

MODEL SIMULASI HIBRID PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA DAN LISTRIK TENAGA ANGIN

Maman Suherman¹⁾

Abstrak: Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bahwa dengan melakukan simulasi mahasiswa bisa lebih mudah memahami prinsip kerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) maupun Pembangkit Listrik Tenaga Angin/Bayu (PLTB), Juga dapat mengetahui Output yang dihasilkan dari kedua pembangkit PLTS dan PLTB dan diharapkan penelitian ini bisa dijadikan rujukan praktikum untuk pengembangan sistem edukasi di laboratorium. Hasil simulasi dari beberapa percobaan pengukuran menggunakan software Lucas Nulle L@bsoft, hasil data output berupa tegangan, arus dan daya yang dihasilkan langsung terukur dan ditampilkan secara terpadu pada layar komputer yang terhubung dengan modul Analog-digital multimeter CO5127-1Z. Hasil Penelitian menunjukkan output DC yang dibangkitkan oleh photovoltaik adalah tegangan sebesar 13,3 Volt, arus 2,90 Ampere dan daya 38,57 Watt. Sedangkan pada pembangkit turbin angin menunjukkan tegangan Output DC sebesar 12,83 Volt, arus 1,05 Ampere dan daya 13,47 Watt. Untuk output dari inverter PLTS pada beban 40 Watt, hasil simulasi menunjukkan tegangan Output AC sebesar 219,9 Volt, arus 0,178 Ampere dan daya 39,14 Watt. Sedangkan pada PLTB diperoleh tegangan sebesar 216,2 Volt, arus 0,218 Ampere dan daya yang dihasilkan sebesar 47,13 Watt. Setelah dihibrid diperoleh Tegangan 221,5 Volt, arus 0,217 Ampere dan daya 48,1 Watt.

Kata kunci: Turbin angin, photovoltaik, simulasi, Edukasi.

I. PENDAHULUAN

Dalam kondisi krisis energi sekarang ini banyak negara di dunia berlomba dalam mencari dan memanfaatkan sumber energi alternatif untuk menjaga keamanan ketersediaan sumber energi yang mereka miliki (Thakur dkk., 2012). Sebagian besar energi yang dikonsumsi merupakan energi fosil yang tidak dapat diperbaharui. Perlu adanya sumber energi alternatif baru yang dapat diperbaharui untuk menggantikan sumber energi fosil. Selain itu angka polusi yang diakibatkan oleh pembangkitan energi bahan bakar fosil tersebut berdampak sangat besar (Jahanbani dkk., 2011).

Sumber energi surya dan angin merupakan sumber energi terbarukan yang jauh dari polusi dan tersedia secara bebas bisa dijadikan sumber energy alternatif. Masalah utama dari kedua energi tersebut adalah tidak tersedia terus menerus. Energi surya hanya tersedia pada siang hari ketika cuaca cerah. Sedangkan energi angin tersedia pada waktu yang seringkali tidak dapat diprediksi tergantung cuaca atau musim (Soetedjo, 2011).

Photovoltaik merupakan sebuah proses untuk mengubah energi cahaya menjadi energi listrik. Efek photovoltaik pertama kali berhasil diidentifikasi oleh seorang ahli Fisika berkebangsaan Prancis Alexandre Edmond Becquerel pada tahun 1839. Baru pada tahun 1876, William Grylls Adams bersama muridnya, Richard Evans Day menemukan bahwa material padat selenium dapat menghasilkan listrik ketika terkena paparan sinar (*Kreith, 1978*). Intensitas cahaya yang mampu diserap panel PV merupakan factor penting yang menentukan besar

¹ PLP Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Ujung Pandang

daya yang dihasilkan system. Makin besar intensitas cahaya matahari, maka akan didapat nilai arus dan tegangan yang semakin besar pula, sehingga akan mendapatkan daya yang maksimum dari panel PV yang dihasilkan (Tarmizi, 2011).

Energi yang dihasilkan oleh turbin angin dinyatakan sebagai energi kinetik yang dihasilkan oleh turbin yang bergerak karena adanya massa udara yang dipengaruhi oleh kecepatan angin sehingga mengenai turbin (Hui dkk., 2008). Dari hasil putaran turbin (SS) yang diperoleh dari hasil pengukuran dapat dihitung kecepatan angin (V) dengan menggunakan persamaan sebagai berikut (Rifadil, 2013) :

$$V = \frac{SS}{60} \cdot A = \frac{SS}{60} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot D^2 = \frac{SS\pi R^2}{60} \quad (\text{m/s}) \quad (1)$$

Dimana: A adalah Luas sapuan turbin, D adalah diameter turbin dan R adalah jari-jari turbin.

