

Pembangkit Listrik Tenaga Surya Di Waisai Kabupaten Raja Ampat Provinsi Papua Barat

The Solar Power Plant In The Area Of Waisai Raja Ampat Region West Papua Province

Yunus¹, Stefany Margareta Martono²

¹Politeknik Katolik Saint Paul, Sorong

²Politeknik Katolik Saint Paul, Sorong

¹yunus.sq@gmail.com, ²martonostefany@gmail.com

Abstrak

Pada masa sekarang kebutuhan akan energi listrik telah menjadi salah satu kebutuhan pokok masyarakat baik yang tinggal di kota maupun masyarakat yang tinggal di desa. Penyediaan kebutuhan energi listrik tersebut terus diupayakan oleh pemerintah agar rasio elektrifikasi dan desa berlistrik di Indonesia dapat ditingkatkan secara bertahap. Berdasarkan data Direktorat Jenderal Listrik Dan Pemanfaatan Energi Kementerian ESDM tahun 2017 sebagian wilayah barat Indonesia mulai dari Daerah Istimewa Aceh hingga Sulawesi rasio elektrifikasinya mencapai rata-rata di atas 70%. Khususnya provinsi Papua Barat rasio elektrifikasinya mencapai 82,7% namun terdapat ketimpangan dalam hal pemerataan dimana rasio desa berlistrik hanya mencapai 54,47%. Hal ini disebabkan oleh karena sebagian wilayah Papua Barat adalah pedesaan, daerah terpencil dan kepulauan dengan kondisi geografis berupa pegunungan menyebabkan mobilisasi alat sangat sulit. Untuk meningkatkan rasio desa berlistrik maka salah satu solusi yang dapat dilakukan adalah dengan mengoptimalkan penggunaan sumber daya alam untuk pembangunan pembangkit listrik. Potensi sumber daya alam Provinsi Papua Barat khususnya wilayah Waisai Kabupaten Raja Ampat adalah energi sinar matahari yang melimpah baik dalam intensitas radiasi matahari maupun lamanya waktu penyinaran karena letak geografis yang terletak pada garis khatulistiwa.

Pada penelitian dilakukan secara eksperimen dengan membuat pembangkit listrik tenaga surya type photovoltaic 50 Wp untuk memperoleh data secara empiris yang memberikan informasi parameter potensi pembangkit listrik tenaga surya. Hasil penelitian yang diperoleh menyatakan bahwa di Waisai Raja Ampat intensitas radiasi maksimum dapat mencapai 1101.2 W/m², daya input maksimum dan daya output maksimum sel photovoltaik masing-masing 339,9404 Watt dan 30,46640 Watt dengan efisiensi maksimum mencapai 9,26%. Berdasarkan data empiris tersebut maka prospek pemanfaatan pembangkit listrik tenaga surya type photovoltaic di Waisai Kabupaten Raja Ampat sangat baik dan tepat.

Kata kunci : Tenaga Surya, Photovoltaic, Waisai

Abstract

The electrical energy needs become one of the basic needs of both people who live in cities and people who live in villages. The government continues to strive to provide these electricity needs so that the electrification ratio and electricity villages in Indonesia can be gradually increased. Based on data from the Directorate General of Electricity and Energy Utilization of the Ministry of Energy and Mineral Resources in 2017, parts of western Indonesia ranging from the Aceh Special Region to Sulawesi, the electrification ratio reaches an average of above 70%. For the province of West Papua, has an electrification ratio of 82.7% but there is an imbalance in terms of equity where the ratio of electrified villages is only 54.47%. West Papua are rural and archipelago with geographical conditions making mobilization of tools very difficult. To increase the ratio of electricity villages, one solution that can be done is to optimize the use of natural resources for

construction of electricity generation. The potential of natural resources in West Papua especially in the Waisai region of Raja Ampat Regency is abundant solar energy both in the intensity of solar radiation and the length of time of irradiation due to geographical location located on equator.

The research was carried out experimentally by making solar power plants using photovoltaic 50 Wp to obtain empirical data that provides information on the potential parameters of solar power plants. The results obtained indicate that in Waisai Raja Ampat the maximum radiation intensity can reach 1101.2 W / m², the maximum input power and maximum power output of photovoltaic cells are 339.9404 Watt and 30.46640 Watt and maximum efficiency reaching 9.26%. Based on these empirical data, the prospect of utilizing photovoltaic type solar power plants in Waisai Raja Ampat Regency is very good and appropriate.

