

## BAB 4 ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

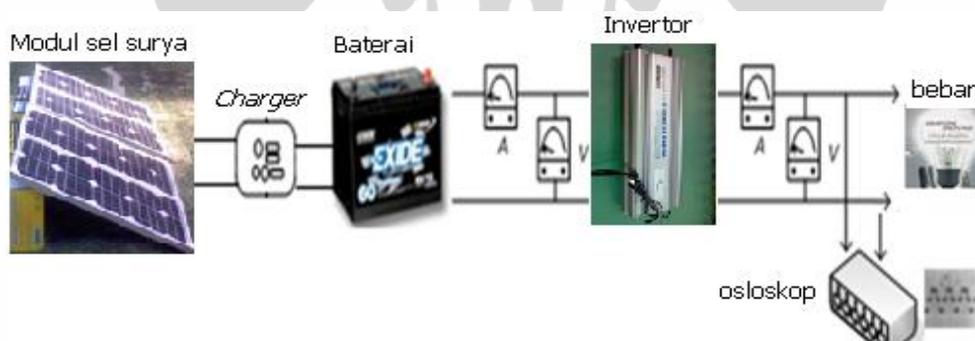
### 4.1. Skenario Pengujian

#### 4.1.1. Skenario Pengujian PLTS

Pengujian PLTS dilakukan pada musim hujan bulan Mei – Juni 2010 menggunakan alat ukur seperti pada tabel 4.1. Pengujian ini dimaksudkan untuk memperoleh gambaran kinerja PLTS dalam kondisi tanpa beban dan berbeban (Gambar 4.1).

Pengujian tanpa beban untuk memperoleh data tentang arah terbaik agar sel surya menghasilkan arus pengisian tertinggi, perubahan intensitas sinar matahari pada waktu tertentu, nilai tegangan, temperatur sel surya serta lama waktu pengisian per hari.

Sedangkan pengujian berbeban untuk memperoleh data tentang kemampuan PLTS memasok daya ke beban, impedansi baterai dan kontinuitas pelayanan beban.



Gambar 4.1. Diagram rangkaian pengujian PLTS

Tabel 4.1. Alat ukur yang digunakan untuk pengujian PLTS

No	Nama Alat Ukur	Jenis	Fungsi
1	Luxmeter		Mengukur intensitas cahaya matahari
2	Thermometer		Mengukur suhu sel surya
3	Battery Test	AS	Mengecek kapasitas baterai
4	Osiloskop	ABB	Melihat bentuk gelombang yang dihasilkan inverter
5	Virtual Instrumentation:	AS,ABB	V, A, W, f, pf, osiloskop
a.	Voltmeter	ABB	Mengukur tegangan pada inverter dan beban
b.	Ampermeter	ABB	Mengukur tegangan pada inverter dan beban
c.	Voltmeter	AS	Mengukur tegangan sel surya dan baterai
d.	Ampermeter	AS	Mengukur arus pada sel surya dan baterai
e.	Wattmeter	AS	Mengukur daya pada sel surya dan baterai

#### 4.1.2. Skenario Pengujian Model Jaringan Listrik Mikro Arus Searah

Pengujian model jaringan listrik mikro dilakukan pada kondisi tanpa beban dan berbeban. Pada pengujian tanpa beban (Gambar 4.10a), PLTS dan PLTB mengisi arus ke baterai dengan arus pengisian PLTS bervariasi tergantung intensitas cahaya matahari, dan arus pengisian PLTB bervariasi tergantung kecepatan angin. Tegangan baterai disalurkan ke jaringan yang terhubung dengan inverter dan beban. Pada beban dipasang sakelar dengan posisi OFF, sehingga tidak ada arus yang mengalir ke beban (tanpa beban). Pengujian ini dimaksudkan untuk melihat arah arus dan nilai arus pengisian masing-masing pembangkit.

Pengujian dalam kondisi berbeban dimaksudkan untuk mengetahui ada tidaknya arus pengisian ke baterai pada saat jaringan listrik dibebani dan mengetahui lama waktu jaringan listrik dapat memasok beban. Pengujian ini dilakukan dengan dua cara untuk menggambarkan kondisi pembangkit pada waktu tertentu, yaitu:

1. Kondisi pembangkit pada pagi hingga sore hari (6 jam)

Pada saat ini modul sel surya memperoleh sinar matahari, sehingga PLTS memperoleh arus pengisian. Demikian juga wind turbin bergerak memutar generator karena ada angin yang mengenainya, sehingga PLTB memperoleh arus pengisian. Dalam keadaan demikian, jaringan listrik dibebani dan diukur arah dan besar arus pengisian masing-masing pembangkit, arus jaringan dan arus beban.

Hal ini dimaksudkan untuk mengetahui apakah dalam kondisi berbeban arus pengisian yang dihasilkan PLTS dan PLTB digunakan untuk mengisi baterai atau untuk memasok beban. Selain itu juga untuk menguji berapa lama jaringan listrik dapat melayani beban, bila PLTS dan PLTB menghasilkan arus pengisian.

2. Kondisi pembangkit pada sore hingga dini hari (18 jam)

Pada saat ini modul sel surya tidak memperoleh sinar matahari, dan wind turbin juga tidak memperoleh angin, sehingga PLTS dan PLTB tidak menghasilkan arus pengisian. Dalam keadaan demikian, jaringan

listrik dibebani dan diukur arah dan besar arus pengisian masing-masing pembangkit, arus jaringan dan arus beban.

Hal ini dimaksudkan untuk mengetahui apakah dalam kondisi berbeban ada arus yang mengalir ke baterai (baterai terisi) meskipun PLTS dan PLTB tidak menghasilkan arus pengisian. Selain itu juga untuk menguji berapa lama jaringan listrik dapat melayani beban, bila PLTS dan PLTB tidak menghasilkan arus pengisian.

Selain itu pengujian berbeban dimaksudkan untuk mengetahui arah arus PLTS dan PLTB pada kondisi jaringan listrik tanpa beban dan berbeban serta untuk mengetahui pembagian beban antar kedua pembangkit, bila muatan baterai keduanya berbeda (Tabel 4.2).

Tabel 4.2. Pengujian model jaringan listrik mikro berbeban

Muatan baterai	PLTS(%)	PLTB(%)	Beban	Hasil uji
Berbeda	90	70	80 W konstan	Gambar 4.10
Sama besar	90	90	0 – 80 W	Gambar 4.11a
Berbeda	90	70	0 – 80 W	Gambar 4.11b
Berbeda	70	90	0 – 80 W	Gambar 4.11c

#### Keterangan Tabel 4.2

##### 1. Contoh keterangan tabel 4.2 pada baris kedua

Jaringan listrik yang memperoleh pasokan daya dari PLTS dan PLTB dibebani sebesar 80W secara konstan dengan kondisi muatan baterai PLTS sebesar 90% berbeda dengan PLTB 70%, artinya baterai pada PLTS terisi sebesar:

$$\begin{aligned} I &= 45\text{Ah} \times 90/100 \\ &= 40,5 \text{ Ah} \end{aligned}$$

Sedangkan muatan baterai PLTB sebesar:

$$\begin{aligned} I &= 45\text{Ah} \times 70/100 \\ &= 31,5 \text{ Ah} \end{aligned}$$

Hasil pengujian pada kondisi ini dapat dilihat pada Gambar 4.10

##### 2. Contoh keterangan tabel 4.2 pada baris keempat

Pengujian yang dilakukan sama dengan prosedur pada baris kedua, tetapi dengan beban yang bervariasi (0-80W), hal ini dimaksudkan untuk mengetahui pembagian beban antara PLTS dan PLTB dengan muatan baterai yang berbeda.

Hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 4.11b. Nilai 90% dan 70% diambil untuk menggambarkan kondisi muatan baterai yang berbeda dalam waktu bersamaan karena kondisi alam.

## **4.2. Analisis Data**

### **4.2.1. Analisis Data PLTS**

Pengujian PLTS tanpa beban dilakukan pada bulan Mei-Juni 2010 dengan menghubungkan secara paralel 4 buah sel surya 12V, 20W dan kemudian menjemur modul sel surya setiap hari dengan arah yang berbeda, yaitu datar, timur, barat, utara dan selatan (Gambar 4.2). Tegangan AS yang dihasilkan sel surya, yang bervariasi akibat perubahan intensitas cahaya matahari, diberikan ke baterai melalui rangkaian pengisi baterai, sehingga mengalir arus ke baterai yang disebut arus pengisian. Dalam hal ini baterai tidak dihubungkan ke beban.

Pada pengujian PLTS tanpa beban diperoleh data tentang: waktu pengambilan data, intensitas cahaya matahari, tegangan AS, arus pengisian baterai, dan temperatur sel surya. Pengambilan data untuk satu arah sel surya dilakukan selama 1 hari dengan jumlah jam berbeda, tergantung kondisi alam, bila hujan tiba pengambilan data dihentikan. Sedangkan pencatatan data dilakukan secara manual setiap 5 atau 10 menit sekali. Tabel 4.3 merupakan salah satu data pengujian PLTS tanpa beban, dimana modul sel surya diletakkan ke arah timur, sedangkan data ke arah lain terlampir pada tulisan ini.

Waktu mulai pengambilan data rata-rata pukul 8.30 pagi dan berakhir pukul 15.00. Pada saat pengambilan data cuaca sedang tidak menentu, perubahan dari cerah ke mendung dan sebaliknya sering terjadi, hal ini terlihat pada Gambar 4.3 dimana intensitas cahaya matahari berfluktuasi setiap waktu. intensitas tertinggi diperoleh pada pukul 9.40-12.30, sedangkan terendah pukul 13.00-15.00. Demikian juga arus yang dihasilkan mengikuti fluktuasi intensitas cahaya, dimana semakin besar intensitasnya semakin besar juga arusnya. Selain itu perubahan intensitas diikuti oleh perubahan temperatur sel surya, sedangkan tegangan cenderung tetap. Data di atas diolah dan menghasilkan beberapa grafik yang menggambarkan perubahan intensitas cahaya matahari yang diperoleh dalam waktu dan arah tertentu, perubahan arus, tegangan dan temperatur akibat

perubahan intensitas cahaya matahari yang diperoleh dalam waktu dan arah tertentu (grafik terlampir).

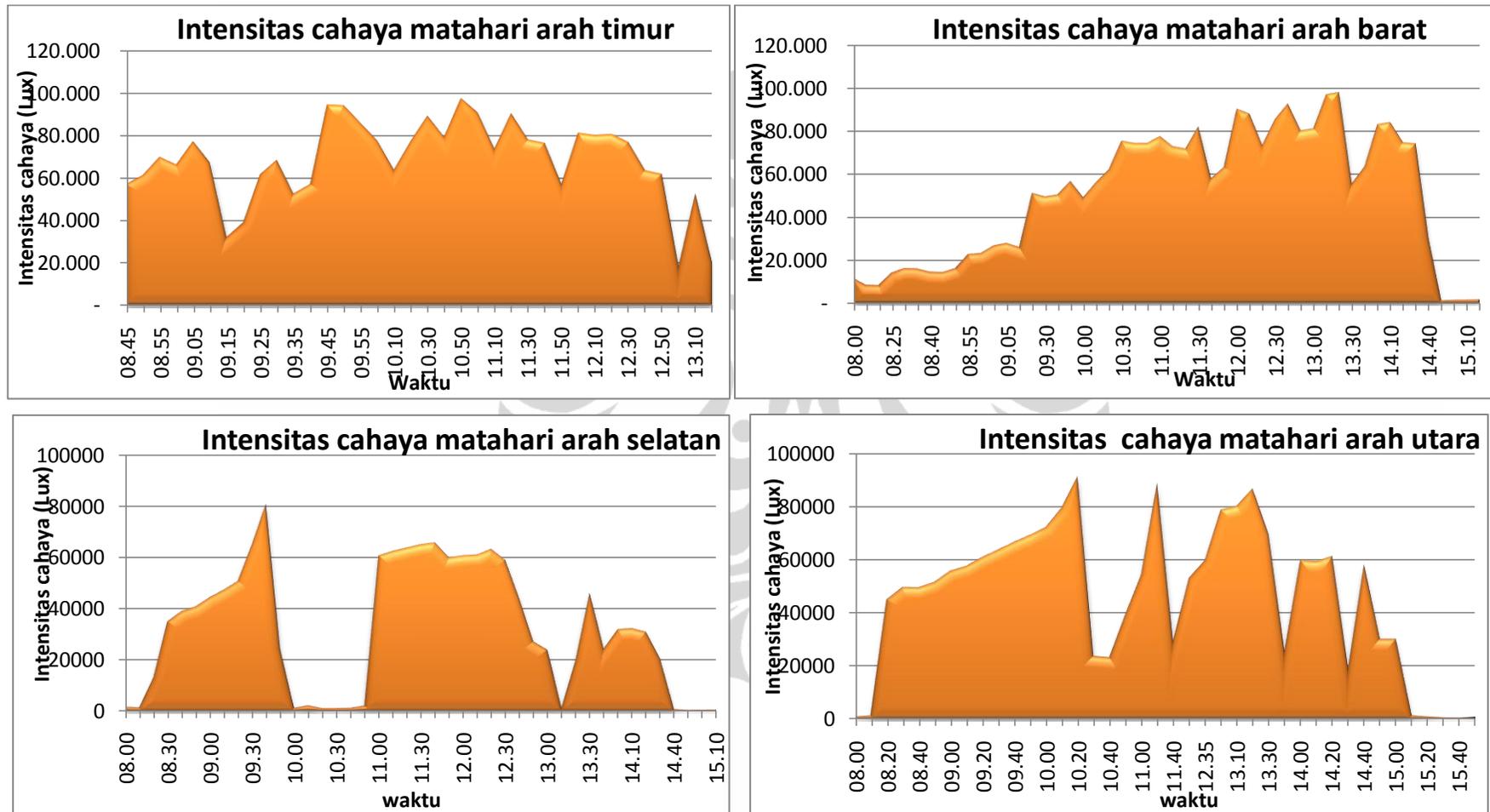
Data ini juga diolah menghasilkan tabel 4.4 yang menginformasikan nilai minimum dan maksimum arus, tegangan, temperatur, intensitas cahaya matahari, lama waktu penyinaran serta arus total pengisian, yang diperoleh sel surya sesuai dengan arah peletakannya. Tabel ini juga menginformasikan arah peletakan sel surya yang menghasilkan arus tertinggi pada bulan Juni 2010.