Perkembangan Industri kelistrikan di Indonesia saat ini mengalami kemajuan yang sangat pesat, namun kemajuan tersebut tidak diikuti dengan sumber daya manusia yang kompeten dengan perkembangan teknologi industri kelistrikan. Banyak langkah-langkah yang telah diambil untuk membuat bidang studi kelistrikan menjadi lebih menarik, misalnya mendemonstrasikan sejumlah tantangan teknik, metode visualisasi dan simulasi dengan sistem edukasi yang berbasis Laboratorium (Syafaruddin, 2011). Metode simulasi biasanya disukai mahasiswa karena mereka dapat mengaplikasikan pengetahuan yang bersifat teoritis menjadi suatu kegiatan yang lebih nyata dan dengan metode simulasi akan melatih kompetensi mahasiswa dari tingkat pemahaman ke tingkat penerapan dan analisis (Vinsensia, 2013). Lucas Nulle L@bsoft merupakan peralatan training simulasi berbasis laboratorium dilengkapi dengan sistem aplikasi dan software yang telah disesuaikan dengan kebutuhan praktikum. Alat ini juga dilengkapi dengan manual software sehingga memudahkan dalam penggunaan modul simulasi surya maupun energi angin (Fischbach, 2011), sehingga cocok digunakan dalam penelitian ini.

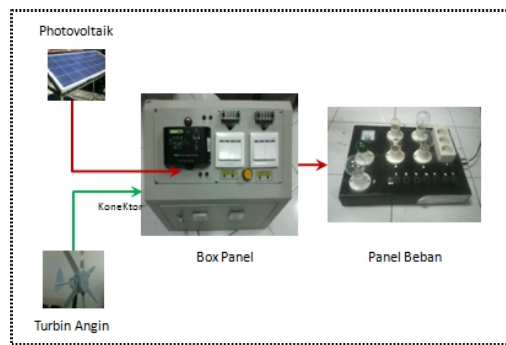
Tujuan penelitian ini untuk mengetahui seberapa besar output yang dibangkitkan oleh photovoltaik dan turbin angin, output pada Baterai Control regulator (BCR) dan berapa besar output yang dihasilkan oleh inverter pada kedua pembangkit, serta untuk mengetahui model simulasi yang dihasilkan dari software simulasi Lucas Nulle L@bsoft dengan menggunakan beberapa beban lampu pijar untuk perbandingannya.

II. METODE PENELITIAN

A. Lokasi dan Rancangan Penelitian

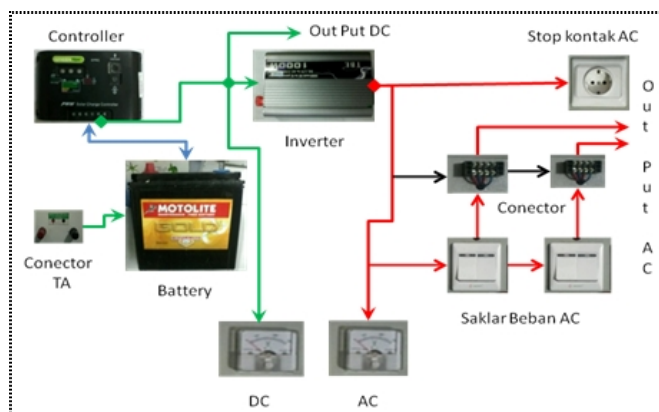
Lokasi penelitian ini dilakukan di Laboratorium Tegangan Menengah Teknik Elektro, namun untuk pemasangan photovoltaik (Solar Cell) di luar ruangan (ruang terbuka samping lab. Tegangan Menengah).