Keywords: Solar Power, Photovoltaic, Waisai

1. PENDAHULUAN

Berdasarkan data Direktorat Jenderal Listrik Dan Pemanfaatan Energi, Kementerian ESDM tahun 2018 sebagian wilayah barat Indonesia mulai dari Daerah Istimewa Aceh sampai Sulawesi memiliki *ratio elektrifikasi* mencapai rata-rata di atas 80%. Sedangkan wilayah timur Indonesia yang sebagian wilayahnya adalah pedesaan, *ratio elektrifikasinya* dan *desa berlistrik* masih rendah. Khusus Provinsi Papua Barat memiliki *rasio elektrifikasi* telah mencapai 82,7% namun *rasio desa berlistrik* hanya mencapai 54,47%. Hal ini disebabkan oleh karena sebagian besar wilayahnya adalah pedesaan, daerah terpencil dan kepulauan dengan kondisi geografis berupa pegunungan dan kepulauan yang menyebabkan mobilisasi alat sangat sulit dan berat serta kondisi sosial masyarakat kurang mendukung. Dengan penelitian ini diharapkan dapat menjadi salah satu solusi untuk mengoptimalkan penggunaan sumber daya alam khususnya pemanfaatan pembangkitan energi listrik tenaga surya dimana Energi Sinar Matahari yang melimpah baik dalam intensitas sinar matahari maupun lamanya waktu penyinaran karena letak geografis Provinsi Papua Barat wilayah Waisai Kabupaten Raja Ampat berada pada garis khatulistiwa [1, 2].

Adapun tujuan penelitian Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Type Photovoltaic adalah untuk memperoleh data secara empiris tentang potensi pembangkit listrik tenaga surya di wilayah waisai kabupaten Raja Ampat Provinsi Papua Barat. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah Metode eksperimen secara langsung dengan membuat pembangkit listrik tenaga surya yang digunakan untuk memperoleh data potensi pembangkit listrik di Waisai Kabupaten Raja Ampat.

2. DASAR TEORI DAN METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Kota Waisai Kabupaten Raja Ampat

Kabupaten Raja Ampat dideklarasikan sebagai kabupaten baru, berdasarkan UU No. 26 tahun 2002 tentang Pembentukan Kabupaten Raja Ampat, tanggal 3 Mei tahun 2002 dengan luas wilayah 46.108 km², terbagi menjadi 24 distrik, 117 kampung, dan 4 kelurahan dengan jumlah penduduk 70.000 jiwa.. Secara geografis, kabupaten Raja Ampat berada pada koordinat 00° 30'33"LU - 01° LS dan 124° 30'00" - 131° 30'BT. Kabupaten Raja Ampat beriklim tropis yang lembab dan panas. Berdasarkan hasil pencatatan stasiun cuaca dan meteorology jeffman, suhu udara terendah sebesar 22,4°C dan suhu udara tertinggi sebesar 32,5°C dengan suhu rata – rata 27,4°C. Saat ini kebutuhan listrik dipasok dari 7 unit pembangkit listrik yang terdapat di kalobo, saonek, wagimana, waisai dan kabare dengan kapasitas terpasang saat ini adalah 172 KW.

2.2 Pengertian Matahari

Teori matahari yang sangat populer sampai saat ini tentang proses terjadinya matahari menyatakan matahari terbentuk dari kumpulan awan gas yang dinamasi oleh gas hidrogen. Tingkat awal dari perkembangan bentuk matahari adalah akibat dari adanya proses kontraksi

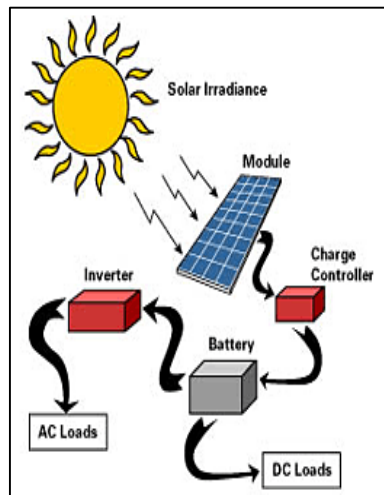
grafitasi dari partikel-partikel gas hidrogen. Terjadinya kontraksi grafitasi dari awan hidrogen tersebut menimbulkan benturan-benturan yang cukup dahsyat dari masing-masing partikel yang mengakibatkan timbulnya kenaikan panas yang cukup tinggi dan berfusi dengan inti hidrogen melepaskan energi. Reaksi fusi pertama dari awal hidrogen merupakan awal dari terjadinya matahari. Matahari adalah bola besar yang terdiri atas materi gas yang sangat panas dengan diameter $1,39 \times 10^9$ m. Kulit luar Matahari memiliki temperatur 5762 K dan temperatur di daerah pusat diperkirakan 8×10^6 - 40×10^6 K. Energi yang dihasilkan dalam pusat matahari pada suhu jutaan derajat harus ditransfer ke permukaan dan kemudian diradiasikan ke ruang angkasa [3].



