

PERBANDINGAN PERFORMANSI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA ANTARA DAERAH PEGUNUNGAN DENGAN DAERAH PESISIR

Hamdani¹⁾, Zuraidah Tharo²⁾, Siti Anisah³⁾

Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Pembangunan Panca Budi
email: hamdani.stmt@dosen.pancabudi.ac.id

Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Pembangunan Panca Budi
email: sollyaryza@dosen.pancabudi.ac.id

Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Pembangunan Panca Budi
email: zuraidahtharo@dosen.pancabudi.ac.id

Abstrak

Modul Sel surya merupakan piranti elektronik yang dapat mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik secara langsung. Ada beberapa hal yang dapat mempengaruhi performansi modul sel surya dalam proses pengubahan (konversi) energi cahaya matahari menjadi energi listrik, antara lain, suhu, kelembaban, orientasi atau arah cahaya, posisi penempatan modul sel surya. Penelitian yang dilakukan adalah membandingkan performansi modul sel surya pada penerapan sebagai komponen utama pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) di daerah pesisir dan daerah pegunungan. penelitian ini berkaitan dengan pengaruh perbedaan suhu dan kelembaban udara lingkungan sekitar terhadap daya output modul sel surya. Metode yang dilakukan dalam penelitian ini adalah mengukur daya rata rata yang dihasilkan modul sel surya pada daerah pegunungan. Kemudian mengukur daya rata rata yang dihasilkan modul sel surya pada daerah pesisir. Hasil yang diperoleh adalah adanya satu data sebagai pertimbangan dan rekomendasi tentang penerapan PLTS di daerah pesisir dan daerah pegunungan yaitu Energi rata-rata yang diterima beban dummy load 100 ohm dari modul sel surya 10 Wp selama 8 jam di daerah pesisir dengan suhu rata-rata 24 sampai dengan 32 derajat celcius dan kelembaban 81 % sebesar 85161,6 watt detik. Energi rata-rata yang diterima beban dummy load 100 ohm dari modul sel surya 10 Wp selama 8 jam di daerah pegunungan dengan suhu rata-rata 17 sampai dengan 23 derajat celcius dan kelembaban 89 % sebesar 98768 watt detik

Kata-Kata Kunci: Modul Sel Surya, Daerah Pegunungan, Daerah Pesisir, daya

I. PENDAHULUAN

Pembangkit listrik tenaga cahaya matahari merupakan salah satu pembangkit listrik energi terbarukan (*renewable energy*), sehingga sangat baik untuk dikembangkan guna memenuhi kebutuhan energi listrik yang terus meningkat khususnya di Indonesia. Pembangkit listrik dengan sumber energi awal sinar matahari ini sangat baik dikembangkan di Indonesia karena geografis Indonesia berada di daerah khatulistiwa. Piranti utama pembangkit listrik energi sinar matahari adalah modul sel surya, modul sel surya adalah gabungan sejumlah sel surya yang berfungsi merubah secara langsung energi cahaya menjadi energi listrik. Besarnya energi listrik yang dihasilkan oleh modul sel surya dipengaruhi oleh suhu dan kelembaban modul atau panel sel surya. Daerah pesisir dalam hal ini adalah desa Bagan Deli Belawan dan daerah pegunungan dalam hal ini adalah desa Lau Gumba Berastagi, adalah dua daerah dengan suhu dan kelembaban udara yang berbeda. Tentu performansi modul sel surya sebagai piranti utama pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) juga akan berbeda. Hal inilah yang mendorong peneliti untuk melakukan penelitian yang berkaitan dengan pengaruh suhu dan kelembaban udara sekitar terhadap kinerja atau performansi modul sel surya.

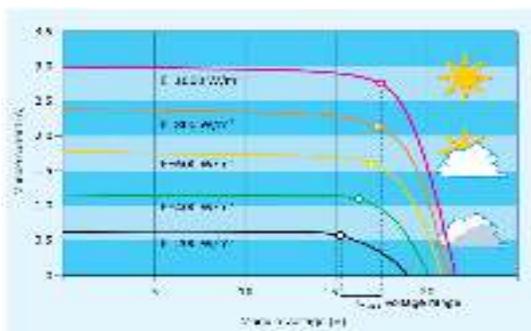
Penelitian ini penting dilakukan sebagai salah satu referensi bagi desainer Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dalam perencanaan dan penerapan pada dua daerah atau kawasan yang berbeda, yaitu kawasan pesisir dan kawasan pegunungan. rumusan masalah yang ingin diketahui adalah bagaimana perbandingan performansi PLTS pada daerah pesisir (Belawan) dengan suhu sekitar 24 sampai dengan 32 derajat celcius dengan ketinggian 1 meter dpl. dengan performansi PLTS pada daerah pegunungan (Berastagi) dengan suhu sekitar 17-23 derajat celcius dan ketinggian 1400 meter dpl. Tujuan dari penelitian ini adalah Mengukur performansi PLTS pada daerah pesisir Mengukur performansi PLTS pada daerah pegunungan Membandingkan performansi PLTS pada daerah pegunungan