Tabel 4.3. Data Pengujian Modul Sel Surya ke Arah Timur

SEL SURYA 12V, 80W HADAP TIMUR TANGGAL 25 MEI 2010						
PUKUL	LUX	I(A)	LUX h	I(Ah)	V(V)	T( C)
08.45	57.000	2,036	950	0,034	13,32	37
08.50	61.200	2,048	5.100	0,171	13,34	38
08.55	69.800	2,352	5.817	0,196	13,44	40
09.00	66.200	1,389	5.517	0,116	13,21	40
09.05	77.200	2,457	6.433	0,205	13,4	35
09.10	67.200	2,123	5.600	0,177	13,33	40
09.15	32.000	0,971	2.667	0,081	13,24	39
09.20	39.000	1,183	3.250	0,099	13,31	39
09.25	61.500	1,68	5.125	0,140	13,2	40
09.30	68.400	2,266	5.700	0,189	13,42	40
09.35	52.500	1,752	4.375	0,146	13,31	41
09.40	57.000	1,844	4.750	0,154	13,34	41
09.45	94.500	2,87	7.875	0,239	13,55	42
09.50	94.100	2,8	7.842	0,233	13,57	45
09.55	85.800	2,617	7.150	0,218	13,52	45
10.00	77.500	2,442	6.458	0,204	13,48	45
10.10	63.700	2,17	10.617	0,362	13,49	44
10.20	77.200	1,06	12.867	0,177	13,21	44
10.30	89.200	2,735	14.867	0,456	13,61	45
10.40	79.200	2,503	13.200	0,417	13,67	44
10.50	97.500	2,612	16.250	0,435	13,58	47
11.00	90.700	2,332	15.117	0,389	13,34	45
11.10	73.600	2,138	12.267	0,356	13,42	46
11.20	90.400	2,45	15.067	0,408	13,41	46
11.30	78.000	2,013	13.000	0,336	13,17	47
11.40	76.400	2,063	12.733	0,344	13,34	47
11.50	57.100	1,486	9.517	0,248	13,36	45
12.00	81.200	2,305	13.533	0,384	13,44	46
12.10	80.100	2,36	13.350	0,393	13,36	49
12.20	80.600	1,98	13.433	0,330	13,41	49
12.30	76.800	2,152	12.800	0,359	13,38	49
12.40	63.500	1,958	10.583	0,326	13,33	48
12.50	61.800	1,821	10.300	0,304	13,46	48
13.00	18.270	0,353	3.045	0,059	13,16	42
13.10	52.600	1,321	8.767	0,220	13,34	43
13.20	20.000	0,311	3.333	0,052	13,08	41



Gambar 4.2 Perangkat pengujian modul sel surya dalam kondisi baru pada bulan Mei-Juni 2010 (keterangan sesuai arah jarum jam): baterai dan alat ukur, berbagai arah modul sel surya: datar, utara, selatan, timur, barat



Gambar 4.3. Intensitas cahaya matahari dengan berbagai arah pada bulan Mei – Juni 2010

**Tabel 4.4. Rekapitulasi data pengujian PLTS Tanpa Beban pada Bulan Mei-Juni 2010**

Rekapitulasi data pengujian sel surya dengan 5 posisi

TANGGAL	ARAH SEL SURYA	WAKTU		LUX		V(V)		I(A)		T(°C)	
		pukul	t(h)	kisaran	waktu	kisaran	waktu	kisaran	waktu	kisaran	waktu
02.06.10	Selatan	08.00-15.10	7,17	560-80.800	14.50 & 09.40	13,17-14,38	08.10 & 13.30	0,147 - 1,45	14.50 & 09.30	30-49	08.00 & 12.30
01.06.10	Utara	08.00-15.50	7,83	572-91.000	15.40 & 10.20	12,40-13,41	08.00 & 14.40	0,16 - 2,36	15.30 & 10.20	30-50	08.00 & 13.20
31.05.10	Datar	09.10-15.40	6,50	746-98.600	15.30 & 12.30	12,48-13,53	11.40 & 14.00	0,17 - 2,65	15.30 & 12.30	39-55	11.40 & 14.00
26.05.10	Barat	08.00-15.20	7,33	1391-98.000	14.50 & 13.20	12,19-13,60	08.15 & 14.00	0,138 - 2,57	08.15 & 13.10	29-49	08.15 & 13.10
25.05.10	Timur	08.45-13.20	4,58	18.270-97.500	13.00 & 10.50	13,08-13,67	13.20 & 10.40	0,311 - 2,87	13.20 & 09.45	35-49	09.05 & 12.20

**Waktu pengisian baterai**

Arah	Irata-rata(A)	waktu (h)
Timur	1,95	23
Utara	1,50	30
Barat	1,42	32
Datar	1,32	34
Selatan	0,76	59

Di bawah ini diberikan contoh penentuan arus total yang dihasilkan sel surya pada waktu dan arah tertentu.

Data arah timur (Tabel 4.4) diambil dari pukul 08.03 – 14.10 (4,58 jam)

Pada pukul 08.03 - 08.05 diperoleh arus sebesar 0,27A. Jadi dalam waktu 2 menit diperoleh arus sebesar:

$$I_1 = 0,27A \times 2 \text{ menit}/60 \text{ menit} = 0,009Ah$$

Pada pukul 08.05 - 08.10 diperoleh arus sebesar 0,335A. Jadi dalam waktu 5 menit berikutnya diperoleh arus sebesar:

$$I_2 = 0,335A \times 5 \text{ menit}/60 \text{ menit} = 0,0279Ah$$

Dan seterusnya dihitung arus yang diperoleh dalam waktu 4,58 jam, kemudian seluruh arus dijumlahkan:

$$I_{\text{total}} = I_1 + I_2 + \dots + I_n = 8,954 A$$

Dengan cara sama diperoleh intensitas cahaya matahari total yang dihasilkan sel surya pada waktu dan arah tertentu.

