

Studi Kelayakan Energi Matahari Sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Surya di Pulau Sabang

Muhammad Ilham Maulana¹, Ahmad Syuhada¹, Sadam Husin¹,

Department of Mechanical Engineering, Syiah Kuala University

Jl. Tgk. Syech Abdurrauf No. 7 Darussalam – Banda Aceh 23111, Indonesia

Phone/Fax.: +62-651- 7428069,

e-mail : husinsadam117@gmail.com

Abstract

Solar power generation is a power plant that utilizes solar energy as a source of electrical energy. Electrical energy in Sabang Weh Island is currently supplied by the power plant so it needs alternative energy to increase the electricity supply. The data taken in the form of sunlight intensity, voltage and current values generated from solar panels. Three points of data collection are: Banda Aceh, Kilometers zero Sabang and BMKG data Sabang Weh Island. The highest light intensity obtained on Sabang Weh Island for 853.20 watts / m², the highest current of 4.32 Amper and a voltage value of 17, 20 Volt

Keywords: Renewable energy, Solar cells

1. Pendahuluan

Seiring meningkatnya wisatawan yang mengunjungi pulau Weh Sabang membuka peluang kepada masyarakat untuk melakukan berbagai aktivitas ekonomi, diantaranya home industri, penginapan dan usaha lainnya. Akibatnya Pulau Weh mengalami krisis atau kekurangan energi listrik. Belum lagi daerah ini sudah dicanangkan sebagai kawasan wisata dan industri sehingga kebutuhan listrik di masa mendatang akan lebih meningkat. PLN samapai saat ini belum mampu memenuhi permintaan listrik untuk masyarakat di pulau weh, sehingga masih sering harus melakukan pemadaman dalam memenuhi kebutuhan listrik masyarakat.

Dimasa depan, kota Sabang masih membutuhkan tambahan daya listrik sekitar 10 megawatt (MW) lagi, dari 10 MW yang telah dimiliki saat ini. Jumlah ini diarahkan untuk pemenuhan kebutuhan daya listrik bagi pengembangan industri pariwisata di Pulau Weh. Hal ini disampaikan oleh Kepala Bagian Prekonomian Pemko Sabang, Kadir pada saat pertemuan dengan staf Ahli Menteri ESDM, dr Taqwallah, seperti dimuat di harian Serambi Indonesia tanggal 6 Februari 2016.

Di Aceh terdapat juga beberapa pembangkit listrik yang beroperasi diantaranya PLTU Nagan Raya PLTU loksemawe,dan PLTA Peusangan Pembangkit listrik ini mempunyai kapasitas yang cukup besar untuk menyediakan listrik di Aceh. Namun jika energi listrik untuk kota Sabang di salurkan dari beberapa pembangkit yang telah disebutkan di atas, maka harus dibutuhkan suatu interkoneksi, mengingat Sabang merupakan daerah kepulauan. Hal ini juga tidak mungkin dilakukan karena jaraknya yang terlalu jauh.

Di lain sisi, Sabang merupakan wilayah kepulauan yang memiliki banyak potensi energi yang dapat dikembangkan seperti energi surya dan energi lainnya. Teknologi pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) merupakan energi alternatif yang dapat mengatasi krisis listrik di Sabang. Energi surya merupakan energi yang dapat diperbaharui dan ramah lingkungan, yang merupakan salah satu energi alternatif yang sedang digalakkan oleh pemerintah. Sabang merupakan daerah wilayah yang beriklim tropis, dimana cahaya matahari bersinar sepanjang tahun, di tempat terpencil sekalipun. Pembangkit Listrik Tenaga Surya telah banyak di manfaatkan di belahan dunia dan jika dieksploitasi dengan tepat, energi ini berpotensi menyediakan kebutuhan konsumsi energi pada saat ini dalam waktu yang lebih lama. [1].