Gambar 1. Struktur Matahari

2.3 Pembangkit Listrik Tenaga Surya

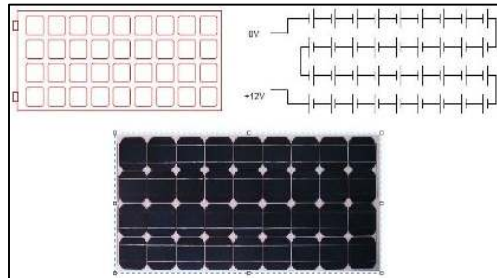
Pembangkit Listrik Tenaga Surya adalah sistem pembangkit listrik yang merubah energi matahari menjadi energi listrik melalui *photovoltaic module*. Sel surya ini dapat menghasilkan energi listrik diambil secara langsung dari matahari tanpa adanya proses pembakaran sehingga sistem pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) ini sering dikatakan energi bersih dan ramah lingkungan. PLTS merupakan salah satu alternatif dari sistem pembangkit untuk daerah yang memang sukar dijangkau jaringan Perusahaan Listrik Negara [2]



Gambar 2. Skema sistem PLTS

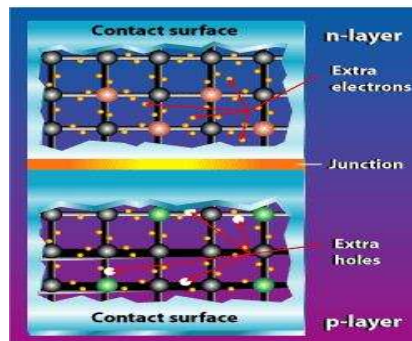
Kata „*photovoltaic*” terdiri dari dua kata yaitu *photo* dan *volta*. *Photo* yang berarti cahaya dan *Volta* berarti unit tegangan listrik. Dengan kata lain, arti *photovoltaic* yaitu proses konversi cahaya matahari secara langsung menjadi listrik. *Solar cell* merupakan elemen aktif (semikonduktor) yang memanfaatkan efek *photovoltaic* untuk mengubah energi surya menjadi energi listrik tanpa penggunaan dari bagian-bagian mekanis yang bergerak dan tanpa penggunaan bahan bakar. *Solar cell* memiliki ketebalan minimum 0,3 mm yang terbuat dari irisan bahan

semikonduktor dengan kutub positif dan negatif. Semikonduktor adalah suatu bahan yang mempunyai sifat konduktor dan isolator yang baik. Silikon berperan sebagai isolator pada temperatur rendah dan sebagai konduktor bila ada energi dan panas. Pada solar *cell* terdapat sambungan (junction) antara dua lapisan tipis yang masing-masing diketahui sebagai semikonduktor jenis “P” (positif) dan semikonduktor jenis “N” (negatif). Semikonduktor jenis N dibuat dari kristal silikon dapat memberikan suatu kelebihan elektron bebas [4].



Gambar 3. *Photovoltaic*

Pada sel PV ini terdiri dari dua layer yaitu layer N dan layer P, dimana layer N ini terdiri dari atom-atom golongan IV (terdiri dari 4 proton, dan 4 elektron) dan atom golongan V. Sedangkan layer P terdiri dari atom golongan IV dan atom golongan III.



Gambar .4: *Junction Antara Semikonduktor Tipe-P Dan Tipe-N*

Proses terbentuknya aliran listrik dimulai dari dalam layer N, dimana di dalam layer N ini atom-atomnya saling melekatkan elektron, sehingga terbentuk banyak sekali pasangan elektron. Kemudian pada saat sel PV ini terkena cahaya matahari, maka sel PV ini menerima energi photon dari cahaya matahari yang akan bergerak di dalam layer N dengan tujuan untuk memindahkan energi dari photon menuju ke electron yang bergerak bebas tersebut. Sehingga dengan adanya pemberian energi dari photon tersebut, maka elektron bebas tersebut mempunyai energi tambahan untuk pindah ke layer P sehingga layer N ini akan bersifat lebih positif karena ada beberapa atom yang memiliki jumlah proton yang lebih besar daripada jumlah electron [4].