Rancangan atau desain penelitian sangat diperlukan sebagai strategi untuk melaksanakan penelitian. Pada penelitian ini dikhususkan pada simulasi pembangkit listrik tenaga surya dan tenaga angin, Simulasi ini dilakukan untuk mengetahui out put tegangan, arus dan daya yang dihasilkan dari kedua pembangkit PLTS dan PLTB dengan menggunakan perbandingan beban beberapa lampu pijar dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Model Rancangan PLTS Dan PLTB

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) sumber Listrik diperoleh dari Solar Modul 120 Watt merk AIKE SOLAR yang dipasang secara langsung terkena sinar matahari sebagai energi, sedangkan simulasi pada Pembangkit Listrik Tenaga Angin menggunakan Turbin Angin Tipe power generation 200 watt model WP-200W. Untuk memutar turbin angin digunakan motor DC yang dihubungkan dengan variabel DC untuk mengatur besar putaran turbin angin. Pada saat simulasi kedua pembangkit dihubungkan dengan box panel yang merupakan rangkaian BCR, baterai dan inverter dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Rangkaian Box Panel

B. Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data yang penulis gunakan dalam penelitian ini adalah dengan melakukan pengumpulan dokumen berupa data manual L@bsoft, data alat-alat yang akan digunakan pada penelitian ini. Menginstal Software manual Lucas-Nulle untuk digunakan sebagai petunjuk pengoperasian alat. Selanjutnya melakukan observasi pengamatan langsung pada Laboratorium Laboratorium Tegangan Menengah Teknik Elektro Politeknik Negeri Ujung Pandang, Penulis mendapatkan data output dan peralatan yang dapat digunakan dalam melakukan simulasi Pembangkit tenaga surya dan angin.

C. Analisis Data

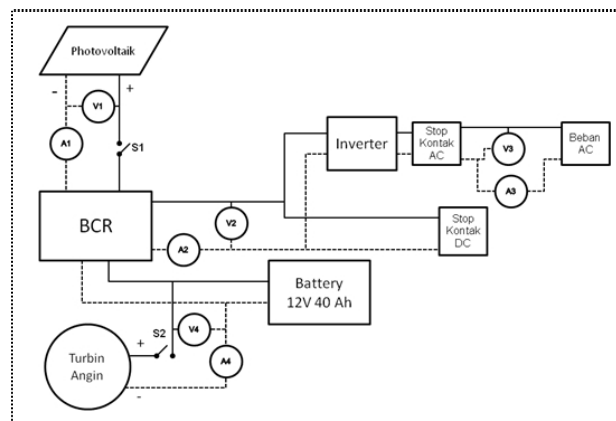
Data primer yang merupakan data yang diperoleh dari hasil observasi langsung pada peralatan perlu dianalisis untuk memperoleh hasil simulasi yang akurat. Dalam menganalisis data primer pada penelitian ini digunakan metode simulasi dengan alat pemodelan simulator analisis instruktur. Lucas-Nulle

L@Bsoft. Hasil Simulasi akan ditampilkan secara terpadu pada personal komputer (PC) atau laptop menggunakan software simulasi Lucas-Nulle L@Bsoft yang dihubungkan dengan modul Analog-Multimeter CO5127-1Z. Metode simulasi ini selain mudah digunakan juga sangat cocok digunakan pada alat yang telah dirancang pada penelitian ini.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

Pada simulasi penelitian ini akan di lakukan beberapa model simulasi pengukuran pada PLTS dan PLTB sesuai rancangan dalam skala kecil untuk rumah tinggal, yaitu: Output pembangkit (photovoltaik dan turbin angin), Output BCR ke beban DC dan Inverter (off inverter) dan Output Inverter/beban AC (grid inverter) dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Model Instalasi Portable PLTS Dan PLTB Serta Instrument AlatUkur

Hasil Simulasi PLTS

Dari hasil simulasi output pembangkit Photovoltaik (PV) menunjukkan tegangan 13,3 Volt, arus 2,90 dan daya sebesar 38,57 Watt, sedangkan pada beban 40 watt diperoleh tegangan 12,91 Volt, arus 3,20 Ampere dan daya 41,31 Watt. Dari hasil simulasi output pada pembangkit photovoltaik (PV) bila dibandingkan dengan *Name Plate* yang tertera pada PV itu sendiri masih dalam kategori aman, namun ada yang perlu diperhatikan pada saat melakukan pengujian untuk memperoleh hasil maksimal. Karena untuk simulasi Output pembangkit PV dipasang langsung terkena sinar matahari, maka sebaiknya pengujian dilakukan antara jam 10.00 -15.00 wita pada saat cuaca cerah dimana radiasi matahari dapat mencapai lebih dari 200 W/m^2 , Dengan radiasi sebesar 200 W/m^2 memungkinkan photovoltaik dapat mengisi baterai. Sehingga pengujian pada PV dapat dilakukan dalam kondisi stabil.