Trilyun. Hamdani (2011) melakukan studinya tentang proyeksi kebutuhan daya listrik di propinsi sulawesi tengah tahun 2007-2020. Dari hasil penelitiannya dapat diketahui bahwa laju pertumbuhan konsumsi Energi listrik sektor industri mengalami peningkatan, sedangkan laju pertumbuhan pelanggan pada tahun yang sama untuk sektor industri mengalami penurunan [2]. Hasnawiya Hasan 2, Juli - Desember 2012 tentang Perancangan pembangkit listrik tenaga surya di pulau Saugi Instalasi teknologi PV terhitung mudah dan efisien, walaupun membutuhkan investasi awal yang tinggi, disebabkan bahannya masih didatangkan dari luar negeri. Namun apabila dihitung untuk pemakaian jangka panjang maka teknologi PV merupakan teknologi yang lebih murah dibandingkan dengan pemakaian generator [3].Beberapa penelitian telah dilakukan dalam hal pemanfaatan energi surya sebagai pembangkit listrik. Konnery (2011) melakukan studi yang berjudul strategi pemanfaatan pembangkit

listrik tenaga surya (PLTS) di Indonesia sampai tahun 2025. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa untuk meningkatkan rasio elektrifikasi hingga tahun 2025 sebesar 98,1%, penggunaan PLTS bagi pelanggan rumah tangga dapat disubsidi dengan cara pemberian subsidi sekitar 5,5

Permasalahan yang harus diselesaikan melalui penelitian ini adalah sejauh ini apakah potensi dari pembangkit listrik tenaga surya apakah layak untuk dikonversikan menjadi energi listrik di Pulau Weh Sabang.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Energi Matahari

Matahari adalah energi yang dipancarkan dalam bentuk radiasi elektromagnetik. Adapun Radiasi matahari yang sampai ke bumi disebut dengan insolation (*incoming solar radiation*) yang mengalami penyerapan (*absorpsi*), pemantulan, hamburan, dan dipancarkan kembali atau reradiasi. Radiasi matahari tersebut sekitar 50% yang dapat diserap oleh bumi. [4]. Matahari memiliki posisi yang tetap dalam sistem tata surya, namun terlihat bergerak melintasi langit jika diamati dari permukaan bumi. Pergerakan matahari terlihat nyata sebagai pengaruh dari rotasi bumi. Sebagai konsekuensi pergerakan ini, sudut sinar matahari jatuh secara langsung ke koordinat pengamat berubah secara kontinu. Posisi matahari dapat diketahui dengan pengetahuan pengamat mengenai garis lintang (*latitude*) dan garis bujur (*longitude*), disamping waktu dan tanggal pengamatan. Perbedaan garis lintang dan bujur suatu daerah akan mempengaruhi potensi energi matahari di daerah tersebut, oleh karena itu untuk mendapatkan energi matahari yang optimal ada dua hal yang harus dipertimbangkan, yaitu sudut elevasi dan sudut azimuth. [5].

Salah satu cara untuk memanen radiasi panas dan cahaya yang termal dan teknologi sel surya atau sel *photovoltaic*. Teknologi termal biasanya digunakan untuk mengeringkan hasil pertanian dan perikanan, memasak (kompor surya), dan memanaskan air. Sedangkan sel surya merupakan alat untuk mengonversi cahaya matahari menjadi energi listrik menggunakan efek *fotoelektrik*. Dengan teknologi sel surya (*photovoltaic*) energi surya diubah menjadi dipancarkan matahari menjadi listrik adalah dengan memanfaatkan teknologi energi listrik yang bisa digunakan untuk berbagai hal. . [6].

2.2 Intensitas Radiasi Matahari

Matahari adalah sebuah bulatan gas panas yang memiliki diameter $1,39 \times 10^9$ dan berjarak sekitar $1,5 \times 10^{11} \text{ m}$ dari bumi. Matahari dianggap sebagai sebuah benda hitam yang memiliki suhu 5762 K. Suhu di pusat adalah $8 \times 10^6 \text{ K}$ sampai

$40 \times 10^6 \text{ K}$ dan memiliki densitas 100 kali dari air [7].

