Generator, Kecepatan angin dan Putaran Generator



Gambar 6. Diagram Pengujian Tegangan dan Arus Generator
Pada pengujian ini, membandingkan kecepatan angin terhadap tegangan dan rpm yang dihasilkan oleh

generator. Suatu pembangkit listrik tenaga bayu membutuhkan suatu sistem pengonversi ke energi listrik yang mana alat konversi itu akan menghasilkan tegangan dengan bergantung terhadap kecepatan putarnya. Suatu pembangkit dikatakan bagus terhadap sistem apabila telah mampu memenuhi kebutuhan beban yang diinginkan. Nilai dari pengujian ini menjadi parameter yang mana nilai tegangan ini akan memasuki akumulator sebagai elemen penyimpanan.

2. Pengujian Pengisian Akumulator

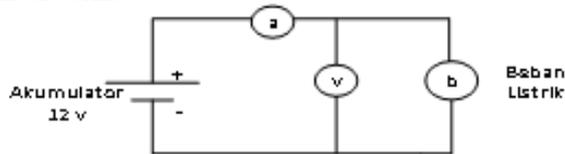


Gambar 7. Diagram Pengisian Akumulator

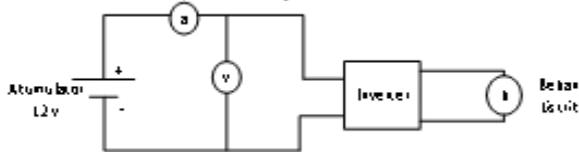
Pada pengujian ini yang menjadi parameter ialah arus dan tegangan yang masuk ke akumulator dari generator yang melewati controller sebelumnya terhadap waktu pengisian hingga akumulator penuh dalam hal ini di atas 12 volt.

3. Pengujian ke Beban

Pada pengujian pencatutan ke beban listrik dilakukan dengan dua macam pengujian, yaitu pengujian pencatutan ke beban DC dan pengujian pencatutan dengan beban AC yang sebelumnya melewati Inverter. Ditunjukkan pada gambar berikut



Gambar 8. Rangkaian Beban DC



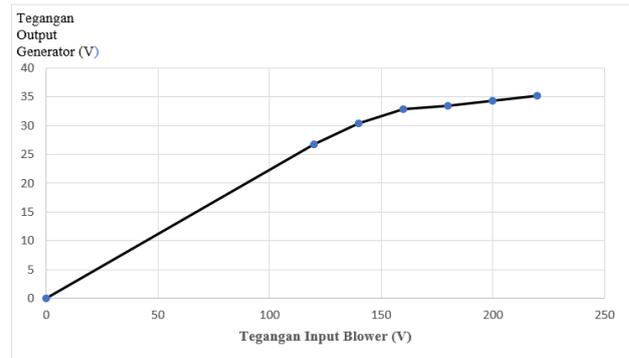
Gambar 9. Rangkaian Beban AC

C. Hasil Pengujian Tegangan *Input* Blower Terhadap Tegangan *Output* Generator, Kecepatan angin dan Putaran Generator

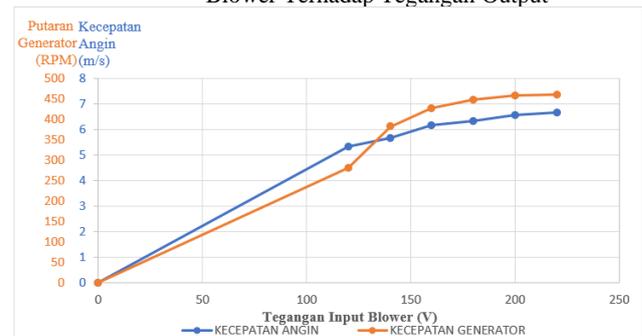
Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui tegangan, kecepatan angin dan putaran generator berdasarkan tegangan input blower, pada pengujian ini untuk menggerakkan turbin angin digunakan blower yang dapat di atur kecepatan keluaran angin tersebut. Ketika blower dinyalakan makan angin akan berhembus dan di arahkan ke turbin angin, yang mana turbin angin ini akan di jadikan sebagai primer over untuk memutar generator. Setelah generator berputar maka tegangan generator di ukur menggunakan voltmeter, kecepatan angin di ukur menggunakan anemometer dan putaran generator di ukur menggunakan tachometer. Sehingga didapatkan hasil pengujian yang ditunjukkan pada tabel 1. Dari tabel 1 didapatkan grafik pengujian yang di tunjukkan oleh gambar 10 dan gambar 11.