Hasil simulasi Off Inverter tanpa beban hanya menunjukkan besar tegangan 12,94 Volt DC, karena beban belum ada sehingga nilai arus yang sebenarnya tidak diketahui. Sedangkan Hasil simulasi Beban Lampu Pijar 40 Watt menunjukkan tegangan dc 12,15 Volt, arus 4,27 Ampere dan daya 51,88 Watt. Hasil simulasi Grid Inverter pada saat inverter dinyalakan pada Time/Div 2 ms, Voltage 200V/Div dan Current 3A/Div, diperoleh tegangan Output AC sebesar 233,1 Volt, arus 0,04 Ampere dan daya 9,324 Watt. Sedangkan pada beban Lampu Pijar 40

Watt, diperoleh : tegangan Output AC sebesar 219,9 Volt, arus 0,178 Ampere dan daya sebesar 39,14 Watt,

Tabel 1. Hasil Simulasi PV berdiri sendiri

| Beban | Pembangkit PV | | | Off Inverter | | | Grid Inverter | | |
|----------------|-----------------|---------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|
| | Tegangan (Volt) | Arus (Ampere) | Daya (Watt) | Tegangan (Volt) | Arus (Ampere) | Daya (Watt) | Tegangan (Volt) | Arus (Ampere) | Daya (Watt) |
| | 19.03 | | | | | | | | |
| Tanpa inverter | 13.30 | 2.90 | 38.57 | 12.94 | | | | | |
| Inverter | 13.37 | 2.93 | 39.17 | 12.67 | 1.19 | 15.08 | 233.1 | 0.04 | 9.324 |
| 5 Watt | 13.15 | 3.06 | 40.24 | 12.51 | 2.19 | 27.40 | 224.2 | 0.073 | 16.367 |
| 10 Watt | 13.04 | 3.11 | 40.55 | 12.33 | 2.77 | 34.15 | 222 | 0.101 | 22.422 |
| 25 Watt | 13.00 | 3.15 | 40.95 | 12.33 | 3.04 | 37.48 | 222.4 | 0.114 | 25.354 |
| 40 Watt | 12.91 | 3.20 | 41.31 | 12.15 | 4.27 | 51.88 | 219.9 | 0.178 | 39.142 |

Hasil Simulasi PLTB

Pada penelitian ini dilakukan pada putaran turbin angin sebesar 450 rpm, berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan dengan memutar turbin angin menggunakan motor DC yang dikontrol dengan menggunakan variabel DC. Digunakan pula dua alat ukur yaitu tachometer dan multimeter digital. Dari hasil penelitian ini diperoleh besaran putaran turbin dalam satuan rpm dan besar tegangannya, seperti terlihat pada tabel 2.

Dari hasil penelitian diatas diperoleh besaran putaran turbin (SS), dari hasil putaran turbin dapat dihitung kecepatan angin dengan menggunakan persamaan 1. Misalnya : dari hasil pengukuran menggunakan tachometer diperoleh putaran turbin angin (SS) sebesar 450 rpm, jari-jari (R) turbin angin 0,5 meter, maka kecepatan angin akan diperoleh sebesar 5,9 m/s. Hasil ini sesuai dengan kecepatan angin pada tabel2.

Tabel 2. Hasil Pengukuran Turbin Angin

| Putaran (rpm) | Tegangan (Volt) | Kecepatan Angin (m/s) |
|---------------|-----------------|-----------------------|
| 115 | 3 | 1.5 |
| 125 | 4 | 1.6 |
| 154 | 5 | 2.0 |
| 185 | 6 | 2.4 |
| 225 | 7 | 2.9 |
| 255 | 8 | 3.3 |
| 285 | 9 | 3.7 |
| 313 | 10 | 4.1 |
| 355 | 11 | 4.6 |
| 383 | 12 | 5.0 |
| 425 | 13 | 5.6 |
| 450 | 13.8 | 5.9 |
| 455 | 14 | 6.0 |
| 485 | 15 | 6.3 |
| 525 | 16 | 6.9 |
| 565 | 17 | 7.4 |
| 611 | 18 | 8.0 |

(sumber : Hasil pengukuran tachometer dan multimeter digital)