Pada pukul 08.03 - 08.05 diperoleh intensitas cahaya matahari sebesar 4820 Lu x. Jadi dalam waktu 2 menit diperoleh intensitas:

$$= 4820 \text{ Lux} \times 2 \text{ menit}/60 \text{ menit} = 160,6 \text{ Lux-h}$$

Pada pukul 08.03 - 08.05 diperoleh intensitas cahaya matahari sebesar 5050 Lu x. Jadi dalam waktu 5 menit berikutnya diperoleh intensitas:

$$= 5050 \text{ Lux} \times 5 \text{ menit}/60 \text{ menit} = 420,8 \text{ Lux-h}$$

Dan seterusnya dihitung intensitas yang diperoleh dalam waktu 4,58 jam, kemudian seluruh intensitas dijumlahkan, sehingga diperoleh intensitas cahaya matahari total = 319.253 Lux-h

Nilai di atas dapat digunakan untuk menentukan besar arus yang diperoleh dari setiap intensitas :

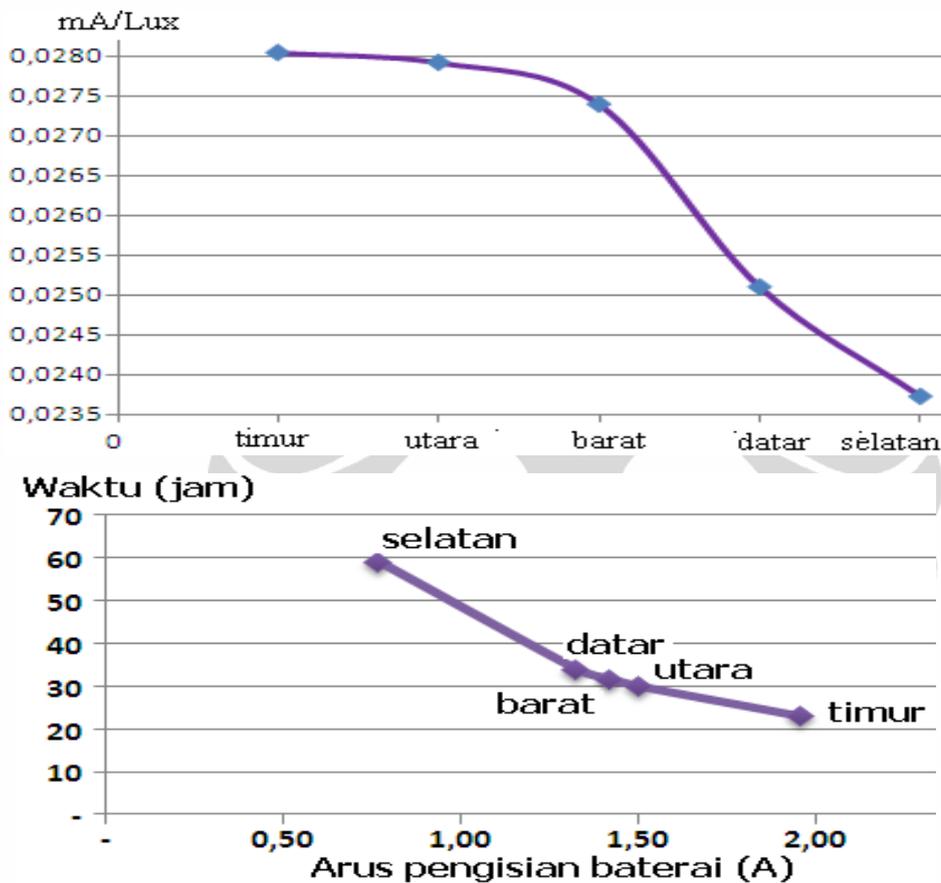
$$\begin{aligned} C &= \text{ arus total /intensitas total} \\ &= 8,954 \text{ Ah} \times 1000/319.253 \text{ Lux-h} \\ &= 0,028 \text{ mA/Lux} \end{aligned}$$

Jadi sel surya yang diletakkan ke arah timur dan disinari selama 4,58 jam memperoleh intensitas cahaya sebesar 319.253 Lux-h yang menghasilkan arus sebesar 8,954 Ah. Setiap Lux yang diperoleh menghasilkan arus sebesar 0,028 mA.

Dengan cara yang sama diperoleh nilai arus yang dihasilkan untuk setiap Lux dengan arah peletakan yang berbeda. Data ini dimasukkan ke tabel 4.2b dan diurutkan arah mana yang menghasilkan arus terbesar (mA/Lux) dan diperoleh urutan arus tertinggi hingga terendah sebagai berikut:

Timur – utara – barat – datar – selatan

Urutan arus pengisian ini digambarkan dalam grafik Gambar 4.4a dan 4.4b.



Gambar 4.4. Grafik lama waktu pengisian sesuai arah peletakan sel surya pada bulan Mei-Juni 2010

Dari table 4.4b juga dapat dihitung nilai arus pengisian tiap jam pada arah tertentu, sehingga dapat menentukan lama waktu pengisian baterai 45 Ah.

Contoh arah timur, nilai arus pengisian tiap jam adalah:

$$\begin{aligned}
 I &= \text{ arus total / lama waktu penyinaran} \\
 &= 8,954 \text{ Ah} / 4,58 \text{ h} \\
 &= 1,955 \text{ A}
 \end{aligned}$$

Jadi lama waktu pengisian baterai 45 Ah

$$T = 45 \text{ Ah} / 1,955 \text{ A} \\ = 23,01 \text{ h}$$

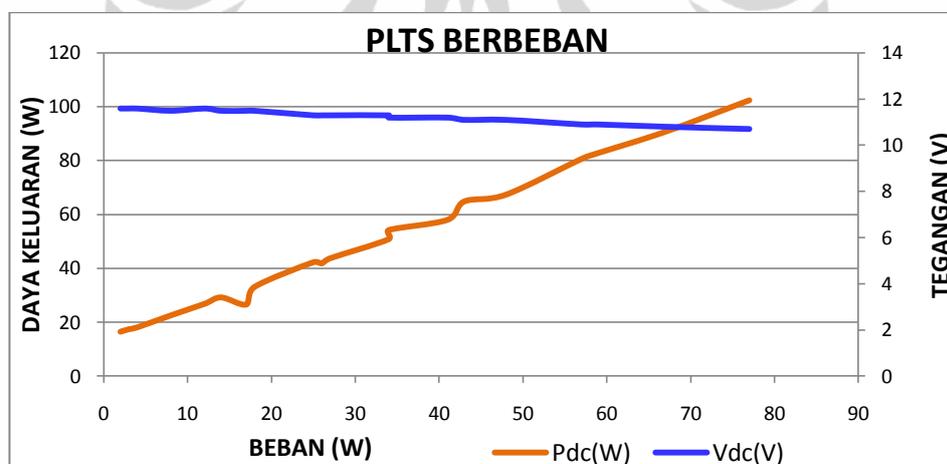
Jika lama penyinaran per hari adalah 6 jam, maka:

$$T = 23,01 \text{ h} / 6 \text{ h/day} \\ = 3,84 = 4 \text{ day}$$

Dengan meletakkan sel surya ke arah timur, maka diperlukan waktu selama 4 hari untuk mengisi baterai 45 Ah.

Dengan cara yang sama dihitung lama waktu pengisian untuk arah lain dan digambarkan seperti pada Gambar 4.4b. Grafik ini memperlihatkan arah timur mengisi baterai paling cepat (23 jam) dibandingkan arah lain .

PLTS juga diuji dalam kondisi berbeban dengan cara menghubungkan baterai ke inverter lalu ke beban. Jadi jenis bebannya adalah ABB yang divariasikan dayanya dan diukur besar daya AS PLTS dan penurunan tegangan AS (Gambar 4.5).