Tabel 1. Data Pengujian Tegangan Input Blower Terhadap Tegangan Output Generator, Kecepatan Angin dan Putaran Generator

No	Tegangan <i>Input</i> Blower (V)	Kecepatan Angin (m/s)	Putaran Generator (RPM)	Tegangan <i>Output</i> Generator (Volt)
1.	220	6.67	460.4	35.22
2.	200	6.58	458.9	34.30
3.	180	6.33	447.6	33.43
4.	160	6.17	426.8	32.80
5.	140	5.67	382.4	30.35
6.	120	5.33	281.5	26.80
7.	0	0.00	0.00	0.0



Gambar 10. Grafik Perbandingan Tegangan Input Blower Terhadap Tegangan Output



Gambar 11. Grafik Perbandingan Tegangan Input Blower Terhadap Putaran Generator dan Kecepatan Angin

Dari hasil pengujian kecepatan angin dan putaran generator diperoleh bahwa tegangan input blower berbanding lurus dengan kecepatan angin dan putaran generator, dimana semakin besar tegangan input blower maka semakin tinggi pula kecepatan angin dan putaran generator yang dihasilkan, begitu pula sebaliknya semakin kecil tegangan input blower maka semakin rendah kecepatan angin dan putaran generator yang dihasilkan

D. Hasil Pengujian Pengisian Akumulator

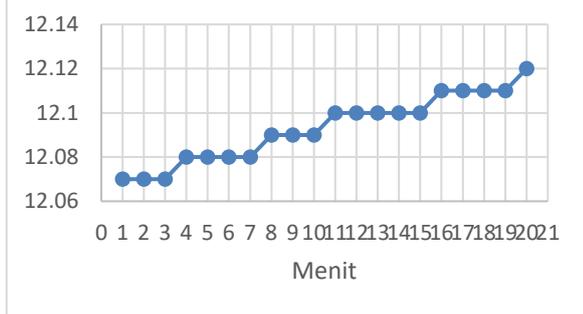
Pada pengujian ini dilalukan untuk mengetahui kemampuan turbin angin saat melakukan pengisian ke akumulator. Pada pengujian ini turbin angin diputar dengan menggunakan hembusan angin dari blower, kecepatan turbin angin di jaga agar mampu menghasilkan tegangan

listrik yang cukup untuk mengisi akumulator maka di butuhkan controller untuk dapat mengatur kecepatan turbin angin agar tetap stabil. Sehingga didapatkan hasil pengujian yang ditunjukkan pada tabel 2 berikut ini:.

Tabel 2. Data Pengujian Pengisian Akumulator

No.	Waktu (menit)	Tegangan listrik (volt)	Arus listrik (mA)	Kecepatan putar generator (rpm)
1	1	12,07	45,6	260
2	2	12,07	48,7	258
3	3	12,07	50,7	261
4	4	12,08	51,0	260
5	5	12,08	47,9	258
6	6	12,08	50,2	260
7	7	12,08	48,5	259
8	8	12,09	46,4	260
9	9	12,09	49,8	261
10	10	12,09	47	259
11	11	12,10	46,3	259
12	12	12,10	45	260
13	13	12,10	47,9	258
14	14	12,10	50,1	259
15	15	12,10	45,8	260
16	16	12,11	48,2	259
17	17	12,11	46,5	261
18	18	12,11	48,9	258
19	19	12,11	48,7	260
20	20	12,12	51	260

Dari tabel 2. didapatkan hasil bahwa tegangan listrik maksimum yang dihasilkan pada kecepatan angin 6 m/s adalah 12,12 volt Data-data tersebut menunjukkan bahwa tegangan listrik yang dihasilkan oleh generator cukup untuk mengisi akumulator. Gambar 12 menunjukkan tegangan listrik yang dihasilkan selama 20 menit pengujian.



Gambar 12. Grafik Pengisian Akumulator

Pada grafik menunjukkan pengisian akumulator dari mulai 12,7 volt ke 12,12 selama 20 menit. Besar arus pengisian untuk mengisi akumulator telah cukup terbukti dengan terjadinya aliran arus listrik dari generator ke akumulator. Pada pengujian tegangan listrik awal akumulator sebelum dilakukan pengisian adalah 12,7 volt sedangkan tegangan listrik akumulator setelah 20 menit adalah 12,12. Hal ini berarti tegangan listrik akumulator bertambah sebanyak 0,5 volt

E. Hasil Pengujian ke Beban DC

Pada pengujian ini akumulator di hubungkan ke beban listrik DC yang dimana terdapat 3 beban DC yaitu, Lampu TL DC, Kipas dan Lampu Pijar

Berikut adalah data yang diperoleh selama pengujian.