2.4 Parameter Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Persamaan yang digunakan untuk mengetahui potensi pembangkit listrik tenaga surya antara lain:

1. Daya output sel photovoltaik P_{out} (Watt)

$$\text{Rumus : } P_{out} = V_{out} \times I_{out}.$$

(1)

Keterangan :

$$P_{out} = \text{daya keluaran photofoltaik (watt)}$$

V_{out} = tegangan operasi (volt)

I_{out} = arus operasi (ampere)

2. Daya masuk sel Photovoltaik P_{in} (Watt)

Rumus : $P_{in} = E \times A$

(2)

Keterangan :

P_{in} = Daya masuk sel photovoltaik (Watt)

E = intensitas radiasi matahari (W/m²)

A = Luas sel photovoltaik (m²)

3. Efisiensi maksimum sel phtofoltaik η_{maks} (%)

Rumus : $\eta_{maks} = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\%$

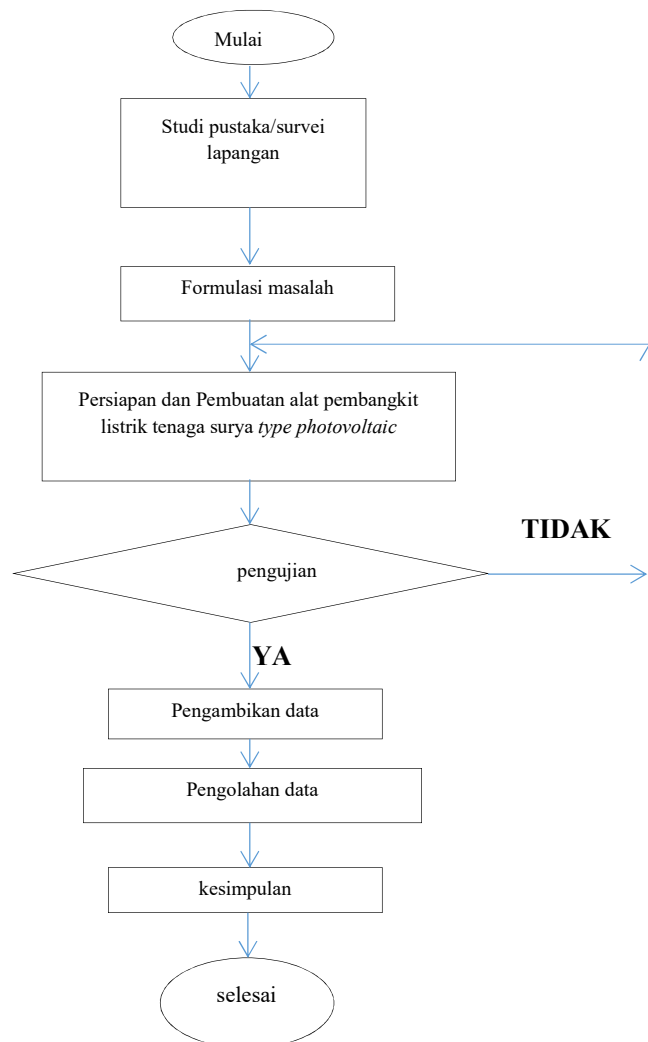
(3)

Keterangan :

η_{maks} = Efisiensi maksimum sel photofoltaik (%)

2.5 Metode Penelitian

Pada dasarnya penelitian ini dilakukan secara eksperimen dengan prosedur tahapan penelitian secara lengkap sebagai berikut:



Gambar 5. Diagram Alir Penelitian

3. PEMBAHASAN

Setelah melakukan seluruh rangkaian penelitian sesuai prosedur di atas maka diperoleh hasil penelitian sebagai berikut:

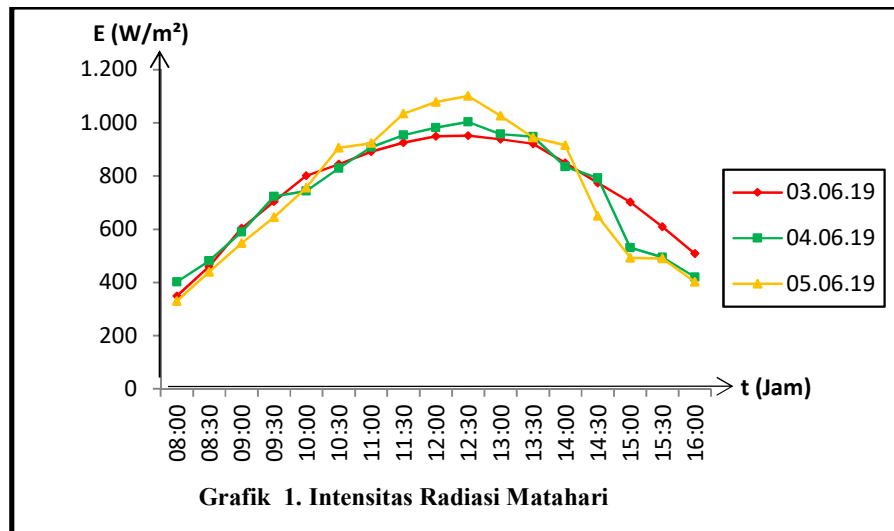
3.1 Intensitas Radiasi Matahari Dan Daya Input Sel Photovoltaik

Matahari merupakan sumber energy utama bagi kebutuhan manusia di mana energy tersebut bisa diperoleh dari panas yang merambat sampai permukaan bumi atau cahaya yang jatuh sampai permukaan bumi. Beberapa penelitian menyatakan bahwa intensitas radiasi matahari dapat dikonversi menjadi energy listrik melalui teknologi photovoltaic atau solar sel sebagai sumber energi listrik untuk konsumsi manusia[5,6].

