

Potensi Pantai Sine Kabupaten Tulungagung Sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

The Potential of Sine Beach Tulungagung Regency as a Solar Power Plant

Geston Bakti Muntoha¹, Dian Septi Nur Affiah², Diesty Hayuhantika³

^{1,2,3} Magister Pendidikan Matematika, Universitas Bhinneka PGRI

JL. Mayor Sujadi Timur No. 7 Tulungagung

Informasi Makalah

Dikirim, 27 Oktober 2023
Diterima, 14 November 2023
Diterbitkan, 14 Desember 2023

Kata Kunci:

Energi
PLTS
Aplikasi
Simulasi

Keyword:

Energy
Solar Power Plant
Application
Simulation

INTISARI

Salah satu potensi pemanfaatan energi terbarukan yaitu dengan membangun sistem pembangkit listrik tenaga surya pada area lahan terbuka seperti di wilayah Kabupaten Tulungagung yang memiliki 23 pantai yang salah satunya Pantai Sine. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis potensi energi yang dihasilkan oleh pembangkit listrik tenaga surya apabila dibangun pada lokasi area lahan terbuka di Pantai Sine, Kabupaten Tulungagung dengan menggunakan software simulasi yaitu Helioscope, PV Watts, dan Global Solar Atlas. Kapasitas sistem pembangkit listrik tenaga surya yang dapat dibangun berdasarkan hasil simulasi 3 software adalah sebesar 131.200 Wp atau setara 131,2 kWp. Potensi energi yang dapat dihasilkan oleh pembangkit listrik tenaga surya berdasarkan hasil simulasi Helioscope sebesar 173.248,9 kWh/tahun setara dengan 173,2489 MWh/tahun, PVWatts sebesar 172.714,0 kWh/tahun setara dengan 172,7140 MWh/tahun, dan Global Solar Atlas sebesar 204.164,2 kWh/tahun setara dengan 204,1642 MWh/tahun. Rerata hasil potensi produksi energi bulanan menggunakan aplikasi Helioscope sebesar 14.437,4 kWh, PVWatts sebesar 14.392,8 kWh dan Global Solar Atlas sebesar 17.013,7 kWh. Secara keseluruhan potensi produksi energi listrik yang dapat dihasilkan oleh PLTS apabila dibangun pada area lahan terbuka di Pantai Sine Kabupaten Tulungagung berkisar pada rentang antara 170.000-200.000 kWh/tahun atau 170-200 MWh/tahun dengan rerata potensi produksi energi listrik bulanan PLTS berkisar pada rentang sebesar 14.000-17.000 kWh.

ABSTRACT

One of the potential uses of renewable energy is to build a solar power generation system on open land areas such as in the Tulungagung Regency area which has 23 beaches, one of which is Sine Beach. The purpose of this study is to analyze the potential energy produced by solar power plants when built on the location of open land areas in Sine Beach, Tulungagung Regency using simulation software, namely Helioscope, PV Watts, and Global Solar Atlas. The capacity of the solar power plant system that can be built based on the results of 3 software simulations is 131,200 Wp or equivalent to 131.2 kWp. The potential energy that can be produced by solar power plants based on the results of Helioscope simulations is 173,248.9 kWh/year equivalent to 173.2489 MWh/year, PVWatts is 172,714.0 kWh/year equivalent to 172.7140 MWh/year, and Global Solar Atlas is 204,164.2 kWh/year equivalent to 204.1642 MWh/year. The average monthly energy production potential using the Helioscope application is 14,437.4 kWh, PVWatts is 14,392.8 kWh and Global Solar Atlas is 17,013.7 kWh. Overall, the potential for electrical energy production that can be produced by solar power plants if built on open land areas on Sine Beach, Tulungagung Regency ranges from 170,000-200,000 kWh/year or 170-200 MWh/year with the average monthly electrical energy production potential of PLTS ranging from 14,000-17,000 kWh.