Gambar 4. Pengujian Output Turbin Angin

Hasil Simulasi Output Turbin Angin tanpa diberikan beban pada Time/Div 20 ms, voltage 100v/Div dan current 3A/Div menunjukkan tegangan Output DC sebesar 12,83 Volt, arus 1,05 Ampere dan daya 13,47 Watt sedangkan pada beban lampu pijar 40 Watt hasilnya sama dengan kata lain tidak mengalami perubahan. Hasil Simulasi Off inverter dengan beban lampu pijar 40 watt menunjukkan tegangan Output DC sebesar 12,54 Volt, arus 4,26 Ampere dan daya 53,42 Watt. Hasil simulasi Grid inverter dilakukan dengan mengukur output yang dihasilkan turbin angin yang dihubungkan ke beban melalui inverter. Hasil simulasi saat inverter dinyalakan tanpa beban lampu pada Time/Div 20 ms, Voltage 100V/Div dan Current 0,3A/Div, diperoleh : Tegangan 230,7 Volt, arus 0,070 Ampere dan Daya sebesar 16,15 Watt, sedangkan pada beban lampu pijar 40 watt hasil simulasi diperoleh tegangan sebesar 216,2 Volt, arus 0,218 Ampere sehingga dihasilkan daya sebesar 47,13 Watt.

Tabel 3. Hasil Simulasi TA berdiri sendiri

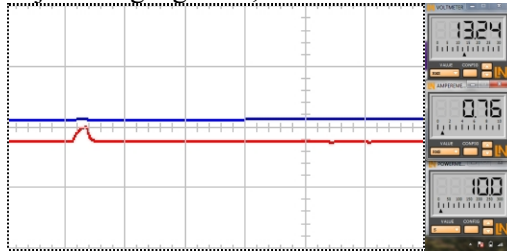
| Beban | Pembangkit TA | | | Off Inverter | | | Grid Inverter | | |
|----------|-----------------|---------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|
| | Tegangan (Volt) | Arus (Ampere) | Daya (Watt) | Tegangan (Volt) | Arus (Ampere) | Daya (Watt) | Tegangan (Volt) | Arus (Ampere) | Daya (Watt) |
| | 13,8 | | | | | | | | |
| Inverter | 12,83 | 1,05 | 13,47 | 12,83 | 1,14 | 14,63 | 230,7 | 0,07 | 16,15 |
| 5 Watt | 12,83 | 1,05 | 13,47 | 12,67 | 2,16 | 27,37 | 221,6 | 0,12 | 26,59 |
| 10 Watt | 12,82 | 1,05 | 13,49 | 12,66 | 2,77 | 35,07 | 217,6 | 0,128 | 27,85 |
| 25 Watt | 12,82 | 1,05 | 13,50 | 12,65 | 3,06 | 38,71 | 220,3 | 0,144 | 31,72 |
| 40 Watt | 12,81 | 1,05 | 13,50 | 12,54 | 4,26 | 53,42 | 216,2 | 0,218 | 47,13 |

Hasil Simulasi Hibrid PLTS Dan PLTB

Berdasarkan hasil simulasi hibrid dari PLTS dan PLTB dapat dilihat bahwa kecenderungan output yang dihasilkan adalah dari kapasitas pembangkit yang menghasilkan output yang lebih besar dalam hal ini dari pembangkit Potofoltaik (PV). Demikian pula halnya dengan beban Off inverter maupun Grid inverter juga cenderung kepada pemakaian beban yang lebih besar seperti yang ditunjukkan pada simulasi Turbin Angin (TA) berdiri sendiri (lihat tabel 3).

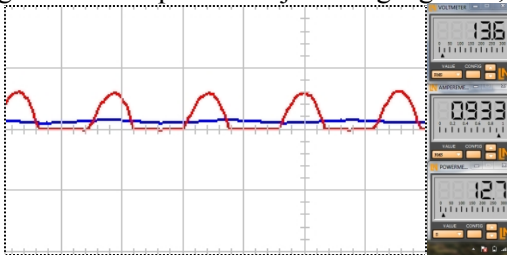
Dari hasil simulasi Hibrid PLTS dan PLTB pada Time/Div 2 ms, Voltage 100V/Div dan Current 3A/Div dengan beban lampu pijar 40 watt (Lihat Tabel 4).

- 1) Output PV, menunjukkan tegangan 13,24 Volt



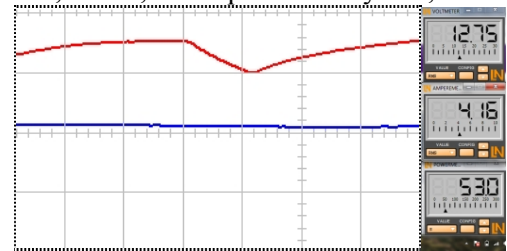
Gambar 5. Hasil simulasi hybrid pada pembangkit PV

- 2) Output pembangkit TA 450 rpm menunjukkan tegangan 13,6 Volt



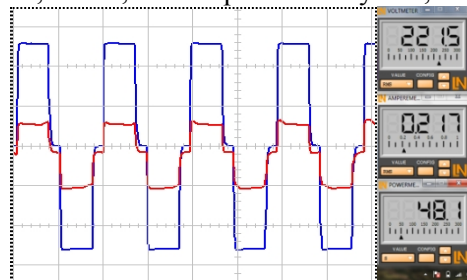
Gambar 6. Hasil simulasi hybrid TA pada putaran 450 rpm

- 3) Hasil simulasi Off Inverter pada beban lampu pijar 40 Watt menunjukkan tegangan 12,75 Volt, arus 4,16 Ampere dan daya 53,0 Watt.