Energi matahari sampai ke bumi dalam bentuk cahaya dan sinar ultraviolet. Dari seluruh jumlah radiasi matahari yang menuju permukaan bumi. Sepertiganya dipantulkan kembali ke ruang angkasa oleh atmosfer dan permukaan bumi. Pemantulan radiasi oleh atmosfer terjadi karena adanya awan dan partikel yang disebut aerosol. Dua per tiga radiasi yang tidak dipantulkan, besarnya energi sekitar 240 Watt/ m^2 diserap oleh permukaan bumi dan atmosfer. Agar menjaga kesetimbangan panas, Bumi memancarkan kembali panas yang diserap dalam gelombang pendek. Sebagian radiasi gelombang pendek yang dipancarkan oleh bumi diserap oleh gas-gas tertentu di dalam atmosfer dan sisanya diteruskan ke permukaan bumi [8].

2.3 PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya)

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) adalah suatu teknologi pembangkit listrik yang mengkonversi energi foton dari radiasi matahari menjadi energi listrik. Konversi ini dilakukan pada panel surya yang terdiri dari sel – sel fotovoltaiik. Sel-sel ini merupakan lapisan-lapisan tipis dari *silicon* (Si) murni atau bahan semikonduktor lainnya yang diproses sedemikian rupa, sehingga apabila bahan tersebut mendapat energi foton akan mengeksitasi *electron* dari ikatan atomnya menjadi *electron* yang bergerak bebas, dan pada akhirnya akan mengeluarkan tegangan listrik arus searah [9].

2.4 Persamaan Energi

Sebelum mengetahui berapa nilai daya sesaat yang dihasilkan kita harus mengetahui daya yang diterima (daya input), di mana daya tersebut adalah perkalian antara intensitas radiasi matahari yang diterima dengan luas area PV modul dengan persamaan [10]:

$$P_{in} = I_r \times A$$

Dimana:

$$P_{in} = \text{Daya input akibat radiasi matahari (Watt)}$$

$$I_r = \text{Intensitas radiasi matahari (Watt/m}^2\text{)}$$

$$A = \text{Luas area permukaan fotovoltaiik module (m}^2\text{)}$$

Sedangkan untuk besarnya daya pada *solar cell* (Pout) yaitu perkalian tegangan rangkaian terbuka (Voc), arus hubung singkat (Isc), dan *Fill Factor* (FF) yang dihasilkan oleh sel Fotovoltaiik dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut [8]:

$$P_{out} = V_{oc} \times I_{sc} \times FF$$

Dimana:

- P_{out} = Daya yang dibangkitkan oleh solar sell (Watt)
 V_{oc} = Tegangan rangkaian terbuka pada solar cell (Volt)
 I_{sc} = Arus hubung singkat pada solar cell (Ampere)
 FF = *Fill Faktor*

Fill Faktor (FF) adalah parameter yang akan menentukan daya maksimum dari fotovoltaiik yang hubungan dengan I_{sc} dan V_{oc} . Nilai *Fill faktor* ini umumnya sebesar 0,75-0,99. Nilai FF dapat diperoleh dari rumus[8]:

$$FF = V_{oc} - \ln(V_{oc} + 0.72) / V_{oc}$$

3. Metode Penelitian

3.1. Tempat Penelitian

Pengambilan data ini akan dilakukan di Sabang, Banda Aceh, dan data BMKG Sabang. Sedangkan waktu penelitian akan dimulai dari melakukan studi literatur, melakukan studi lapangan, mengamati, mengecek alat ukur dan melakukan kalibrasi alat ukur, penulisan Proposal Tugas Akhir, sampai sampai seminar proposal tugas akhir menghabiskan waktu lebih kurang 6 (enam) bulan, dimulai dari bulan Februari hingga bulan juni. Adapun variabel yang akan diamati pada penelitian ini yaitu, Mengukur nilai intensitas Matahari setiap satu jam sekali, mengukur tegangan dan arus pada panel surya setiap satu jam sekali dan menghitung daya yang dihasilkan panel surya setiap satu jam sekali