Sel surya (*photovoltaic*) adalah suatu alat semikonduktor dimana penyerapan sinar matahari akan menimbulkan muatan-muatan listrik. Disini energi sinar matahari diubah langsung menjadi energi listrik dengan cara menjatuhkan sinar matahari pada bidang batas dari dua macam bahan semikonduktor yang ada di dalam suatu elemen sel surya. (Sulasno, 2009).

Kelebihan penggunaan listrik tenaga surya antara lain:

- Merupakan sumber energi yang terbarukan tidak pernah habis
 - Bersih, ramah lingkungan
 - Umur panel sel surya panjang, investasi jangka panjang.
 - Praktis, tidak memerlukan perawatan
 - Sangat cocok untuk daerah tropis seperti Indonesia
- Sedangkan kerugian menggunakan listrik tenaga surya antara lain:
- Investasi awal cukup mahal
 - Efisiensi konversi rendah
 - Tergantung pada cahaya matahari
 - Memerlukan sistem penyimpanan energi dan inverter
 - Memerlukan permukaan yang luas untuk mendapatkan daya yang besar. (Sulasno, 2009).

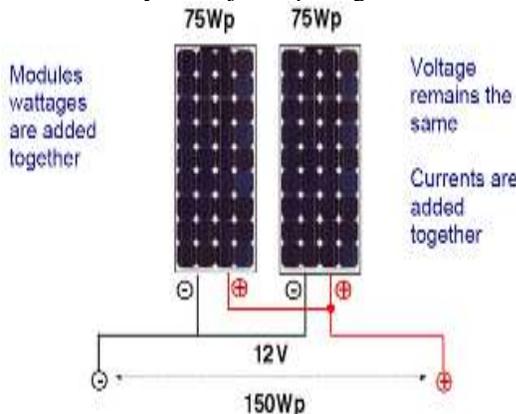
Efek intensitas cahaya matahari terhadap arus dan tegangan modul sel surya ditunjukkan pada gambar berikut



Gambar 1. Efek intensitas cahaya matahari terhadap sel surya

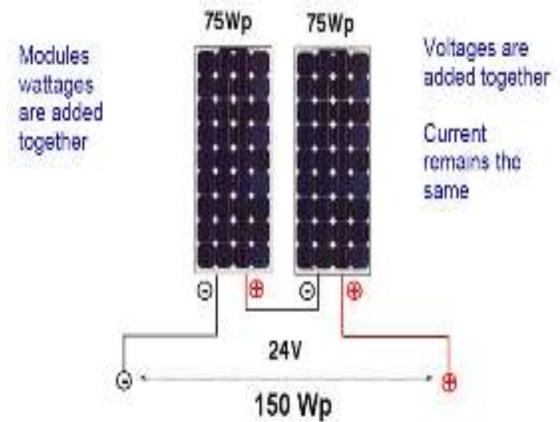
(Sumber : Sistem Pembangkit Dan Pengaman, DR. OO Abdul Rosyid. ISTN)

Untuk mendapatkan arus listrik yang lebih besar pada keluaran modul surya, maka modul surya dihubungkan secara paralel, semakin banyak hubungan paralel yang dilakukan, maka besar arus akan semakin besar. Sedangkan untuk mendapatkan tegangan yang lebih besar, modul surya dihubungkan secara seri. Hubungan paralel dan seri modul sel surya ditunjukkan pada gambar berikut :



Gambar 2. Hubungan paralel modul sel surya.

(Sumber : Sistem Pembangkit Dan Pengaman, DR. OO Abdul Rosyid. ISTN)



Gambar 3. Hubungan seri modul sel surya.