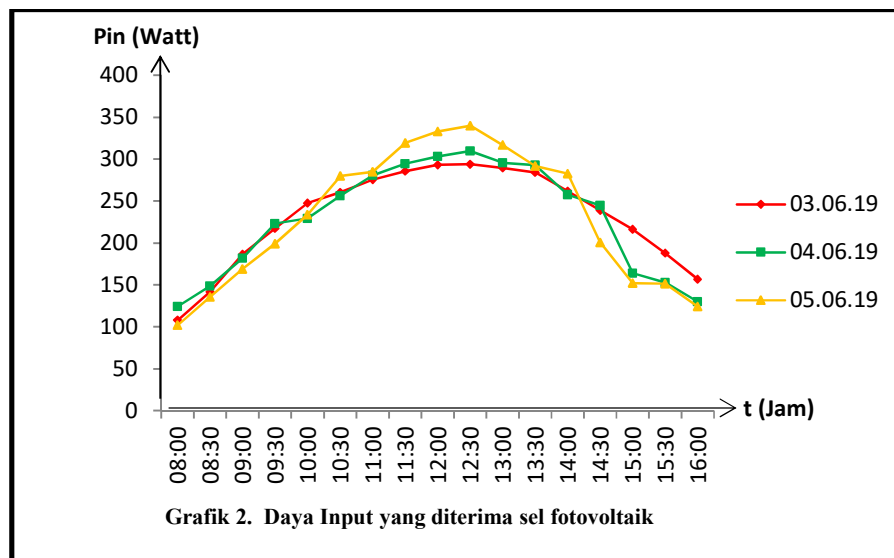
Berdasarkan tabel 1 dan grafik1 menunjukan potensi energi surya di Waisai Kabupaten Raja Ampat Provinsi Papua Barat sangat besar. Intensitas radiasi matahari hampir terjadi sepanjang hari, dan semakin meningkat seiring waktu sampai pada siang hari. Data hasil penelitian menunjukan pada pukul 11.30 Wit s.d 13.00 Wit intensitas radiasi matahari mencapai 1000 W/m^2 bahkan lebih dan intensitas radiasi matahari maksimum diperoleh pada tanggal 5 Juni 2019 pukul 12.30 Wit sebesar 1101.2 W/m^2 . Hasil ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Irawan Rahardjo dan Ira Fitriana dengan judul Analisis Pembangkit Listrik Tenaga Surya Di Indonesia. Bahkan wilayah Papua dan Nusa Tenggara wilayah dinyatakan sebagai wilayah dengan potensi intensitas radiasi matahari terbesar di Indonesia [7,8].

Tabel 1. Intensitas Radiasi Matahari Dan Daya Input Sel Photovoltaik

No	Waktu (t)	T(°C)			E(W/m ²)			Pin(W)		
		03.06.19	04.06.19	05.06.19	03.06.19	04.06.19	05.06.19	03.06.19	04.06.19	05.06.19
1	08:00	26	25	26	349.4	402.3	329.9	107.8598	124.1900	101.8401
2	08:30	27	25	26	459.4	481.7	439.9	141.8168	148.7008	135.7971
3	09:00	28	26	27	603.9	589.7	547.8	186.4239	182.0404	169.1059
4	09:30	29	26	29	703.9	723.5	645.4	217.2939	223.3445	199.2350
5	10:00	30	29	29	801.6	743.1	756.2	247.4539	229.3950	233.4389
6	10:30	31	30	29	843.7	829.9	906.8	260.4564	256.1901	279.9292
7	11:00	31	30	30	892.3	908.5	923.5	275.4530	280.4540	285.0845
8	11:30	32	30	33	925.2	954.4	1034.2	285.6092	294.6233	319.2575
9	12:00	32	32	33	949.7	981.7	1078.2	293.1724	303.0508	332.8403
10	12:30	33	33	33	952.0	1003.3	1101.2	293.8824	309.7187	339.9404
11	13:00	33	32	32	938.4	957.3	1026.2	289.6841	295.5185	316.7879
12	13:30	32	30	32	920.8	948.3	944.7	284.2510	292.7402	291.6289
13	14:00	32	32	31	848.6	835.1	916.0	261.9628	257.7954	282.7692
14	14:30	32	32	31	774.3	792.8	650.0	239.0264	244.7374	200.6550
15	15:00	32	32	31	701.4	531.4	492.6	216.5222	164.0432	152.0656
16	15:30	31	31	28	608.7	495.4	490.8	187.9057	152.9300	151.5100
17	16:00	29	30	28	507.9	420.4	401.6	156.7887	129.7775	123.9739