3.2. Rancangan Percobaan

- Berdasarkan rumusan masalah
- Melakukan studi literatur dan menentukan parameter yang akan di gunakan yang bersumber dari buku, jurnal, dan internet.
- Data yang dibutuhkan adalah intensitas cahaya matahari (watt/m^2) dan daya keluaran yang dihasilkan (watt)
- Data yang dikumpulkan adalah data primer dan sekunder.
- Pengambilan data akan dilakukan di Kilometer Nol Pulau Weh Sabang, Banda Aceh, dan BMKG Sabang.

3.3 Objek Penelitian

Dalam penelitian ini, yang akan menjadi objek dari penelitian ini adalah daya keluaran (watt) yang dihasilkan oleh nilai intensitas matahari (Watt/m^2). Per satu jam sekali.

3.4. Peralatan Penelitian

Peralatan yang digunakan untuk pengujian adalah sebagai berikut:

- Panel Surya jenis *Polycrystalline silicon* dengan spesifikasi, Daya : 80 watt, tegangan maksimum: 42 V dan arus maksimum: 4 A dengan luas penampang $0,715 \text{ m}^2$.
- Baterai dengan spesifikasi, Kapasitas: 50 Ah, tegangan 12 V.
- Inverter dengan spesifikasi, kapasitas: maksimum 500 Watt, 11- 13 VDC dan 200-230 VAC.
- Charger controler dengan spesifikasi, boost charge : 14,5 V, Low voltage disconnect: 11,6 V, dengan rated input 12 VDC/10A dan rated output 12VDC/10A.

3.5. Prosedur Penelitian

- Studi literatur dan menentukan parameter yang akan digunakan yang bersumber dari buku, jurnal, dan internet.
- Melakukan kalibrasi alat ukur.
- Melakukan pengujian dan pengumpulan data yang dibutuhkan, adapun sumber data yang di perlukan adalah data priemer
- Melakukan analisa data intensitas cahaya matahari dan daya keluaran yang dihasilkan panel surya.
- Memasukkan data dan membuat kurva potensi energi surya untuk energi listrik di Sabang dan sekitarnya.

3.6. Alat Ukur Penelitian

Dalam penelitian ini menggunakan beberapa alat ukur yang akan digunakan yaitu Lux meter, Multimeter.

a. Lux Meter

Lux meter adalah alat ukur untuk mengukur perubahan radiasi matahari.



Gambar 1. Lux meter

b. Multitester

Multitester adalah alat ukur untuk mengukur tegangan yang terjadi pada panel surya dan untuk

mengukur tegangan yang terjadi pada baterai.



Gambar 2. Multitester

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Pengambilan Data Lapangan

Pada pengambilan data yang akan dilakukan dengan pengambilan data intensitas cahaya matahari menggunakan alat ukur lux meter. Kemudian dilanjutkan dengan mengukur nilai tegangan dan arus yang dihasilkan oleh panel surya menggunakan multitester, kemudian, Data di ambil pada tiga titik, yaitu Banda Aceh, BMKG Sabang, dan juga di Sabang. Adapun proses pengambilan data di Banda Aceh dilakukan setiap hari selama 2 bulan, dimulai dari pukul 09.00 sampai dengan pukul 16.00 WIB. dan data yang diambil di Sabang 9 sampai 14 April 2017. Adapun data yang terbaik berada pada tanggal 14 APRIL 2017 dengan parameter yang diukur adalah intensitas cahaya matahari, tegangan, dan arus. Data dapat dilihat pada tabel berikut