Gambar 4.5. Grafik Efek pembebanan pada PLTS

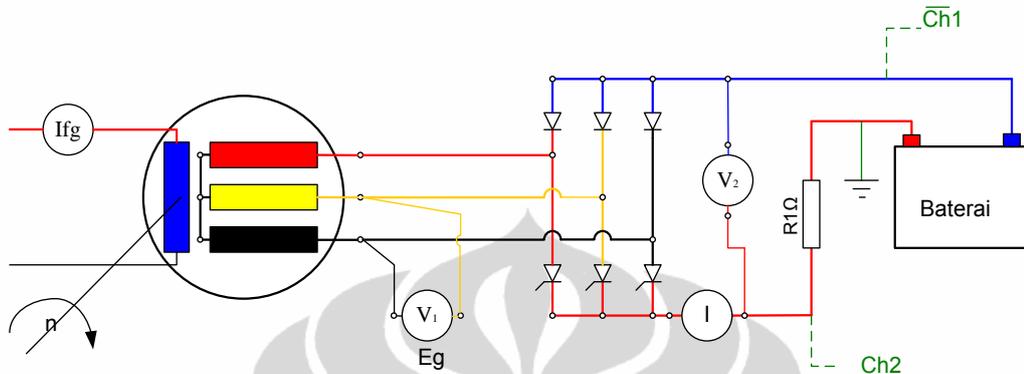
Dari Gambar 4.5 terlihat tegangan semakin turun dengan bertambahnya beban. Pada saat dibebani 80W (80% dari daya nominal), terjadi penurunan tegangan sebesar:

$$\% Vd = (11,7 - 10,6) \times 100\% / 11,7 \\ = 9,4\%$$

Sedangkan daya yang dikeluarkan PLTS jauh lebih besar dibandingkan dengan daya yang digunakan oleh beban.

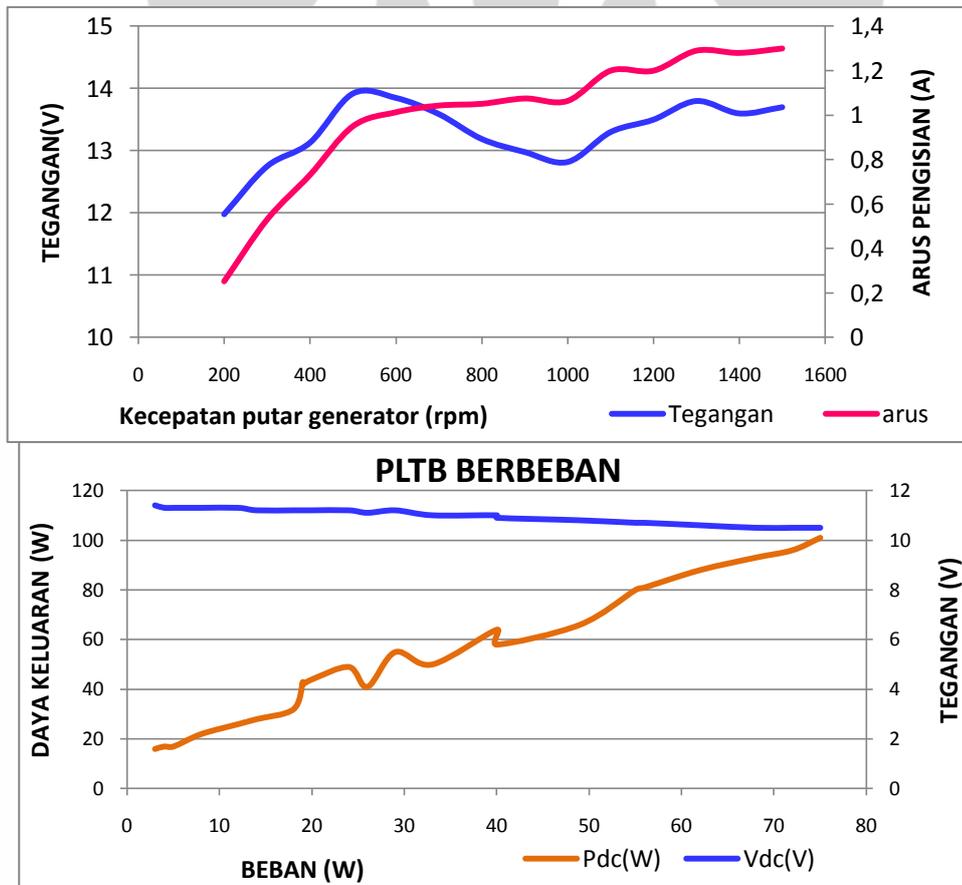
#### 4.2.2. Analisis Data PLTB

PLTB diuji dalam kondisi tanpa beban (Gambar 4.6) dengan cara memvariasikan kecepatan angin untuk memperoleh nilai tegangan dan arus pengisian baterai.



Gambar 4.6. Diagram rangkaian PLTB tanpa beban<sup>[9]</sup>

Hasil pengujian tanpa beban menggambarkan perubahan kecepatan yang besar tidak terlalu berpengaruh terhadap tegangan dan arus (Gambar 4.7a).



Gambar 4.7. Hasil pengujian PLTB tanpa beban dan berbeban<sup>[9]</sup>

PLTB juga diuji dalam kondisi berbeban dengan cara menghubungkan baterai ke inverter lalu ke beban ABB yang divariasikan dayanya dan diukur besar daya AS yang dikeluarkan PLTB dan penurunan tegangan AS. Dari Gambar 4.7b terlihat tegangan semakin turun dengan bertambahnya beban. Pada saat dibebani 80W (80% dari daya nominal), terjadi penurunan tegangan sebesar:

$$\begin{aligned} \%V_d &= (11,5-10,5) \times 100\%/11,5 \\ &= 8,7\% \end{aligned}$$

Seperti juga PLTS, daya yang dikeluarkan PLTB jauh lebih besar dibandingkan dengan daya yang digunakan oleh beban.

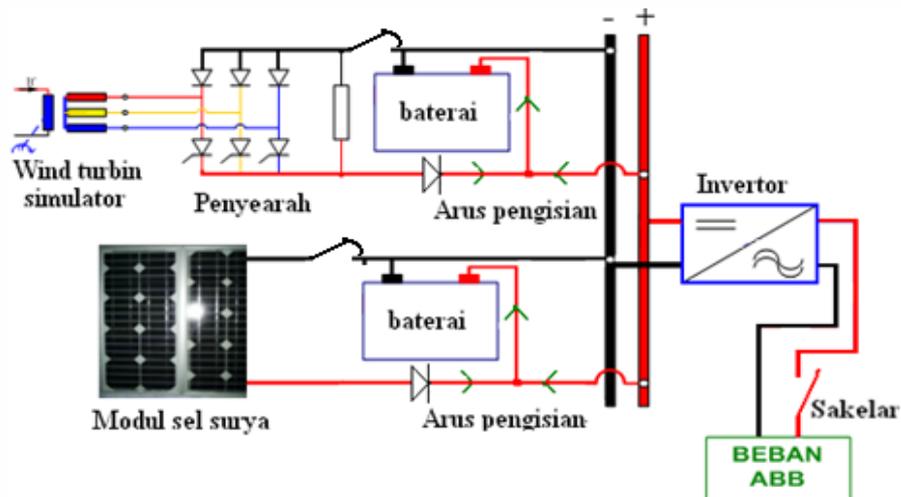
#### **4.2.3. Analisis Data Model Jaringan Listrik Mikro Arus Searah**

Sesuai dengan skenario, jaringan listrik mikro diuji dalam kondisi tanpa beban (Gambar 4.8a) dimana PLTS dan PLTB menghasilkan arus yang mengalir ke baterai dan tidak ada beban terpasang pada jaringan (posisi sakelar beban OFF). Hal ini terjadi selama ada cahaya matahari dan angin.