Daya input pada sel photovoltaik atau sel surya ditunjukkan oleh tabel 1 dan grafik 2, dimana daya input ini merupakan daya yang diterima oleh sel photovoltaik yang dipengaruhi secara langsung oleh intensitas radiasi matahari dan spesifikasi dimensi panjang dan lebar sel photovoltaic digunakan dalam penelitian. Berdasarkan grafik 2 menunjukkan bahwa daya input sel photovoltaik sejak pagi hari hingga siang hari mengalami peningkatan signifikan seiring dengan peningkatan intensitas radiasi matahari. Daya input maksimum sel photovoltaik adalah 339.9404 Watt diperoleh pada pukul 12.30 Wit.



3.2. Daya Output Sel Photovoltaik

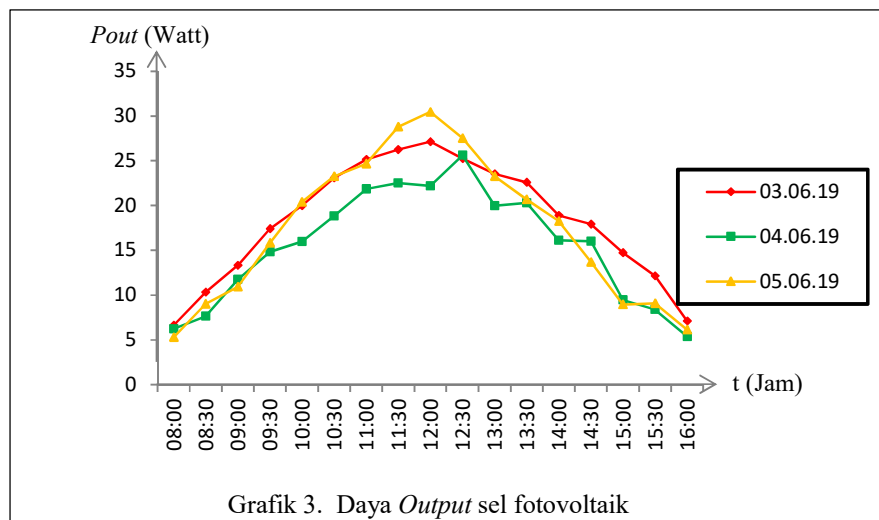
Analisis ini merupakan suatu langkah untuk mengetahui besar daya yang diproduksi oleh sel fotovoltaik (P_{out}) melalui hasil pengukuran tegangan output (V_{out}) dan arus output (I_{out}) fotovoltaik. Daya output merupakan energi listrik yang bersumber dari intensitas radiasi matahari yang dikonversi melalui teknologi photovoltaik [6]. Energi listrik inilah yang dimanfaatkan oleh masyarakat yang menggunakan pembangkit listrik tenaga surya untuk memenuhi kebutuhan listrik sehari-hari. Keunggulan teknologi fotovoltaik adalah mudah dalam instalasi dan *maintenance*, sehingga instalasi atau pemasangan sistem pembangkit listrik tenaga surya ini tidak membutuhkan

waktu lama. Posisi instalasi sel photovoltaic dengan sudut kemiringan ke utara ataupun selatan disebabkan karena letak Indonesia yang berada di sebelah selatan bumi [7,9].

Berdasarkan table 2 menunjukan bahwa daya output sel photovoltaic juga mengalami peningkatan secara signifikan dari pagi hari hingga siang hari sesuai daya input sel photovoltaic dan intensitas radiasi matahari. Daya maksimum photovoltaic diperoleh pada tanggal 5 Juni 2019 pukul 12.00 Wit sebesar 30,4640 Watt.