(Sumber : Sistem Pembangkit Dan Pengaman, DR. OO Abdul Rosyid. ISTN)

Kapasitas daya dari sel atau modul surya dilambangkan dalam watt peak (Wp) dan diukur berdasarkan standar pengujian Internasional yaitu Standard Test Condition(STC). Standar ini mengacu pada intensitas radiasi sinar matahari sebesar 1000 W/m² yang tegak lurus sel surya pada suhu 25°C Modul photovoltaic memiliki hubungan antara arus dan tegangan. Pada saat tahanan variable bernilai tak terhingga (open circuit) maka arus bernilai minimum (nol) dan tegangan pada sel berada pada nilai maksimum, yang dikenal sebagai tegangan open circuit (Voc).

Pada keadaan yang lain, ketika tahanan variable bernilai nol (short circuit) maka arus bernilai maksimum, yang dikenal sebagai arus short circuit (Isc). Jika tahanan variable memiliki nilai yang bervariasi antara nol dan tak terhingga maka arus (I) dan tegangan (V) akan diperoleh nilai yang bervariasi.

II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menitik beratkan pada pengukuran daya output yang dihasilkan oleh modul sel surya dengan kapasitas 10 wP, berdasarkan teori tentang pengaruh suhu terhadap daya output sel surya dinyatakan bahwa semakin tinggi suhu sel surya maka kapasitas daya yang dihasilkan akan semakin menurun, hal inilah yang mendorong peneliti untuk membuktikan kebenaran teori tersebut dengan melakukan pengukuran daya output modul sel surya, dan melihat bagaimana pengaruh suhu permukaan sel surya terhadap daya output yang dihasilkan. Pengukuran dilakukan dalam dua tahapan besar, yaitu pengukuran daya output pada daerah pegunungan, dalam hal ini dilakukan di daerah berastagi, dengan ketinggian sekitar 1400 meter dpl. Selanjutnya dilakukan pengukuran pada daerah pesisir pantai dengan ketinggian sekitar 1 meter dpl

Prosedur dan tahapan penelitian yang akan dilakukan dalam dua tahapan umum, yaitu pengukuran pada daerah pegunungan dan pengukuran pada daerah pesisir : dengan tahapan-tahapan umum sebagai berikut :

- Identifikasi jenis bahan dasar pembentukan sel surya
- Pengukuran luas bidang permukaan sel surya
- Identifikasi daya output maksimum yang dapat dihasilkan sel surya saat cahaya matahari puncak (peak sun hours).
- Pengukuran suhu daerah penelitian pegunungan (Laugumba Berastagi)
- Pengukuran kelembaban udara daerah penelitian pegunungan (Lau gumba Berastagi)
- Pengukuran tegangan output tanpa beban yang dihasilkan satu modul sel surya saat cuaca terik, sekitar pukul 08.00 sampai dengan pukul 16.30
- Pengukuran tegangan output beban yang dihasilkan satu modul sel surya saat cuaca terik, sekitar pukul 08.00 sampai dengan pukul 16.30
- Pengukuran arus beban 100 ohm, yang dihasilkan satu modul sel surya saat cuaca terik, sekitar pukul 08.00 sampai dengan pukul 16.30
- Perhitungan daya beban yang dihasilkan satu modul sel surya saat cuaca terik, sekitar pukul 08.00 sampai dengan pukul 16.30

Para meter yang diamati adalah :

- Besaran suhu rata rata, saat kondisi cuaca cerah.
- Besaran tegangan output tanpa beban rata-rata saat kondisi cuaca cerah
- Besaran tegangan output beban rata-rata saat kondisi cuaca cerah
- Besaran arus beban rata rata saat kondisi cuaca cerah
- Besaran daya rata-rata saat kondisi cuaca cerah

Tempat Penelitian :

- Desa Lau Gumba, kecamatan Berastagi Kabupaten Karo provinsi Sumatera Utara
- Desa Bagan Deli, kecamatan Medan Belawan Kota Medan provinsi Sumatera Utara

Waktu Penelitian :

Waktu untuk tahapan penelitian ditunjukkan pada tabel jadual penelitian, sedangkan pengambilan data pengukuran dilakukan sebanyak tiga hari untuk mengambil nilai rata ratanya, dengan memperhatikan cuaca cerah atau mendung

Teknik pengumpulan data yang dilakukan adalah :

- Pengukuran Besaran suhu rata rata, saat kondisi cuaca cerah.
- Pengukuran Besaran tegangan rata-rata modul sel surya saat kondisi cuaca cerah
- Pengukuran Besaran arus beban modul sel surya rata rata saat kondisi cuaca cerah
- Pengukuran Besaran daya beban modul el surya rata-rata saat kondisi cuaca cerah

Pengukuran yang dilakukan sepanjang hari mulai pukul 08.00 wib sampai dengan pukul 16.30 Wib. Data pengukuran yang diambil adalah data setiap 30 menit sekali, hal ini dilakukan karena adanya perubahan posisi matahari yang bergerak dari timur ke barat. Jadi ada 17 sampel data.