Korespondensi Penulis:

Geston Bakti Muntoha
 Magister Pendidikan Matematika
 Universitas Bhinneka PGRI
 Jl. Mayor Sujadi Timur No. 7 Tulungagung
 Email : geston.bakti.m@mail.ugm.ac.id

1. PENDAHULUAN

Indonesia memiliki potensi tenaga surya yang besar karena terletak di kawasan tropis dengan intensitas sinar matahari yang tinggi sepanjang tahun [1]. Namun, pemanfaatan tenaga surya di Indonesia masih relatif rendah jika dibandingkan dengan negara-negara lain di dunia. Hambatan utama yang dihadapi adalah biaya yang masih cukup tinggi untuk instalasi panel surya dan infrastruktur pendukungnya [2]. Meskipun demikian, pemerintah Indonesia telah berkomitmen untuk meningkatkan penggunaan energi terbarukan termasuk tenaga surya. Pada tahun 2019, Presiden Joko Widodo menargetkan agar 23% dari kebutuhan energi nasional dihasilkan dari sumber energi terbarukan pada tahun 2025.

Beberapa program pemerintah untuk mendorong penggunaan tenaga surya di Indonesia antara lain:

1. Program pemasangan panel surya di rumah-rumah yang dikenakan subsidi dari pemerintah.
2. Penggunaan panel surya di perumahan dan gedung-gedung perkantoran.
3. Dukungan pemerintah dalam investasi pembangunan instalasi panel surya.
4. Pengembangan teknologi energi surya yang lebih efisien dan terjangkau.

Dengan meningkatnya kesadaran masyarakat dan dukungan pemerintah, potensi tenaga surya di Indonesia diharapkan lebih termanfaatkan dan berkontribusi pada keberlanjutan energi dimasa depan khususnya disektor energi listrik. Energi listrik di Kabupaten Tulungagung konsumsinya pada tahun 2018-2020 mengalami peningkatan. Konsumsi energi listrik pada tahun 2020 sebesar 572,007 GWh yaitu sektor rumah tangga, industri, usaha sosial, gedung kantor dan penerangan jalan umum. Konsumsi energi di Kabupaten Tulungagung pada sektor gedung perkantoran pada tahun 2020 mencapai 22,141 GWh [3]. Energi listrik di Kabupaten Tulungagung pasokannya disalurkan dengan jaringan interkoneksi Jawa-Madura-Bali karena tidak terdapat pembangkit listrik yang dapat memenuhi kebutuhan listrik di Kabupaten Tulungagung. Energi yang disalurkan pada jaringan interkoneksi umumnya bersumber dari batubara [3]. Oleh sebab itu energi pengganti bahan bakar fosil sangat dibutuhkan oleh manusia kedepannya. Komponen Energi terbarukan di Indonesia yaitu Mikro Hidro 0,41%, Biomassa 2,71%, Surya 0,09% dan Hibrid 0,01% [4].

Pemanfaatan energi terbarukan dengan mengoptimalkan energi surya dapat diterapkan didaerah perkotaan khususnya pada gedung-gedung perkantoran. Sektor bangunan hingga 40% dari total energi tahunan [5]. Energi surya adalah salah satu energi yang berpotensi untuk dikembangkan di Indonesia karena letak Indonesia yang berada pada garis khatulistiwa. Energi surya yang mampu dibangkitkan di seluruh daratan Indonesia adalah 4,8 kWh/m²/hari atau setara dengan 112.000 GWp [6]. Menurut data Dinas Kebudayaan dan Pariwisata Kabupaten Tulungagung, jumlah pantai di Kabupaten Tulungagung sebanyak 23 pantai yang tersebar di 4 kecamatan mulai dari Kecamatan Kalidawir, Kecamatan Besuki, Kecamatan Tanggunggunung, dan Kecamatan Pucanglaban. Pantai-pantai tersebut memiliki luasan area lahan terbuka yang belum dimanfaatkan dan memiliki potensi untuk pembangunan lebih lanjut.

Salah satu potensi pemanfaatan energi terbarukan yaitu dengan membangun PLTS diatas lahan terbuka yang belum dimanfaatkan salah satunya yaitu di Pantai Sine. Tujuan penelitian ini untuk menganalisis potensi energi yang dihasilkan oleh PLTS apabila dibangun pada lokasi tersebut menggunakan *software* simulasi Helioscope, PV Watts, dan Global Solar Atlas jika dibangun pada lahan terbuka di Pantai Sine, Kabupaten Tulungagung [7].