Tabel 3. Data Pengujian dengan Beban 1 Buah Lampu TL DC

No.	Waktu (Menit)	Kecepatan Angin (m/s)	Putaran Generator (RPM)	Arus (A)	Tegangan (V)	Daya (W)
1.	1	6.67	260	0.49	12.13	5.9
2.	2	6.58	258	0.50	12.09	6.0
3.	3	6.33	261	0.52	12.07	6.2
4.	4	6.17	260	0.53	12.06	6.3
5.	5	6.67	259	0.54	12.06	6.5
6.	6	6.58	260	0.54	12.05	6.5
7.	7	6.33	259	0.54	12.05	6.5
8.	8	6.17	260	0.54	12.04	6.5
9.	9	6.67	261	0.55	12.05	6.6
10.	10	6.58	259	0.55	12.05	6.6

Tabel 4. Data Pengujian dengan Beban 1 Buah Lampu Pijar DC

No.	Waktu (Menit)	Kecepatan Angin (m/s)	Putaran Generator (RPM)	Arus (A)	Tegangan (V)	Daya (W)
1.	1	6.33	259	3.85	11.06	42.5
2.	2	6.17	259	3.82	11.06	42.2
3.	3	6.67	260	3.80	11.06	42.0
4.	4	6.58	258	3.78	11.06	41.8
5.	5	6.33	259	3.77	11.06	41.6
6.	6	6.33	260	3.76	11.06	41.5
7.	7	6.17	259	3.77	11.06	41.6
8.	8	6.67	261	3.74	11.11	41.5
9.	9	6.58	258	3.77	11.12	41.9
10.	10	6.33	260	3.76	11.11	41.7

Tabel 5 .Data Pengujian dengan Beban 1 Buah Kipas DC

No.	Waktu (Menit)	Kecepatan Angin (m/s)	Putaran Generator (RPM)	Arus (A)	Tegangan (V)	Daya (W)
1.	1	6.17	259	0.22	12.20	2.6
2.	2	6.67	260	0.20	12.21	2.4
3.	3	6.58	259	0.20	12.22	2.4
4.	4	6.33	261	0.19	12.22	2.3
5.	5	6.33	258	0.19	12.23	2.3
6.	6	6.17	260	0.19	12.23	2.3
7.	7	6.67	259	0.19	12.23	2.3
8.	8	6.58	260	0.19	12.23	2.3
9.	9	6.33	261	0.19	12.23	2.3
10.	10	6.33	259	0.19	12.23	2.3

Dari Tabel 3,4 dan 5 menggambarkan bahwa ketika pembebanan dilakukan pada beban DC, Arus yang mengalir ke beban cenderung tetap, dan arus tertinggi di dapat oleh arus yang mengalir ke lampu pijar sementara Lampu TL dan Kipas dialiri arus yang kecil. Beban beban yang digunakan pada pengujian ini merupakan beban beban yang berdaya rendah. Pada pengujian ini dapat terlihat bahwa arus yang dicatukan ke beban cenderung tetap dengan pengujian yang dilakukan selama sepuluh menit dan didapatkan hasil bahwa daya listrik Tertinggi dikonsumsi

oleh beban lampu pijar sebesar 42.5 watt dari pengujian yang dilakukan selama sepuluh menit sementara itu daya terendah dikonsumsi oleh beban Kipas dari pengujian yang sama yang dilakukan selama sepuluh menit

F. Hasil Pengujian ke Beban AC

Pada pengujian ini akumulator di hubungkan ke beban listrik AC yang dimana terdapat 2 beban DC yaitu, Kipas dan Lampu Pijar. Berikut adalah data yang diperoleh selama pengujian

Tabel 6. Data Pengujian dengan Beban 1 Buah Kipas AC

No.	Waktu (Menit)	Kecepatan Angin (m/s)	Putaran Generator (RPM)	Arus (A)	Tegangan (V)	Daya (W)
1.	1	6.33	260	0,1	222,8	22,9
2.	2	6.33	258	0,1	223,5	21,6
3.	3	6.17	261	0,1	222,3	21,2
4.	4	6.67	260	0,1	222,5	20,9
5.	5	6.67	258	0,1	222,7	20,8
6.	6	6.58	260	0,1	222,8	20,7
7.	7	6.33	259	0,1	222,9	20,6
8.	8	6.33	260	0,1	222,9	20,5
9.	9	6.17	261	0,1	223	20,5
10.	10	6.17	259	0,1	223,1	20,4