Tabel 1 Hasil Pengukuran Tanggal 14 April 2017

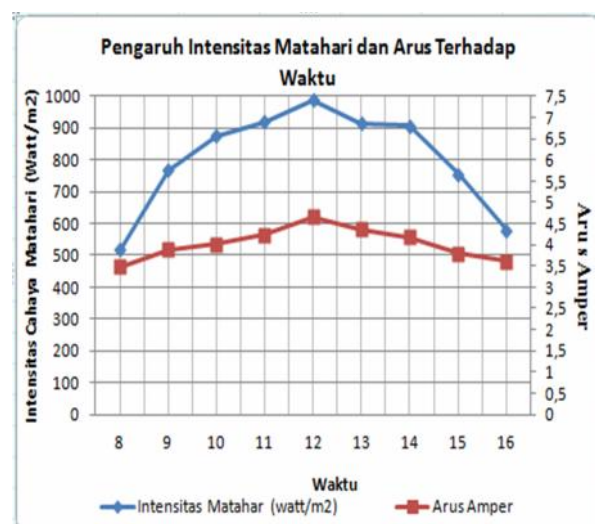
No	Waktu	Intensitas (Lux)	Intensitas (Watt/m ²)	Tegangan (Volt)	Arus (Ampere)
1	08.00	657	519,03	15,48	3,49
2	09.00	971	767,09	16,83	3,89
3	10.00	1109	876,11	17	4,01
4	11.00	1164	919,56	17,23	4,23
5	12.00	1252	989,08	17,45	4,65
6	13.00	1158	914,82	17,25	4,37
7	14.00	1150	908,5	17,18	4,19
8	15.00	957	756,03	16,92	3,8
9	16.00	732	578,28	16,71	3,62
Rata-rata		1016	803,19	16,89	4,02

Dalam pengukuran data yang dilakukan dari pukul 08.00 pagi sampai pukul 16.00 sore, nilai intensitas matahari tertinggi dari pengukuran ini terjadi pada pukul 12.00 pada pukul 13.00 cuaca sedikit berawan, seharusnya data tertinggi itu terjadi pada pukul 13.00 Dari tabel di atas juga dapat kita lihat bahwa perubahan tegangan dan arus yang terjadi pada panel surya tidak begitu berpengaruh diakibatkan panas yang tersimpan pada panel surya

tersimpan dengan baik sehingga tegangan pada panel surya stabil hingga pada pukul 16.00 sore.

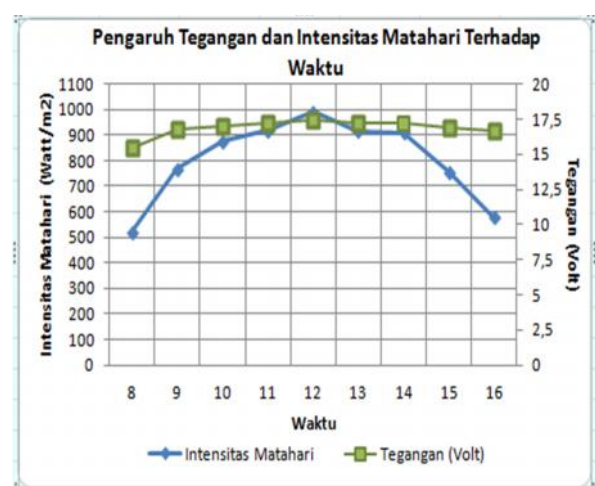
4.2. Analisa Data

1. Hasil Pengukuran Intensitas Cahaya Matahari dan Arus Terhadap Waktu 14 April



Gambar 3. Grafik hasil pengukuran intensitas cahaya matahari dan arus terhadap waktu tanggal 14 April 2017

2. Hasil Pengukuran Intensitas Cahaya Matahari dan Tegangan Terhadap Waktu 14 April



Gambar 4. Grafik hasil pengukuran intensitas cahaya matahari dan tegangan terhadap waktu tanggal 14 Februari 2017

3. Hasil Perhitungan Daya

Pengukuran intensitas cahaya matahari dilakukan dengan menggunakan alat ukur lux meter yang di tampilkan dalam bentuk digital pada alat ukur dalam satuan lux yang harus di konversikan menjadi Watt/m² untuk mendapatkan nilai daya masuk (P_{in}) pada persamaan 3, dimana nilai 1 lux = 0.0079 Watt/m².