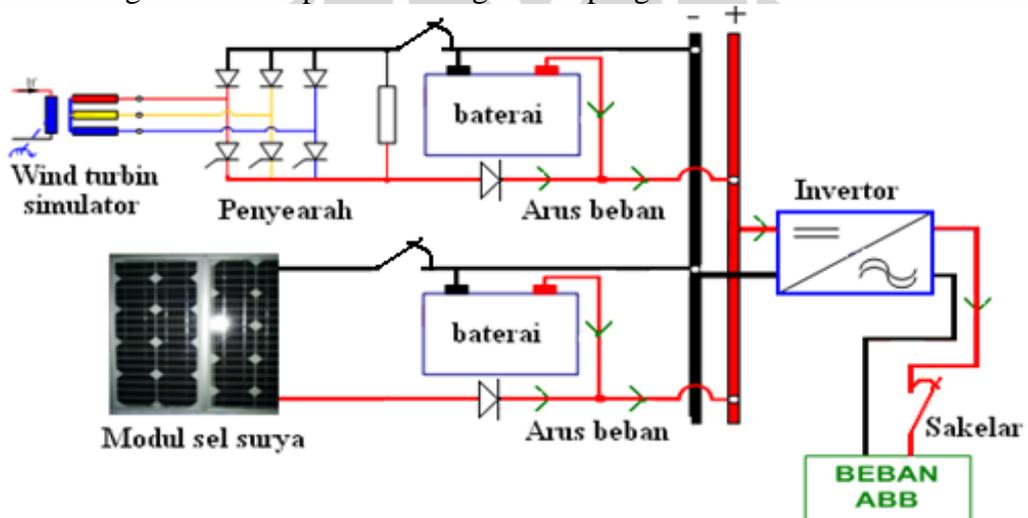
Gambar 4.8b menggambarkan jaringan listrik sedang memasok daya ke beban (sakelar beban pada posisi ON) pada pagi hingga sore hari. Hal ini diperlihatkan dengan adanya arus yang berasal dari PLTS dan PLTB selama 6 jam. Arus ini tidak mengalir ke baterai melainkan ke beban (arah arus ke beban). Demikian juga arus dari kedua baterai mengalir ke beban. Jadi pada pagi hingga sore hari PLTS dan PLTB menghasilkan arus tetapi baterai tidak terisi.

Gambar 4.8c menggambarkan jaringan listrik sedang memasok daya ke beban (sakelar beban pada posisi ON) pada malam hingga pagi hari, dimana PLTS dan PLTB tidak menghasilkan arus (sakelar PLTS dan PLTB pada posisi OFF). Dalam kondisi ini semua arus mengalir ke beban dan tidak terjadi pengisian baterai.

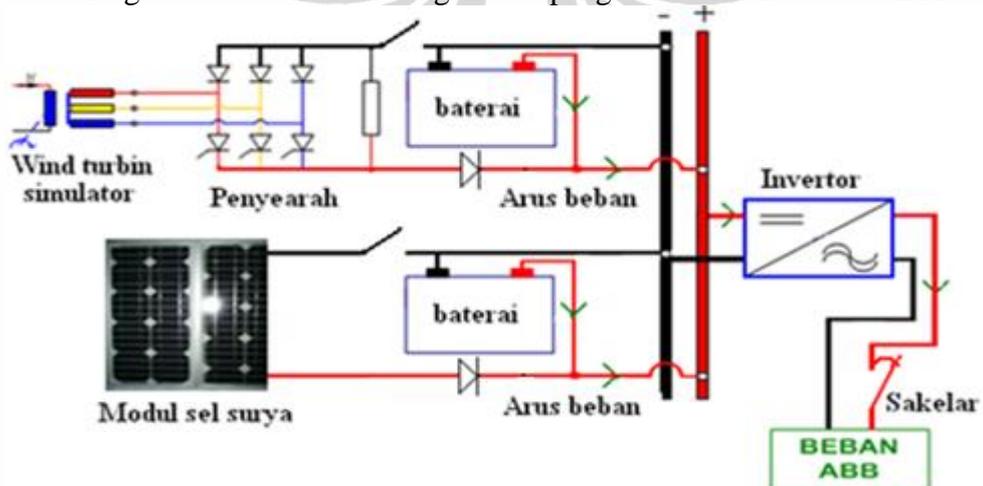
Arus beban sekitar 4,4A lebih besar dibanding arus yang dihasilkan PLTS (0,311-2,87A) dan PLTB (0,3-1,3A). Hal ini menyebabkan tidak terjadi pengisian baterai pada saat jaringan berbeban, karena arus yang ada mengalir ke beban.



a. Jaringan listrik tanpa beban dengan arus pengisian dari PLTS dan PLTB



b. Jaringan listrik berbeban dengan arus pengisian dari PLTS dan PLTB



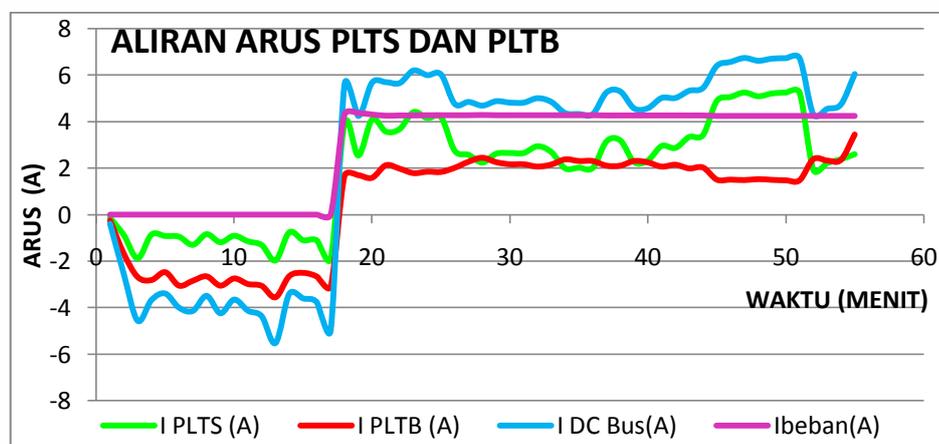
c. Jaringan listrik berbeban tanpa arus pengisian dari PLTS dan PLTB

Gambar 4.8. Pengujian model jaringan listrik mikro arus searah



Gambar 4.9. Perangkat pengujian model jaringan listrik mikro arus searah dengan beban yang bervariasi (Gambar a-e) dan bentuk gelombang inverter (Gambar f)

Hasil pengujian jaringan listrik mikro AS pada kondisi tanpa beban dan berbeban tampak pada Gambar 4.10, sedangkan hasil pengujian pembagian beban antara PLTS dan PLTB sesuai dengan muatan baterai tampak pada Gambar 4.11.