Pengukuran yang dilakukan adalah pengukuran tegangan output modul sel surya tanpa beban, pengukuran tegangan dan arus pada beban, dan perhitungan daya pada beban berdasarkan hasil pengukuran tegangan beban. Beban yang digunakan berupa resistor tetap dengan resistansi 100 Ohm, 7 watt. Spesifikasi teknik modul sel surya yang digunakan sebagaimana tertera pada tabel berikut :

Spesifikasi teknis modul sel surya.

Code	P_M	V_{OC}	I_{SC}	V_{MP}	I_{MP}	Max System Voltage	Size	Test Condition
10996	10 W	21.6 V	0.64 A	17 V	0.6 A	1000 V	399 x 289 x 23 mm	AM1,5 1000W/m ² 25 ^o c

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil berbandingan besaran yang diukur antara daerah pesisir dengan suhu rata rata 24 sampai dengan 32 derajat celcius denga kelembaban udara 81 % dengan daerah pegunungan dengan suhu rata-rata 23 derajat celcius dengan kelembaban udara 89 % ditunjukkan pada tabel 1 sampai tabel 4

Tabel 1. berbandinga tegangan tanpa beban

no	Jam	Posisi matahari terhadap timur (°)	arah sel surya terhadap timur (°)	Selish (°)	V_{OC} (pesisir) (V)	V_{OC} (pegunungan) (V)
1	8.30	38.6	90	51.4	17.2	17.5
2	9.00	41.6	90	48.4	17.5	18.5
3	9.30	53.1	90	36.9	18.35	19
4	10.00	57.9	90	32.1	18.35	19.35
5	10.30	63.4	90	26.6	18.4	19.35
6	11.00	75.9	90	14.1	18.46	19.5
7	11.30	82.8	90	7.2	18.5	19.5
8	12.00	87.1	90	2.9	18.7	20
9	12.30	90	90	0	19.1	20
10	13.00	92.9	90	2.9	18.8	20
11	13.30	97.2	90	7.2	18.6	19
12	14.00	104.1	90	14.1	18.5	18.75
13	14.30	116.6	90	26.6	18.4	18.75
14	15.00	122.1	90	32.1	18.3	18.5
15	15.30	126.9	90	36.9	18.2	18.2
16	16.00	138.4	90	48.4	17.5	17.75
17	16.30	141.4	90	51.4	17	17



Gambar 4. Grafik tegangan tanpa beban

untuk daerah pesisir

Dari 17 sampel data yang diambil dapat dihitung tegangan rata-rata tanpa beban yang dihasilkan modul sel surya, menggunakan persamaan sebagai berikut ;

$$V_{rata-rata} = \frac{\sum V}{n}$$

$$V_{rata-rata} = \frac{309,86}{17}$$

$$V_{rata-rata} = 18,22706 \text{ volt}$$

untuk daerah pegunungan

Dari 17 sampel data yang diambil dapat dihitung tegangan rata-rata tanpa beban yang dihasilkan modul sel surya, adalah menggunakan persamaan berikut :