Pada persamaan 1 dapat dihitung berapa jumlah daya keluar (P_{out}) pada panel surya sangat tergantung pada intensitas cahaya matahari dan tegangan beserta arus yang dihasilkan panel surya. Sedangkan daya masuk (P_{in}) pada persamaan 3 sangat berpengaruh pada nilai intensitas matahari dan juga luas penampang panel surya, yang dmna semakin besar luas penampangnya maka akan besar pula daya yang akan masuk kedalam panel surya

Berdasarkan persamaan 3 di dapat Daya masuk (P_{in}) yaitu :

$$P_{in} = I_r (\text{Watt/m}^2) \times A (\text{m}^2)$$

$$I_r = 1252 \text{ lux} \times 0.0079 = 989.08 \text{ Watt/m}^2$$

$$P_{in} = 989.08 \text{ Watt/m}^2 \times (1.1 \times 0.65) \text{ m}^2 \text{ (Diambil sebagai sampel dari nilai intensitas tertinggi pada pukul 12.00)}$$

$$= 707.19 \text{ Watt}$$

Berdasarkan persamaan 1 dan 2 di dapat Daya keluar (P_{out}) yaitu :

$$FF = V \cdot I / V_{oc} \cdot I_{sc}$$

$$= 16.75 \text{ V} \times 3.25 \text{ A} / 21.30 \text{ V} \times 2.4 \text{ A} \text{ (Diambil dari nilai rata-rata tegangan dan arus dari pukul 09.00-16.00)}$$

$$FF = 0.95$$

$$P_{out} = V \times I \times FF$$

$$= 17.44 \text{ V} \times 3.94 \text{ A} \times 0.95 \text{ (Diambil sebagai sampel dari nilai intensitas tertinggi pada pukul 12.00)}$$

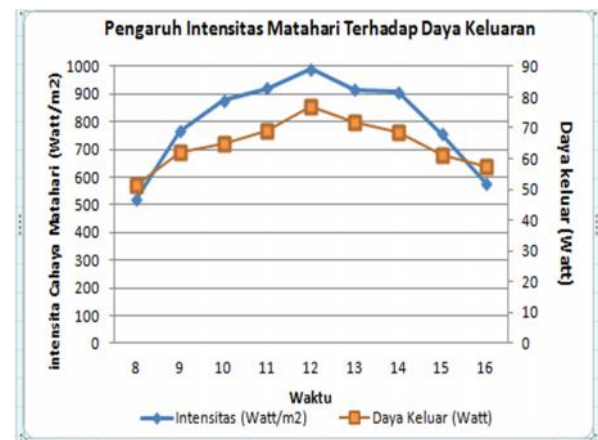
$$= 77.08 \text{ Watt}$$

Perhitungan daya keluaran rata-rata didapat yaitu 64,79 Watt, selain itu daya setiap jamnya juga dapat dilihat pada tabel dibawah ini. Berdasarkan table di dapat grafik pengaruh intensitas cahaya matahari terhadap daya keluaran dapat dilihat pada tabel.