Gambar 4.10. Aliran arus PLTS dan PLTB berbeban konstan

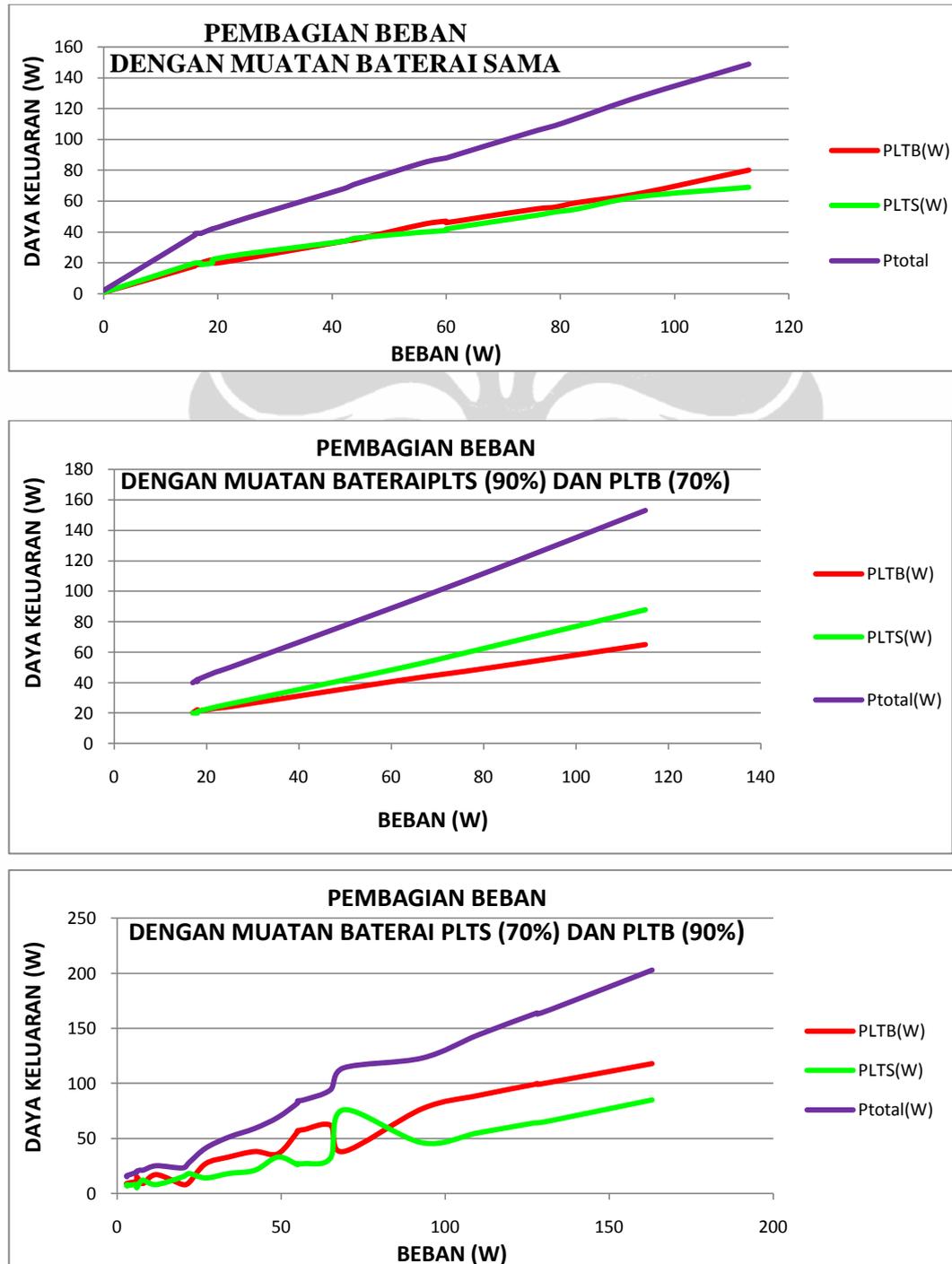
Gambar 4.10 diperoleh dari pengujian jaringan listrik tanpa beban dan berbeban konstan 80W dengan muatan baterai berbeda, PLTS 90% dan PLTB 70% dari kapasitas nominal 45Ah.

Kondisi tanpa beban digambarkan dengan posisi beban (garis ungu) digaris nol dan terlihat arus pengisian PLTB yang diperoleh dari generator cenderung tetap (garis merah), sedangkan arus pengisian PLTS bervariasi tergantung intensitas cahaya matahari (garis hijau), keduanya bernilai negatif dan mengalir ke baterai, selain itu diperoleh arus pengisian dari jaringan listrik mikro bernilai negatif yang mengalir ke baterai (biru). Jadi dalam kondisi tanpa beban terjadi pengisian arus ke baterai.

Kondisi berbeban digambarkan pada menit ke 17, dimana beban naik dari 0 - 4,4A dan arus dari PLTS maupun PLTB berbalik arah menjadi positif dan bersama-sama dengan arus dari baterai mengalir ke beban. Jadi dalam kondisi berbeban tidak terjadi pengisian baterai meskipun PLTS dan PLTB menghasilkan arus, karena arus hanya mengalir ke beban.

Pada saat berbeban arus yang mengalir di jaringan lebih besar dibanding arus beban. Bila selisih arus ini dikalikan dengan tegangan, maka dapat dihitung rugi daya yang terjadi pada jaringan.