Tabel 2. Daya Output Sel Photovoltaik

No	Waktu (t)	$I_{out}(A)$			$V_{out}(V)$			$P_{out}(W)$		
		03.06.19	04.06.19	05.06.19	03.06.19	04.06.19	05.06.19	03.06.19	04.06.19	05.06.19
1	08:00	0.66	0.55	0.48	10.04	11.34	11.04	6.6264	6.2370	5.2992
2	08:30	0.92	0.67	0.79	11.23	11.40	11.41	10.3316	7.6380	9.0139
3	09:00	1.22	1.04	0.97	10.92	11.28	11.28	13.3224	11.7312	10.9416
4	09:30	1.48	1.30	1.40	11.77	11.41	11.32	17.4196	14.8330	15.8480
5	10:00	1.67	1.41	1.80	11.96	11.32	11.33	19.9732	15.9612	20.3940
6	10:30	2.02	1.67	2.04	11.47	11.28	11.41	23.1121	18.8376	23.2764
7	11:00	2.23	1.97	2.15	11.28	11.10	11.47	25.1544	21.8670	24.6605
8	11:30	2.34	2.04	2.68	11.22	11.04	10.75	26.2548	22.5216	28.8100
9	12:00	2.34	2.00	2.72	11.60	11.10	11.20	27.1440	22.2000	30.4640
10	12:30	2.34	2.40	2.35	10.79	10.67	11.71	25.2486	25.6080	27.5185
11	13:00	2.19	1.78	2.04	10.75	11.22	11.41	23.5425	19.9716	23.2764
12	13:30	1.97	1.78	1.97	11.47	11.41	10.50	22.5959	20.3098	20.6850
13	14:00	1.77	1.40	1.60	10.67	11.50	11.41	18.8859	16.1000	18.2560
14	14:30	1.57	1.41	1.20	11.41	11.35	11.40	17.9137	16.0035	13.6800
15	15:00	1.29	0.82	0.80	11.41	11.53	11.20	14.7189	9.4546	8.9600
16	15:30	1.10	0.74	0.80	11.04	11.34	11.34	12.1440	8.3916	9.0720
17	16:00	0.61	0.48	0.54	11.65	11.16	11.34	7.1065	5.3568	6.1236



3.3 Efisiensi Sel Photovoltaik

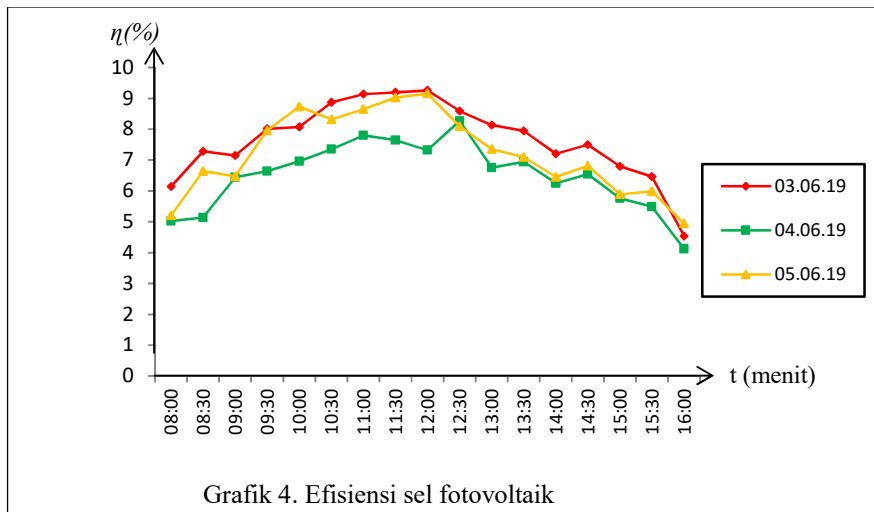
Nilai efisiensi sel photovoltaic merupakan gambaran kemampuan sel photovoltaik mengkonversi energy surya menjadi energy listrik. Prosen perubahan atau konversi energy surya menjadi energy listrik melalui teknolgi photovoltaik dpengaruhi faktor penyerapan intensitas radiasi matahari oleh sel photovoltaik itu sendiri[5,6].

Disamping itu, spesifikasi dan karakteristik sel photovoltaik sangat berpengaruh misalnya dimensi, refleksitas, sifat themodinamika dan sifat konduktor sel photovoltaik. Faktor alam yang juga berpengaruh adalah kecepatan angin dan temperatur udara. Efisiensi maksimum diperoleh pada saat tercapai daya output maksimum sel photovoltaik dimana pada kondisi tersebut sel photovoltaik memiliki kemampuan maksimum memproduksi energi listrik [8].

Pada penelitian ini dengan menggunakan sel photovoltaik jenis *Polycrystalline silicon solar* dengan dimensi 670x530x30mm diperoleh efisiensi yang bervariasi. Tabel 3 dan grafik 4 juga menunjukkan bahwa efisiensi dari pagi hari mengalami peningkatan hingga siang hari dan efisiensi maksimum diperoleh pada pukul 12.00 Wit sebesar 9,26%.