Pada sistem pembangkit listrik tenaga surya (PLTS), terdapat beberapa persamaan untuk menghitung atau menentukan parameter-parameter terkait dengan sistem tersebut diantaranya adalah untuk menghitung luas panel surya seperti persamaan 1 [8].

$$A = (P / \eta) / I \quad (1)$$

- A : Luas panel surya (m²)
 P : Daya total yang dibutuhkan (W)
 η : Efisiensi panel surya (%)
 I : Intensitas radiasi matahari (W/ m²)

Dengan daya yang dihasilkan oleh panel surya dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2 seperti dibawah ini [8]:

$$P = A \times \eta \times I \quad (2)$$

- P : Daya yang dihasilkan (W)
 A : Luas panel surya (m²)

- η : Efisiensi panel surya (%)
 I : Intensitas radiasi matahari (W/m^2)

Potensi energi harian yang dihasilkan oleh panel surya juga dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan 3 seperti dibawah ini [8]:

$$E = P \times H \times AF \quad (3)$$

- E : Potensi energi total (kWh)
 P : Daya yang dihasilkan oleh PLTS (kW)
 H : Jam sinar matahari (jam)
 AF : Faktor area atau *system losses* (%)

2. METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan pada bulan Maret di Pantai Sine, Kabupaten Tulungagung Provinsi Jawa Timur. Pantai Sine merupakan salah satu pantai yang terdapat di Kabupaten Tulungagung. Pantai ini terletak pada *latitude* atau garis lintang $8^{\circ}17'23''S$ dan *longitude* atau garis bujur $111^{\circ}56'07''E$.



Gambar 5. Lokasi Pantai Sine Kabupaten Tulungagung Pada Google Earth [9].

Alat dan bahan yang dibutuhkan untuk perancangan antara lain:

- Komputer yang telah memiliki *software* Google Earth;
- Komputer yang telah memiliki *software* Helioscope, PVWatts Calculator, dan Global Solar Atlas;
- Data referensi terkait jumlah pantai di Kabupaten Tulungagung;
- Data referensi terkait spesifikasi modul panel surya dan *inverter*;
- Data referensi titik koordinat satelit lokasi Pantai Sine Kabupaten Tulungagung.

Tahapan metode penelitian adalah sebagai berikut :

1. Melakukan observasi lapangan pada Pantai Sine, Kabupaten Tulungagung Provinsi Jawa Timur untuk mengetahui kondisi area lahan yang berpotensi menjadi lokasi PLTS, letak secara geografis serta mengumpulkan data-data yang menunjang penelitian termasuk paling penting adalah data koordinat satelit lokasi tersebut karena akan sangat dibutuhkan pada saat input titik lokasi pada *software* simulasi.
2. Menentukan dan menghitung luasan area lahan terbuka yang memiliki potensi pada Pantai Sine untuk penempatan modul panel surya menggunakan HelioScope, dimana pada HelioScope telah terhubung langsung dengan Google Earth dan juga menggunakan aplikasi yang berbeda yaitu PVWatts, dan Global Solar Atlas.
3. Menentukan banyaknya modul panel surya yang dapat dipasang pada area lahan terbuka di Pantai Sine Kabupaten Tulungagung dan daya yang diperoleh atau dalam hal ini kapasitas dari sistem pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) tersebut.
4. Melakukan simulasi dengan menggunakan HelioScope, PVWatts, dan Global Solar Atlas untuk menentukan potensi produksi energi dari sistem PLTS pada area lahan terbuka di Pantai Sine Kabupaten Tulungagung.
5. Mengetahui hasil potensi produksi energi total dan potensi produksi energi bulanan yang diperoleh berdasarkan hasil simulasi dengan menggunakan 3 *software* yang berbeda lalu membandingkannya.