Gambar 7. Hasil simulasi hybrid off inverter beban lampu pijar 40 Watt

- 4) Hasil simulasi Grid Inverter pada beban lampu pijar 40 watt menunjukkan tegangan 221,5 Volt, arus 0,217 Ampere dan daya 48,1 Watt



Gambar 8. Hasil simulasi hybrid grid inverter beban lampu pijar 40 Watt

Untuk lebih jelas dan mudah untuk dibandingkan dengan hasil simulasi sebelumnya, maka hasil simulasi hibrid PLTS dan PLTB dapat ditabelkan sebagai berikut :

Tabel 4. Hasil Simulasi Hibrid PLTS dan PLTB

| Uraian | Pembangkit | | | Off Inverter | | | Grid Inverter | | |
|----------------|-----------------|---------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|
| | Tegangan (Volt) | Arus (Ampere) | Daya (Watt) | Tegangan (Volt) | Arus (Ampere) | Daya (Watt) | Tegangan (Volt) | Arus (Ampere) | Daya (Watt) |
| PV | 13,24 | | | | | | | | |
| TA 450rpm | 13,6 | | | | | | | | |
| TA 255rpm | 13,85 | | | | | | | | |
| Tanpa inverter | | | | 13.99 | | | | | |
| Inverter | 13.7 | 2.79 | 38.22 | 13.35 | 1.13 | 15.1 | 236.5 | 0.067 | 15.74 |
| 5 Watt | | | | 13.16 | 2.15 | 28.3 | 225.6 | 0.102 | 22.91 |
| 10 Watt | | | | 13.03 | 2.71 | 35.3 | 222.2 | 0.133 | 29.62 |
| 25 Watt | | | | 12.88 | 3.02 | 38.9 | 222.9 | 0.147 | 32.8 |
| 40 Watt | | | | 12.75 | 4.16 | 53.0 | 221.5 | 0.217 | 48.1 |

Pada tegangan output PV dari tegangan 19,03 Volt berubah menjadi 13,24 Volt, hal ini terjadi karena pembangkit telah menyuplai tegangan ke box panel untuk melakukan pengisian baterai dan komponen lain yang terhubung dengan sistem.

Sama halnya dengan PV, pada turbin angin pada putaran turbin 450 rpm juga terjadi penurunan tegangan pembangkit yang awalnya 13,8 Volt menjadi 13,6 Volt, namun pengurangan tegangan tersebut tidak terlalu besar karena beban sudah terpenuhi dari PV dan TA hanya menstabilkan pada pengisian baterai.

Pada putaran turbin 255 rpm tegangan pada pembangkit sebesar 13,85 volt, namun berdasarkan hasil pengukuran tabel 2, untuk putaran 255 rpm dengan kecepatan angin 3,3 m/s hanya dapat menyuplai tegangan sebesar 8 volt. Tegangan 8 volt tentunya tidak dapat melakukan pengisian baterai, untuk pengisian baterai dibutuhkan suplai tegangan sebesar 12,8 Volt.

Jadi tegangan pada pembangkit sebesar 13,85 bukan berasal dari turbin angin namun berasal dari beban atau baterai yang merupakan tegangan balik ke turbin, karena turbin tidak mampu menyuplai tegangan bahkan tegangan yang dihasilkan lebih kecil dari beban. Dengan kata lain tegangan akan mengalir dari yang besar ke yang lebih kecil.

B. Pembahasan

Dari simulasi di atas output pembangkit PV menunjukkan daya sebesar 38,7 Watt namun setelah dihubungkan ke beban terjadi penurunan daya, terlihat pada saat beban lampu pijar 40 Watt berkurang menjadi 32,7 Watt. Dapat disimpulkan bahwa semakin besar beban yang digunakan maka penurunan dayanya juga akan semakin besar.