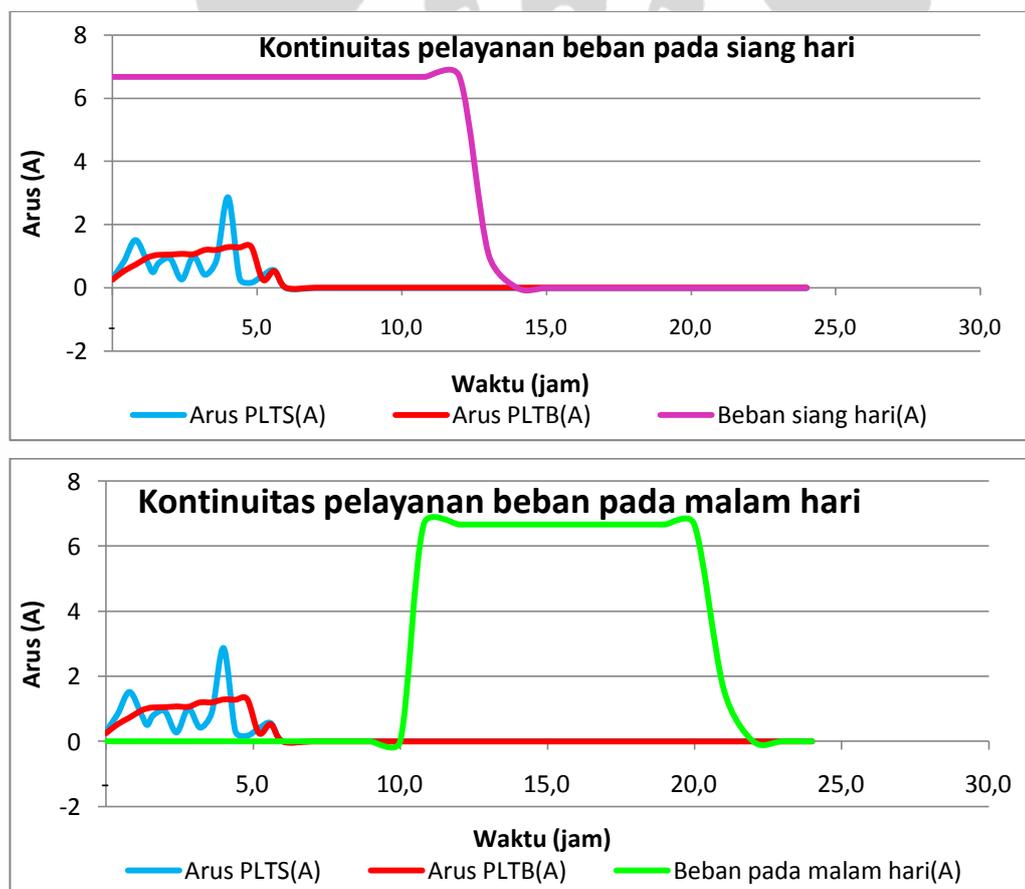
Hasil pengujian jaringan listrik dalam kondisi berbeban tetapi dengan muatan baterai yang berbeda antara PLTS dan PLTB nampak pada Gambar 4.11. Dalam hal ini beban divariasikan nilainya (0 – 80W) dan diukur daya yang dipasok PLTS dan PLTB. Hal ini dimaksudkan untuk mengetahui pembagian beban oleh kedua pembangkit energi terbarukan.



Gambar 4.11. Pembagian beban pada model jaringan listrik mikro arus searah

Pembagian beban antara PLTS dan PLTB sangat tergantung muatan baterai masing-masing, dalam hal ini kapasitas nominal kedua baterai sama 12V, 45Ah. Dengan muatan baterai sama (90% dari kapasitas nominal) diperoleh pasokan daya dari PLTS (garis hijau) dan PLTB (garis merah) hampir sama besar (Gambar 4.11a). Hal ini tidak berlaku apabila muatan salah satu baterai lebih rendah dari lainnya, sebagai contoh PLTB dengan muatan baterai 70% lebih kecil dibanding PLTS dengan muatan 90%, maka PLTB memasok daya lebih kecil dibanding PLTS (Gambar 4.11b). Dan sebaliknya, PLTB dengan muatan baterai 90% lebih besar dibanding PLTS dengan muatan 70%, maka PLTB memasok daya lebih besar dibanding PLTS (Gambar 4.11c).

Gambar 4.12 merupakan hasil pengujian kontinuitas pelayanan beban dengan dua kondisi, yaitu pengujian jaringan listrik berbeban pada siang hari dimana PLTS dan PLTB menghasilkan arus (garis merah dan biru) dan pengujian jaringan listrik berbeban pada malam hari dimana PLTS dan PLTB tidak menghasilkan arus.



Gambar 4.12. Kontinuitas pelayanan beban pada siang dan malam hari

Arus pengisian baterai PLTS bervariasi (0,311-2,87A) dan PLTB juga bervariasi (0,3-1,3A) selama 6 jam (pukul 08.00-14.00). Jaringan listrik dibebani secara konstan sebesar 6,7A dengan kondisi baterai terisi penuh. Bila beban dihubungkan ke jaringan listrik pada siang hari (garis ungu), maka muatan baterai akan habis dalam waktu 13 jam lebih lama dibandingkan bila beban dihubungkan ke jaringan listrik pada malam hari (garis hijau). Hal ini disebabkan pada siang hari diperoleh arus tambahan dari PLTS dan PLTB, selain arus dari baterai masing-masing pembangkit. Sedangkan pada malam hari arus hanya diperoleh dari baterai, sehingga waktu pelayanan beban menjadi lebih singkat (10 jam).

### **4.3. Pembahasan**

#### **4.3.1. Kekurangan dan Kelebihan Metode Pengumpulan Data**

1. Pengumpulan data dilakukan secara manual dengan membaca dan mencatat secara langsung besaran yang terukur sesuai dengan alat ukur yang tersedia berupa alat ukur portable. Dengan metode ini ada kemungkinan kesalahan pembacaan, kesalahan pencatatan data serta ada data yang tidak tercatat terutama pada saat pengujian PLTS tanpa beban. Pencatatan data intensitas cahaya matahari, arus, tegangan dan temperatur pada modul sel surya dilakukan setiap 5 menit selama 6 jam oleh 3 orang secara bersamaan. Hal ini dilakukan untuk mengatasi perubahan intensitas cahaya matahari secara cepat yang diikuti oleh perubahan besaran yang lain.
2. Pengumpulan data tentang arah terbaik yang menghasilkan arus pengisian tertinggi dilakukan dengan cara meletakkan modul sel surya ke berbagai arah pada hari yang berbeda. Penentuan arah peletakan hanya mengandalkan arah sesuai dengan posisi penulis.
3. Pengujian jaringan listrik mikro menghasilkan kesimpulan tidak adanya arus pengisian baterai, meskipun PLTS dan PLTB menghasilkan arus, pada saat jaringan listrik dalam kondisi berbeban. Hal ini terjadi karena arus beban lebih besar dari arus

yang dihasilkan PLTS dan PLTB. Dalam hal ini belum diuji apakah tetap tidak ada arus pengisian baterai, bila arus beban lebih kecil dari arus PLTS dan PLTB.

#### **4.3.2. Kekurangan dan Kelebihan Jaringan Listrik Mikro Arus Searah**

1. Pembangkit listrik energi terbarukan (PLTS dan PLTB) sangat cocok dihubungkan ke jaringan listrik mikro arus searah karena pembangkit ini pada umumnya menyimpan energinya ke dalam baterai. Dengan menggunakan rel arus searah, maka energi yang tersimpan di baterai dapat langsung disalurkan ke rel AS.
2. Apabila jaringan ini akan melayani beban ABB, maka diperlukan inverter untuk mengubah tegangan dari AS menjadi ABB. Pada umumnya bentuk gelombang yang dihasilkan inverter adalah persegi. Hal ini menimbulkan efek harmonisa yang dapat merusak beban. Semakin baik kualitas inverter, bentuk gelombang yang dihasilkan semakin mendekati bentuk sinusoida, sehingga efek harmonisa dapat dikurangi.
3. Kontinuitas pelayanan beban oleh pembangkit listrik energi terbarukan sangat tergantung pada kondisi alam, hal ini kurang sesuai untuk beban yang memerlukan kontinuitas tinggi.