Tabel 3. Efisiensi Sel Photovoltaik

No	Waktu (t)	Pin(W)			Pout(W)			$\eta(\%)$		
		03.06.19	04.06.19	05.06.19	03.06.19	04.06.19	05.06.19	03.06.19	04.06.19	05.06.19
1	08:00	107.8598	124.1900	101.8401	6.6264	6.2370	5.2992	6.14	5.02	5.20
2	08:30	141.8168	148.7008	135.7971	10.3316	7.6380	9.0139	7.29	5.14	6.64
3	09:00	186.4239	182.0404	169.1059	13.3224	11.7312	10.9416	7.15	6.44	6.47
4	09:30	217.2939	223.3445	199.2350	17.4196	14.8330	15.8480	8.02	6.64	7.95
5	10:00	247.4539	229.3950	233.4389	19.9732	15.9612	20.3940	8.07	6.96	8.74
6	10:30	260.4564	256.1901	279.9292	23.1121	18.8376	23.2764	8.87	7.35	8.32
7	11:00	275.4530	280.4540	285.0845	25.1544	21.8670	24.6605	9.13	7.80	8.65
8	11:30	285.6092	294.6233	319.2575	26.2548	22.5216	28.8100	9.19	7.64	9.02
9	12:00	293.1724	303.0508	332.8403	27.1440	22.2000	30.4640	9.26	7.33	9.15
10	12:30	293.8824	309.7187	339.9404	25.2486	25.6080	27.5185	8.59	8.27	8.10
11	13:00	289.6841	295.5185	316.7879	23.5425	19.9716	23.2764	8.13	6.76	7.35
12	13:30	284.2510	292.7402	291.6289	22.5959	20.3098	20.6850	7.95	6.94	7.09
13	14:00	261.9628	257.7954	282.7692	18.8859	16.1000	18.2560	7.21	6.25	6.46
14	14:30	239.0264	244.7374	200.6550	17.9137	16.0035	13.6800	7.49	6.54	6.82
15	15:00	216.5222	164.0432	152.0656	14.7189	9.4546	8.9600	6.80	5.76	5.89
16	15:30	187.9057	152.9300	151.5100	12.1440	8.3916	9.0720	6.46	5.49	5.99
17	16:00	156.7887	129.7775	123.9739	7.1065	5.3568	6.1236	4.53	4.13	4.94



4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil yang diperoleh pada penelitian ini penulis dapat mengambil kesimpulan bahwa pemanfaatan pembangkit listrik tenaga surya type photovoltaic di Waisai Kabupaten Raja Ampat sangat baik. Data empiris potensi pembangkit listrik tenaga surya dinyatakan sebagai berikut:

- Intensitas radiasi maksimum $E_{maks} = 1101.2 \text{ W/m}^2$
- Daya input sel photovoltaik $P_{in} = 339,9404 \text{ Watt}$
- Daya output sel photovoltaik $P_{out} = 30,46640 \text{ Watt}$.
- Efisiensi maksimum mencapai $\eta_{maks} = 9,26\%$.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Direktorat Jenderal Listrik Dan Pemanfaatan Energi Kementerian ESDM tahun 2017 (www.esdm.go.id diakses 17 Mei 2018).
- [2] Boedoyo, Mohamad Sidik. "Potensi dan Peranan PLTS Sebagai Energi Alternatif Masa Depan di Indonesia." *Jurnal Sains dan Teknologi Indonesia* 14.2 (2013).
- [3] Septiadi, Deni, et al. "Proyeksi Potensi Energi Surya Sebagai Energi Terbarukan (Studi Wilayah Ambon dan Sekitarnya)." *Jurnal Meteorologi dan Geofisika* 10.1 (2016)
- [4] Ardiatama, Mochamad Wahyu, and Imam Abadi. "Perancangan Sistem Penjejak Matahari Dua Sumbu Dengan Metode Active Tracking Menggunakan Kontrol Fuzzy Tipe-2 Interval." *Jurnal Teknik ITS* 7.1 (2018):78-83
- [5] Hasibuan, Alaudin Riyadshah. *Efisiensi Output Panel Surya Terhadap Perubahan Temperatur Menggunakan Simulasi Cahaya Lampu Sebagai Sumber Cahaya Pengganti Matahari*. Diss. 2019.
- [6] Subekti Yuliananda, Gede Surya, RA Retno Hastijanti. "Pengaruh Perubahan Intensitas Matahari Terhadap Daya Keluaran Panel Surya." *Jurnal Pengabdian LPPM Untag Surabaya* November 2015, Vol.01, No.02 Hal 193-202)
- [7] Hasan, Hasnawiya. "perancangan pembangkit listrik tenaga surya di pulau Saugi." *Jurnal Riset dan Teknologi Kelautan* 10.2 (2012): 169-180).
- [8] Rohana, Rohana, and Zulfikar Zulfikar. "OPTIMALISASI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA UNTUK MENINGKATKAN KAPASITAS DAYA LISTRIK." *Kumpulan Penelitian dan Pengabdian Dosen* 1, no. 1 (2018).
- [9] Wibawa, Unggul, and Andy Darmawan. "Penerapan Sistem Photovoltaik Sebagai Suplai Listrik Beban Pertanian" *Jurnal EECCIS* 2.1 (2012):26-37.