Dari simulasi output dari BCR (Off Inverter) pada PLTS menunjukkan daya pada beban lampu pijar 40 Watt sebesar 51,88 Watt. Bila dibandingkan dengan yang dihasilkan dari pengukuran output pembangkit ada kenaikan beban daya yang

cukup besar akibat telah terhubungnya baterai dan BCR ke PV dengan kata lain sudah bertambah beban BCR dan beban pengisian baterai.

Percobaan grid inverter adalah percobaan yang dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui output yang dihasilkan oleh inverter. Berdasarkan hasil simulasi output tegangan AC dari Inverter, maka bila kita akan memasang lampu pijar 40 Watt dibutuhkan suplai daya sebesar 39 Watt, ini jauh lebih hemat bila dibandingkan dengan tegangan DC yang merupakan output dari Off Inverter dengan jumlah lampu yang sama dibutuhkan daya 51,9 watt.

Pada penelitian simulasi PLTB dilakukan pada putaran turbin angin sebesar 450 rpm, Digunakan pula dua alat ukur yaitu tachometer dan multimeter digital. Percobaan output pembangkit pada turbin angin menunjukkan tegangan Output DC sebesar 12,83 Volt. Bila dilihat tabel2 hasil pengukuran adalah 13,8 Volt, mengapa demikian ?. Pada awal percobaan turbin diputar pada putaran 450 rpm, bila diukur diperoleh tegangan sebesar 13,8 Volt. Pada kondisi ini putaran turbin belum mengalami beban peralatan (box panel), namun bila box panel dinyalakan maka tegangan akan berubah menjadi 12,83 Volt. Penurunan tegangan dipengaruhi akibat melambatnya putaran turbin dari 450 rpm menjadi 410 rpm, karena adanya beban pengisian baterai dan inverter. Dengan tegangan 12,83 Volt pengisian baterai sudah dapat terisi dengan baik, tapi bila output turbin kurang dari 12 Volt baterai tidak dapat terisi. Pada tegangan 12 volt saat dilakukan pengujian dengan beban lampu pijar kondisi lampu akan berkedip-kedip.

Dari simulasi PLTB di atas output dari BCR semakin besar beban yang digunakan maka tegangan juga mengalami penurunan, ini diakibatkan semakin besar beban yang menimpa turbin angin. Semakin besar beban yang digunakan maka putaran turbin juga akan semakin berat sehingga putaran turbin akan semakin lambat. Semakin lambat putaran turbin angin maka tegangan yang dihasilkan tentunya akan semakin rendah. Maka selama pengujian off inverter berlangsung terutama pada saat simulasi pengukuran ada beberapa hal yang harus diperhatikan, yaitu : Suplai listrik yang masuk ke BCR dari turbin angin harus bisa melakukan pengisian baterai. Kondisi baterai selalu dalam keadaan terisi penuh, sebelum dilakukan simulasi. Dari simulasi di atas output Off Inverter PLTB menunjukkan daya pada beban lampu pijar 40 Watt sebesar 53,4 Watt. sedangkan output Off Inverter pada PLTS menunjukkan daya pada beban lampu pijar 40 Watt sebesar 51,9 Watt. Dari perbandingan ini dapat dilihat bahwa kebutuhan suplai daya pada off inverter, tidak terlalu jauh berbeda namun PLTS masih lebih hemat.

Dari simulasi PLTB untuk grid inverter hasil output tegangan AC dari Inverter menunjukkan daya pada beban lampu pijar 40 Watt sebesar 47,3 Watt. Dari hasil simulasi PLTS dan PLTB yang lebih efisien dan lebih hemat adalah PLTS, ini dapat kita lihat pada hasil simulasi grid inverter dengan beban lampu 40 watt dimana pada PLTB daya yang dibutuhkan sebesar 47,3 Watt sedangkan pada PLTS hanya dibutuhkan 39 Watt.

Saat melakukan simulasi grid inverter pada PLTB ada beberapa hal yang harus menjadi perhatian, yaitu: Sama seperti PLTS tegangan output AC dari inverter kurang lebih 220 Volt, jadi harus hati-hati karena bisa membahayakan bagi si peneliti. Pastikan kondisi pengisian baterai normal sebelum melakukan simulasi. Jangan melakukan simulasi pada saat baterai dalam keadaan lemah, karena hasil simulasi tidak maksimal, terutama pada lampu pijar 40 Watt.