Flowchart tahapan metode penelitian ditunjukkan pada Gambar 6 berikut ini:



Gambar 6. Flowchart penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Simulasi Helioscope

Untuk mengetahui potensi daya listrik optimal yang mampu dihasilkan dari PLTS yang dibangun pada lahan terbuka di Pantai Sine Kabupaten Tulungagung, maka yang perlu dilakukan yaitu menentukan lokasi area yang dapat dimanfaatkan sebagai lokasi modul panel surya. Lokasi area dan penempatan modul panel surya dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Area lahan terbuka yang dapat dimanfaatkan sebagai lokasi pemasangan panel surya [10]

Pada Gambar 7, dapat dilihat bahwa bagian yang berwarna biru merupakan luasan area yang berpotensi sebagai tempat PLTS dibangun atau tempat panel surya dengan ukuran area yaitu $26,0 \times 43,3\text{m}$ dan luas sebesar $1.125,8\text{m}^2$. Setelah mengetahui luasan area yang berpotensi sebagai tempat PLTS pada Pantai Sine Kabupaten Tulungagung, simulasi produksi energi listrik dengan menggunakan HelioScope dapat dilakukan. Pada simulasi ini, diperlukan data masukan dari dua komponen fotovoltaik, yaitu modul panel surya dan *inverter*. Pemilihan modul surya bergantung pada ketersediaan modul surya pada database HelioScope. Modul surya yang dipilih dalam simulasi ini yaitu Trina Solar, TSM-DE15H(II) (400W) yang diproduksi oleh Trina Solar. Modul panel surya Trina Solar dipilih karena merupakan jenis panel surya *monocrystalline* yang cocok untuk kondisi lokasi. STC (*standart test condition*) adalah standar untuk mengukur kinerja maksimal suatu panel surya pada suatu kondisi seragam sehingga memungkinkan untuk melakukan perbandingan seragam pada panel surya baik pada produsen yang sama atau berbeda. NMOT (*nominal module operating temperature*)

didefinisikan sebagai suhu operasi yang dicapai oleh modul panel surya dalam kondisi tertentu atau kondisi yang telah ditentukan [11]. Spesifikasi modul surya dapat dilihat pada Tabel 1 [12].

Tabel 1. Spesifikasi panel surya Trina Solar, TSM-DE15H(II) (400W).

Trina Solar, TSM-DE15H(II)	STC	NMOT
<i>Maximum Power (Pmax)</i>	400 Wp	302 Wp
<i>Maximum Power Voltage (Vmp)</i>	41.1 V	38.9 V
<i>Maximum Power Current (Imp)</i>	9.74 A	7.76 A
<i>Open-circuit Voltage (Voc)</i>	50.4 V	47.4 V
<i>Short-circuit Current (Isc)</i>	10.18 A	8.21 A
<i>Module Efficiency STC</i>	19.70 %	
<i>Nominal Module Operating temperature (NMOT)</i>	41±3°C	
<i>Irradiance</i>	1000 W/m ²	800 W/m ²

Pemilihan *inverter* disesuaikan dengan kapasitas mendekati kapasitas terpasang PLTS (Tabel 1). *Inverter* yang digunakan yaitu *inverter* Sunny Tripower, karena *inverter* ini memiliki produksi energi yang efisiensinya tinggi, fleksibilitas desain yang baik, dan kompatibilitas dengan banyak modul panel surya. *Inverter* Sunny Tripower yang digunakan pada simulasi ini adalah Sunny Tripower 24000TL-US dengan spesifikasi *inverter* yang dapat dilihat pada Tabel 2 [13].

Tabel 2. Spesifikasi *Inverter* Sunny Tripower 24000TL-US

Spesifikasi	
Karakteristik	Sunny Tripower 24000TL-US
<i>Max. DC power</i>	36000 Wp
<i>Max. input voltage</i>	1000 V
<i>MPP voltage range / rated input voltage</i>	150 V – 1000 V/450 V - 800 V
<i>Min. input voltage /initial input voltage</i>	150 V / 188 V
<i>Max. input current per string input A / input B</i>	66 A / 33 A
<i>Rated power (@230 V, 50 Hz)</i>	24000 W
<i>Max. apparent AC power</i>	24000 VA
<i>Max. efficiency</i>	98.5 %

Berdasarkan hasil simulasi, jumlah modul yang diperlukan pada area lahan terbuka di Pantai Sine Kabupaten Tulungagung adalah sebanyak 328 modul dengan spesifikasi kapasitas modul sebesar 400 Wp, sehingga kapasitas terpasang sebesar 131.200 Wp atau setara dengan 131,2 kWp dengan jumlah *inverter* terpasang sebanyak 5 unit dengan kapasitas *inverter* 24.000 W.