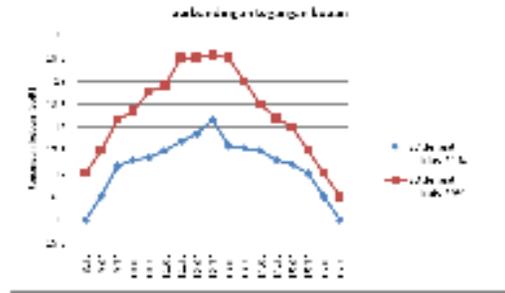
$$V_{rata-rata} = \frac{\sum V}{n}$$

$$V_{rata-rata} = \frac{320,65}{17}$$

$$V_{rata-rata} = 18,86 \text{ volt}$$

Tabel 2. Perbandingan tegangan berbeban

No	Jam	Posisi matahari terhadap timur (°)	arah sel surya terhadap timur (°)	Selisih (°)	V _{Load} (Pesisir) (V)	V _{Load} (pegunungan) (V)
1	8.30	38.6	90	51.4	16	17
2	9.00	41.6	90	48.4	16.5	17.5
3	9.30	53.1	90	36.9	17.16	18.16
4	10.00	57.9	90	32.1	17.3	18.35
5	10.30	63.4	90	26.6	17.35	18.78
6	11.00	75.9	90	14.1	17.5	18.9
7	11.30	82.8	90	7.2	17.7	19.5
8	12.00	87.1	90	2.9	17.85	19.5
9	12.30	90	90	0	18.17	19.55
10	13.00	92.9	90	2.9	17.6	19.5
11	13.30	97.2	90	7.2	17.55	19
12	14.00	104.1	90	14.1	17.5	18.5
13	14.30	116.6	90	26.6	17.3	18.2
14	15.00	122.1	90	32.1	17.2	18
15	15.30	126.9	90	36.9	17	17.5
16	16.00	138.4	90	48.4	16.5	17
17	16.30	141.4	90	51.4	16	16.5



Gambar 5. Grafik tegangan berbeban

untuk daerah pesisir

Dari 17 sampel data yang diambil dapat dihitung tegangan rata-rata tegangan beban yang dihasilkan modul sel surya, adalah menggunakan persamaan berikut :

$$V_{rata-rata} = \frac{\sum V}{n}$$

$$V_{rata-rata} = \frac{292,18}{17}$$

$$V_{rata-rata} = 17,18 \text{ volt}$$

untuk daerah pegunungan

Dari 17 sampel data yang diambil dapat dihitung tegangan rata-rata tegangan beban yang dihasilkan modul sel surya, adalah menggunakan persamaan berikut :

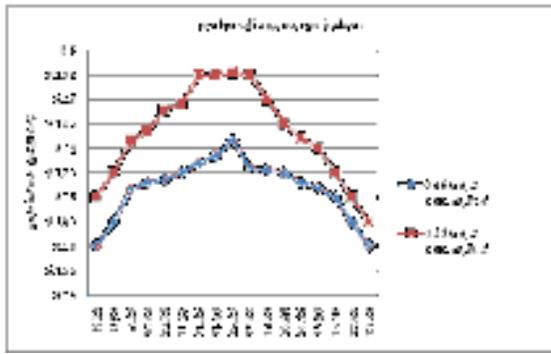
$$V_{rata-rata} = \frac{\sum V}{n}$$

$$V_{rata-rata} = \frac{311,44}{17}$$

$$V_{rata-rata} = 18,32 \text{ volt}$$

Tabel 3. Perbandingan arus beban

no	Jam	Posisi matahari terhadap timur (°)	arah sel surya terhadap timur (°)	Selisih (°)	I _{Load} (pesisir) (A)	I _{Load} (pegunungan) (A)
1	8.30	38.6	90	51.4	0.16	0.17
2	9.00	41.6	90	48.4	0.165	0.175
3	9.30	53.1	90	36.9	0.1716	0.1816
4	10.00	57.9	90	32.1	0.173	0.1835
5	10.30	63.4	90	26.6	0.1735	0.1878
6	11.00	75.9	90	14.1	0.175	0.189
7	11.30	82.8	90	7.2	0.177	0.195
8	12.00	87.1	90	2.9	0.1785	0.195
9	12.30	90	90	0	0.1817	0.1955
10	13.00	92.9	90	2.9	0.176	0.195
11	13.30	97.2	90	7.2	0.1755	0.19
12	14.00	104.1	90	14.1	0.175	0.185
13	14.30	116.6	90	26.6	0.173	0.182
14	15.00	122.1	90	32.1	0.172	0.18
15	15.30	126.9	90	36.9	0.17	0.175
16	16.00	138.4	90	48.4	0.165	0.17
17	16.30	141.4	90	51.4	0.16	0.165



Gambar 6. Grafik Arus pada Beban

untuk daerah pesisir

Dari 17 sampel data yang diambil dapat dihitung arus rata rata beban yang dihasilkan modul sel surya, adalah menggunakan persamaan berikut :

$$I_{rata-rata} = \frac{\sum i}{n}$$

$$I_{rata-rata} = \frac{2,92}{17}$$

$$I_{rata-rata} = 0,171 \text{ ampere}$$

untuk daerah pegunungan

Dari 17 sampel data yang diambil dapat dihitung arus rata rata beban yang dihasilkan modul sel surya, adalah menggunakan persamaan berikut :