IV. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dikemukakan pada bab sebelumnya, maka dapat dirumuskan beberapa kesimpulan: Dengan melakukan simulasi menggunakan Lucas Nulle L@bsoft pada beberapa percobaan yang telah dilakukan menjadikan mahasiswa mudah memahami prinsip kerja dari PLTS dan PLTB. Hasil data output berupa tegangan, arus dan daya yang dihasilkan dari pengukuran peralatan dapat langsung ditampilkan pada layar komputer, sehingga hasil pengukuran bisa lebih mudah dan cepat diperoleh. Dalam melakukan percobaan-percobaan dengan simulasi L@bsoft tidak terlalu sulit dilakukan dan sangat mudah untuk dipelajari hanya dengan mengikuti diagram pengkabelan yang sudah disiapkan berdasarkan model percobaan yang ada atau bisa juga dengan mengembangkan sendiri model yang baru tetapi tidak menyalahi prosedur kerja alat dan model tersebut cocok digunakan sebagai modul praktikum di laboratorium. Hasil Penelitian menunjukkan output DC yang dibangkitkan oleh photovoltaik adalah tegangan sebesar 13,3 Volt, arus 2,90 Ampere dan daya 38,57 Watt. Sedangkan pada pembangkit turbin angin menunjukkan tegangan Output DC sebesar 12,83 Volt, arus 1,05 Ampere dan daya 13,47 Watt. Untuk output dari inverter PLTS pada beban 40 Watt, hasil simulasi menunjukkan tegangan Output AC sebesar 219,9 Volt, arus 0,178 Ampere dan daya 39,14 Watt. Sedangkan pada PLTB diperoleh tegangan sebesar 216,2 Volt, arus 0,218 Ampere dan daya yang dihasilkan sebesar 47,13 Watt. Disarankan bahwa penelitian ini masih banyak kekurangan terutama pada perancangan PLTS masih menggunakan photovoltaic yang disinari langsung oleh matahari, mungkin bila ada yang akan mengembangkan penelitian ini ada baiknya dibuat modul khusus praktikum yang dapat menggantikan peran sinar matahari, misalnya dengan lampu sorot halogen.

V. DAFTAR PUSTAKA

- Fischbach, J. (2011). *Design and operation of photovoltaic systems*. Lucas-Nülle GmbH · Siemensstraße 2 · D-50170 Kerpen (Sindorf), Germany.
- Hui, J. and Bakhshai, A., (2008). *A Fast and Effective Control Algorithm for Maximum Power Point Tracking in Wind Energy Systems*. The proceedings of the 2008 World Wind Energy Conference (diakses 5 Nopember 2013).
- Jahanbani, F. and Riahy, G. H., (2011). *Optimum Design of a Hybrid Renewable Energy System*. InTech Open. ISBN 978-953-307-939-4, Electrical Engineering Department, Amirkabir University of Technology Iran (diakses 31 Desember 2013)
- Kreith, F. (1978), *Principles of Solar Engineering*. Hemisphere publishing. Corporation, United States of America
- Patel, M. R. 1999. *Wind and Solar Power Systems*. CRC Press, New York.
- Rifadil, M. (2013). *Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Angin Menggunakan Kincir Angin Sumbu Vertikal untuk Beban Rumah Tinggal*. The 14th seminar on intelligent technology and Its applications. Politeknik Elektronika Negeri Surabaya, ITS, Surabaya (diakses 1 Desember 2013).

- Syafaruddin. (2011). *Pengembangan Sumber Daya Manusia Dalam Tantangan Industri Kelistrikan Berbasis Laboratory Based Education (LBE)*. Teknik Elektro. Universitas Hasanuddin. Makassar.
- Soetedjo A dkk.,(2011). *Pemodelan Sistem Pembangkit Listrik Hibrid Angin dan Surya*. Jurusan Teknik Elektro, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Nasional (ITN) Malang.
- Tarmizi. (2011). *Desain converter Pada Sistem Hybrid PV-Grid Berbasis Mikrokontroler PIC16F877*. Jurnal Rekayasa Elektrika Vol 9, No. 3. Jurusan Teknik Elektro. FakultasTeknik Universitas Syiah Kuala. Banda Aceh.
- Thakur dkk., (2012). *Renewable Hybrid Energy System for Sustainable and Economical Power Supply- A Revie*. International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT). Vol. 1 ISSN: 2278-0181(diakses 1 Desember 2013).
- Vinsensia. (2013). *Metode Pembelajaran*. <http://vinsensiameo.wordpress.com/2013/10/25/metode-pembelajaran/>(di akses 1 Desember 2013).