Setelah mengetahui jumlah modul, *inverter* dan potensi daya terpasang, maka selanjutnya dapat diketahui produksi energi yang mampu dihasilkan dari PLTS tersebut dengan HelioScope. Potensi energi yang

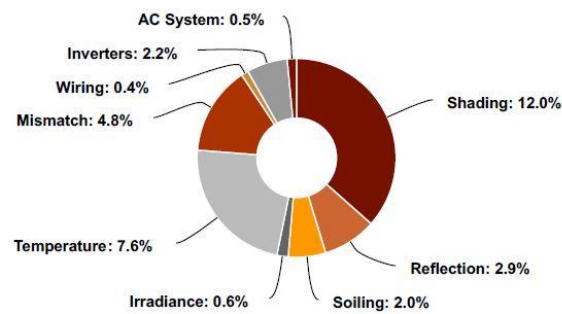
dihasilkan dari fotovoltaik dapat dilihat pada Tabel 3 serta faktor-faktor yang menyumbang pengurangan potensi energi (*system loss*) dapat pula dilihat pada Gambar 8.

Tabel 3. Hasil simulasi Helioscope produksi energi fotovoltaik PLTS yang terdapat pada lahan terbuka di Pantai Sine Kabupaten Tulungagung.

Parameter Titik Output Energi	Energi (kWh/tahun)
<i>Nameplate</i>	204.230,3
<i>Output at Irradiance level</i>	202.992,3
<i>Output at Cell Temperature Derate</i>	187.600,4
<i>Output After Mismatch</i>	178.675,9
<i>Optimal DC Output</i>	177.995,4
<i>Constrained DC Output</i>	177.995,2
<i>Inverter Output</i>	174.119,4
<i>Energy to Grid</i>	173.248,8
<i>System Performance Ratio</i>	71,1%

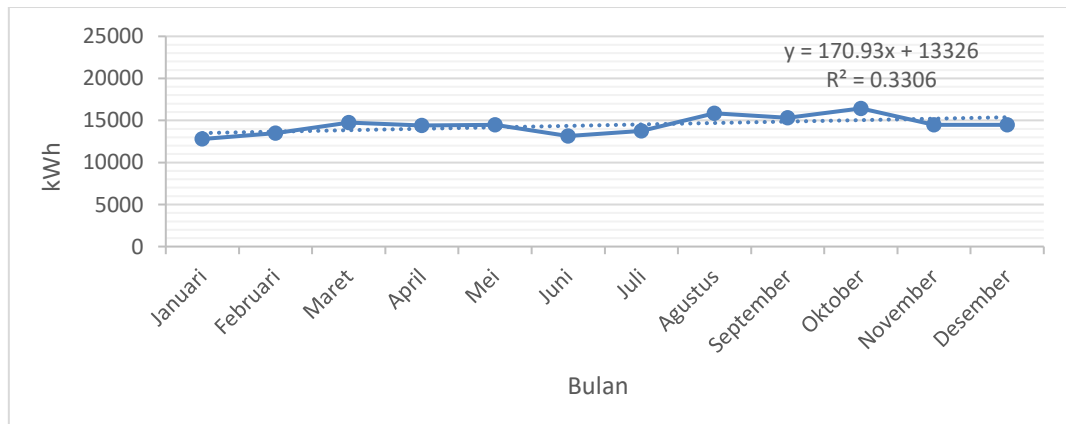
Tabel 4. Hasil simulasi produksi energi bulanan PLTS pada aplikasi Helioscope.

Bulan	Potensi Produksi Energi (kWh) Helioscope
Januari	12789,3
Februari	13470,1
Maret	14729,7
April	14387,5
Mei	14472,1
Juni	13129,1
Juli	13737,3
Agustus	15838,4
September	15301,7
Oktober	16433,1
November	14484,6
Desember	14476
Rerata	14437,4



Gambar 8. Hasil simulasi faktor-faktor yang menyumbang pengurangan potensi energi (*system loss*) dalam persen.