Tabel 2 Hasil Pengukuran Tanggal 14 April 2017

No	Waktu	Intensitas (Lux)	Intensitas (Watt/m ²)	Daya-masuk (Watt)	Tegangan (Volt)	Arus (Ampere)	FF	Daya-keluaran (Watt)
1	08.00	657	519,03	371,10	15,48	3,49	0,95-	51,32
2	09.00	971	767,09	548,46	16,83	3,89	0,95-	62,19
3	10.00	1109	876,11	626,41	17	4,01	0,95-	64,76
4	11.00	1164	919,56	657,48	17,23	4,23	0,95-	69,23
5	12.00	1252	989,08	707,08	17,45	4,65	0,95-	77,08
6	13.00	1158	914,82	654,04	17,25	4,37	0,95-	71,61
7	14.00	1150	908,5	649,52	17,18	4,19	0,95-	68,38
8	15.00	957	756,03	540,56	16,92	3,8	0,95-	61,08
9	16.00	732	578,28	413,47	16,71	3,62	0,95-	57,46
Rata-rata		1016	803,19	574,20	16,89	4,02	0,95	64,79

4. Hasil Pengukuran Intensitas Cahaya Matahari dan Arus Terhadap Waktu 14 April



Gambar 5. Grafik hasil pengukuran intensitas cahaya matahari terhadap daya keluaran tanggal 14 April 2017

5. Perbedaan Daya yang Dihasilkan Intensitas dan Daya Keluaran Panel

Daya yang dihasilkan intensitas matahari yaitu :

$$P_{in} = I_r (\text{Watt/m}^2) \times A (\text{m}^2)$$

$$I_r = 1252 \text{ lux} \times 0.0079 = 989.08 \text{ Watt/m}^2$$

$$P_{in} = 989.08 \text{ Watt/m}^2 \times (1.1 \times 0.65) \text{ m}^2 \text{ (Diambil sebagai sampel dari nilai intensitas tertinggi pada pukul 12.00)}$$

$$= 707.19 \text{ Watt}$$

$$P_{out} = P_{in} \times \text{Efisiensi (20\%-30\%)}$$

$$P_{out} = 707.19 \text{ Watt} \times 25\% \text{ (Diambil sebagai sampel dari nilai intensitas tertinggi pada tanggal 14 April 2017 pukul 12.00)}$$

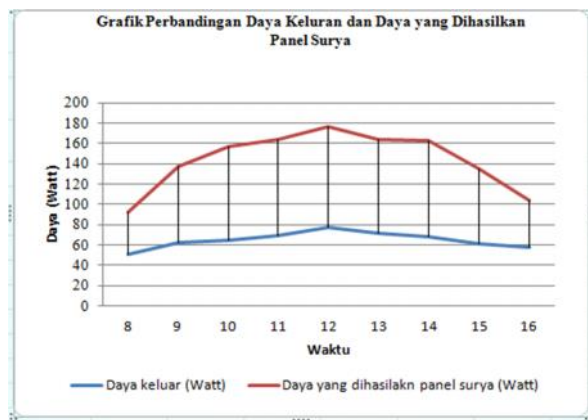
$$= 176,179 \text{ Watt}$$

Perhitungan daya keluaran intensitas rata-rata didapat yaitu 143,55 Watt, dan juga daya keluaran panel rata-rata yaitu 64,79 Watt selain itu daya setiap jamnya juga dapat dilihat

Tabel 3 Hasil Pengukuran Tanggal 14 April 2017

No	Waktu	Intensitas (Watt/m ²)	Daya Masuk (Watt)	Daya Keluaran Efisiensi 25% (Watt)	Daya yang Dihasilkan Panel Surya (Watt)	Daya Keluaran Efisiensi 30% (Watt)
1	09.00	519,03	371,10	92,77	51,32	111,33
2	10.00	767,09	548,46	137,11	62,19	164,53
3	11.00	876,11	626,41	156,60	64,76	187,92
4	12.00	919,56	657,48	164,37	69,23	197,24
5	13.00	989,08	707,08	176,77	77,08	212,12
6	14.00	914,82	654,04	163,51	71,61	196,21
7	15.00	908,5	649,52	162,38	68,38	194,85
8	16.00	756,03	540,56	135,14	61,08	162,16
9	17.00	578,28	413,47	103,36	57,46	124,04
Rata-rata		803,19	574,20	143,55	64,79	172,26