$$I_{rata-rata} = \frac{\sum i}{n}$$

$$I_{rata-rata} = \frac{3,11}{17}$$

$$I_{rata-rata} = 0.18 \text{ ampere}$$

Tabel 4. Perbandingan Daya pada beban

no	Jam	Posisi matahari terhadap timur (°)	arah sel surya terhadap timur (°)	Selish (°)	P _{Load} (hitung) (pesisir) (W)	P _{Load} (hitung) (pegunungan) (W)
1	8.30	38.6	90	51.4	2.56	2.89
2	9.00	41.6	90	48.4	2.7225	3.0625
3	9.30	53.1	90	36.9	2.94466	3.29786
4	10.00	57.9	90	32.1	2.9929	3.36723
5	10.30	63.4	90	26.6	3.01023	3.52688
6	11.00	75.9	90	14.1	3.0625	3.5721
7	11.30	82.8	90	7.2	3.1329	3.8025
8	12.00	87.1	90	2.9	3.18623	3.8025
9	12.30	90	90	0	3.30149	3.82203
10	13.00	92.9	90	2.9	3.0976	3.8025
11	13.30	97.2	90	7.2	3.08003	3.61
12	14.00	104.1	90	14.1	3.0625	3.4225
13	14.30	116.6	90	26.6	2.9929	3.3124
14	15.00	122.1	90	32.1	2.9584	3.24
15	15.30	126.9	90	36.9	2.89	3.0625
16	16.00	138.4	90	48.4	2.7225	2.89
17	16.30	141.4	90	51.4	2.56	2.7225

untuk daerah pesisir

Dari 17 sampel data yang diambil dapat dihitung daya rata rata beban yang dihasilkan modul sel surya, adalah menggunakan persamaan berikut :

$$P_{rata-rata} = \frac{\sum i}{n}$$

$$P_{rata-rata} = \frac{50.27}{17}$$

$$P_{rata-rata} = 2.95 \text{ watt}$$

untuk daerah pegunungan

Dari 17 sampel data yang diambil dapat dihitung daya rata rata beban yang dihasilkan modul sel surya, adalah menggunakan persamaan berikut :

$$P_{rata-rata} = \frac{\sum i}{n}$$

$$P_{rata-rata} = \frac{57.20}{17}$$

$$P_{rata-rata} = 3,36 \text{ watt}$$

Berdasarkan hasil pengukuran, dapat diketui bahwa, terdapat perbedaan besaran yang dihasilkan antara modul sel surya di daerah pesisir dengan modul sel surya di daerah pegunungan, perbedaan-perbedaan yang dihasilkan dinyatakan pada Tabel 5

Tabel 5. Perbedaan besaran listrik

No	Besaran yang dibandingkan	Daerah pesisir	Daerah pegunungan	selish
1	V rata-rata tanpa beban	18,227 V	18,86 V	0.633
2	V rata-rata berbeban	17,18 V	18,32 V	1.14
3	I rata-rata	0,171 A	0,18 A	0.009
4	P rata-rata	2,95 W	3,36 W	0.41
5	Energi 8 jam	85161,6 Wd	96768 Wd	11606.4

IV. KESIMPULAN

1. Energi rata-rata yang diterima beban dummy load 100 ohm dari modul sel surya 10 Wp selama 8 jam di daerah pesisir dengan suhu rata-rata 24 sampai dengan 32 derajat celcius dan kelembaban 81 % sebesar 85161,6 watt detik.
2. Energi rata-rata yang diterima beban dummy load 100 ohm dari modul sel surya 10 Wp selama 8 jam di daerah pegunungan dengan suhu rata-rata 17 sampai dengan 23 derajat celcius dan kelembaban 89 % sebesar 98768 watt detik.
3. selisih energi yang dapat digunakan beban dummy load 100 ohm dari modul sel surya 10 Wp selama 8 jam sebesar 11606,4 watt detik.
4. Modul sel surya (PLTS) lebih efektif digunakan di daerah pegunungan dengan suhu udara yang lebih rendah dibanding di daerah pesisir dengan suhu udara yang lebih tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sulasno, 2009, *Teknik Konversi Energi Listrik dan Sistem Pengaturan*, Graha Ilmu, Yogyakarta
- [2] DR. OO Abdul Rosyid, 2011, *Bahan Kuliah, Sistem Pembangkit Dan Pengaman*, ISTN Jakarta
- [3] Richard A. M. Napitupulu, Sutan Simanjuntak, Riko Pandiangan, 2016, *Karakteristik Sel Surya 20 Wp Dengan Dan Tanpa Tracking System*, *Jurnal Teknik Nommensen*, vol II No.1,