Tabel 7. Data Pengujian dengan Beban 1 Buah Lampu Pijar AC

No.	Waktu (Menit)	Kecepatan Angin (m/s)	Putaran Generator (RPM)	Arus (A)	Tegangan (V)	Daya (W)
1.	1	6.33	259	0.18	214.8	38.1
2.	2	6.33	259	0.18	214.7	37.9
3.	3	6.17	260	0.18	214.7	37.8
4.	4	6.67	258	0.18	214.7	37.8
5.	5	6.67	259	0.18	214.6	37.8
6.	6	6.58	260	0.18	214.2	37.9
7.	7	6.33	259	0.18	214.1	37.8
8.	8	6.33	261	0.18	214.1	37.8
9.	9	6.17	258	0.18	214.0	37.9
10.	10	6.17	260	0.18	214.0	38

Dari Tabel 6 dan 7 menunjukkan tabel arus yang dicatu oleh akumulator ke setiap beban selama 10 menit. Pada pengujian beban lampu pijar menghasilkan daya rata-rata sekitar 37 watt, arus listrik yang dicatukan cenderung tetap sekitar 0,18 A. Pada pengujian beban kipas menghasilkan daya rata-rata 20 watt, arus listrik yang dihasilkan juga cenderung tetap dengan nilai sekitar 0,1 A. Hal ini menunjukkan bahwa arus listrik yang dicatu oleh akumulator ke beban bernilai tetap. Dari gambar 26 terlihat bahwa arus listrik yang dicatukan ke beban lampu pijar lebih besar daripada arus listrik yang dicatukan ke beban Kipas. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar daya listrik dari beban yang digunakan, semakin besar pula arus listrik yang dicatu oleh akumulator ke beban.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan dan pengujian Alat Monitoring PLTB, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Alat yang dibuat sudah dapat memonitor dan mengetahui hasil pengukuran besaran tegangan, arus, daya, kecepatan angin, dan putaran generator pada simulator PLTB.
2. Kecepatan Angin untuk Generator turbin angin dapat menghasilkan listrik dan mengisi akumulator ialah 6 m/s Pengujian masih menggunakan blower untuk memutar turbin. Pada saat pengisian akumulator, pembangkit listrik tenaga bayu dengan turbin angin tipe 3 blade mampu menghasilkan tegangan listrik rata-rata sebesar 12 volt, arus listrik rata-rata sebesar 40 mA dalam waktu 20 menit. Pada pengujian pencatutan ke beban, akumulator untuk beban bergantung dari beban yang dikonsumsi, tegangan akumulator akan cepat habis bila daya semakin besar.

REFERENSI

- [1] Daryanto, Y. 2007. Kajian Potensi Angin untuk Pembangkit Listrik Tenaga Bayu. Balai PPTAGG – UPT – LAGG.
- [2] Muhammad Adam, Partaonan Harahap, M. Ridho Nasution: ANALISA PENGARUH PERUBAHAN KECEPATAN ANGIN PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA ANGIN (PLTA) TERHADAP DAYA YANG DIHASILKAN GENERATOR DC
- [3] Pratama, Andika Yudha. 2017. Simulasi dan Pemodelan Sistem Pembangkit Listrik Hibrida Tenaga Angin dan Tenaga Surya sebagai Energi Alternatif yang Ramah Lingkungan dan Berkelanjutan. Tugas Akhir. Semarang: Universitas Dian Nuswantoro.
- [4] Kahfi, Ashabul dan Rahmat Harianto. 2017. Perancangan Alat Monitoring Parameter Keluaran Generator Turbin Angin. Skripsi. Makassar: Politeknik Negeri Ujung Pandang.
- [5] By CakJie . ‘Pengertian Singkat Dan Info HargaDimmer’<http://infofungsialat.blogspot.com/2018/05/harga-dimmer.html> diakses pada 20 Januari 2020
- [6] Sari dewi kusumastuti ”Alat ukur watt meter beserta kegunaanya <http://kaksipit.blogspot.com/2015/11/alat-ukur-wattmeter-beserta-kegunaannya.html> diakses pada 20 januari 2020
- [7] Difi Nuary Nugroho, FT UI, 2011 Analisis pengisian
- [8] *Pedoman Penulisan Proposal dan Skripsi Program Diploma Empat (D-4) Bidang Rekayasa dan Tata Niaga*. 2016. Makassar: Politeknik Negeri Ujung Pandang.