5. Hasil perhitungan perbedaan antara daya keluaran intensitas matahari dan daya keluaran yang dihasilkan panel tanggal 14 April



Gambar 5. Grafik perbedaan daya keluaran intensitas matahari dan daya keluaran yang dihasilkan panel

5. Kesimpulan

Setelah melakukan pengukuran Intensitas Matahari di Pulau Weh Sabang dan pembahasan data hasil pengukuran, dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Pengukuran Intensitas Matahari ini didapatkan nilai rata-rata intensitas cahaya matahari pada pengukuran selama di pulau weh sabang yang dilakukan dari tanggal 9 sampai tanggal 14 April 2017 adalah sebesar $796,12 \text{ Watt/m}^2$,
2. Dari hasil pengukuran ini kita dapat membandingkan antar : intensitas matahari dan Arus terhadap waktu, Intensitas Matahari dan Tegangan terhadap waktu pengaruh intensitas terhadap daya keluar, dan perbandingan antara daya keluar dan daya yang dihasilkan
 - Adapun nilai rata-rata yang dilakukan dari pengukuran intensitas matahari yang dilakukan pada tanggal 14 April 2017 adalah sebesar $803,19 \text{ Watt/m}^2$
 - Adapun nilai rata-rata yang didapat dari pengukuran Arus pada tanggal 14 April 2017 adalah sebesar 4,02 Ampere
 - Adapun nilai rata-rata yang didapat dari pengukuran Tegangan pada tanggal 14 April 2017 adalah sebesar 16,89 Volt
 - Adapun nilai rata-rata yang didapat dari pengukuran Daya keluar pada tanggal 14 April 2017 adalah sebesar 64,79 Watt
 - Adapun nilai rata-rata yang didapat dari pengukuran Daya yang dihasilkan panel pada tanggal 14 April 2017 adalah sebesar 172,26 Watt

Daftar Pustaka

- [1] Wikipedia "Pembangkit Listrik Tenaga Surya" termuat di http://id.wikipedia.org/wiki/Pembangkit_Listrik_tenaga_surya di akses 10 desember 2016

- [2] Romi Wiryadinata. 1, 2013, *Studi Pemanfaatan Energi Matahari di Pulau Panjang Sebagai Pembangkit Listrik Alternatif*
- [3] Hasnawiya Hasan, 2012, *Perancangan pembangkit listrik tenaga surya di pulau Saugi Perancangan pembangkit listrik tenaga surya di pulau Saugi.*
- [4] Konnery, 2011, *Strategi pemanfaatan pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) di Indonesia sampai tahun 2025.*
- [5] Astu P dan D. Nursuhud, 2008, *Mesin Konversi Energi Edisi II*, Yogyakarta: Penerbit Andi.
- [6] Dwistya A, N. 2010. *Aplikasi Sel Surya Sebagai Energi Terbarukan Pembangkit Listrik Pada Solar Home System.* Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Padjadjaran
- [7] Duffie, J. A., 2006, *Solar Engineering Of Thermal Processes.* 3rd edition, Wiley & Sons.
- [8] BMKG, 2012, *Buku Informasi Perubahan Iklim dan Kualitas Udara di Indonesia*, Jakarta.
- [9] Buresh, M., 1983, *Photovoltaic energy System Design and Installation.* United States of America. McGraw Hill Book Company.
- [10] Quaschnig, Volker., 2005, *Understanding Renewable Energy System.* London, Sterling, VA: Earthscan.
- [11] M, Eko , 2015, *Uji Sistem Pompa Air Tenaga Surya Untuk Pengairan Pertanian*, Tugas Akhir, Universitas Syiah Kuala.