Berdasarkan Tabel 3, total potensi energi yang dihasilkan dari PLTS yang berlokasi di Pantai Sine Kabupaten Tulungagung sebesar 173.248,8 kWh/tahun atau setara dengan 173,2488 MWh/tahun dengan hasil simulasi potensi produksi energi bulanan PLTS nampak pada Gambar 9 serta data hasil potensi energi bulanan dapat dilihat pada tabel 4 dengan rerata hasil potensi energi PLTS sebesar 14.437,4 kWh/bulan dan hasil terbesar terdapat pada bulan oktober yaitu sebesar 16.433,1 kWh dan terkecil pada bulan januari yaitu sebesar 12.789,3 kWh dengan *system performance ratio* sebesar 71,1%. Total potensi energi yang dihasilkan tersebut semakin berkurang dari spesifikasi pada *nameplate* keseluruhan komponen dengan faktor-faktor yang menyumbang pengurangan potensi energi atau dalam hal ini disebut *system loss* yang terlihat pada gambar 8. Penyumbang terbesar yaitu faktor *shading* atau bayangan yang mengurangi cahaya matahari untuk menyinari panel surya yaitu sebesar 12% dan faktor *temperature* atau suhu sebesar 7,6% sedangkan penyumbang terkecil yaitu *wiring* dan *AC system* yang masing-masing sebesar 0,4% dan 0,5%.



Gambar 9. Grafik Hasil Simulasi Helioscope Potensi Produksi Energi Bulanan PLTS

3.2. Hasil Simulasi PVWatts

Langkah awal untuk mengetahui potensi energi pada PLTS yang terdapat pada lahan terbuka di Pantai Sine Kabupaten Tulungagung menggunakan metode simulasi dengan aplikasi PVWatts yaitu menentukan titik lokasi yang kemudian menentukan kapasitas PLTS. Gambar titik lokasi yang ditentukan pada PVWatts sesuai dengan Gambar 9.

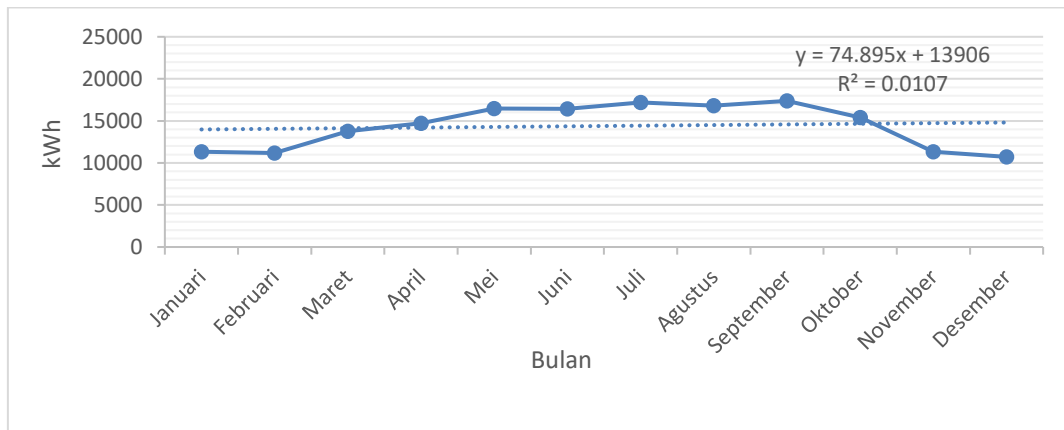


Gambar 10. Titik lokasi PLTS pada aplikasi PVWatts [14].

Berdasarkan hasil simulasi, kapasitas total modul panel surya yang terpasang sebesar 131.200 Wp atau setara dengan 131,2 kWp dengan total potensi energi yang dihasilkan dari PLTS yang berlokasi di Pantai Sine Kabupaten Tulungagung sebesar 172.714 kWh/tahun atau setara dengan 173,714 MWh/tahun serta hasil simulasi potensi produksi energi bulanan PLTS nampak pada Gambar 11. serta data hasil potensi energi bulanan dapat dilihat pada tabel 5 dengan rerata hasil potensi energi PLTS sebesar 14.392,8 kWh/bulan hasil terbesar terdapat pada bulan september yaitu sebesar 17.376 kWh dan terkecil pada bulan februari yaitu sebesar 11.177 kWh. Pengurangan potensi energi atau dalam hal ini disebut *system loss* berdasarkan hasil simulasi yaitu sebesar 29,03%.

Tabel 5. Hasil simulasi produksi energi bulanan PLTS pada aplikasi PVWatts

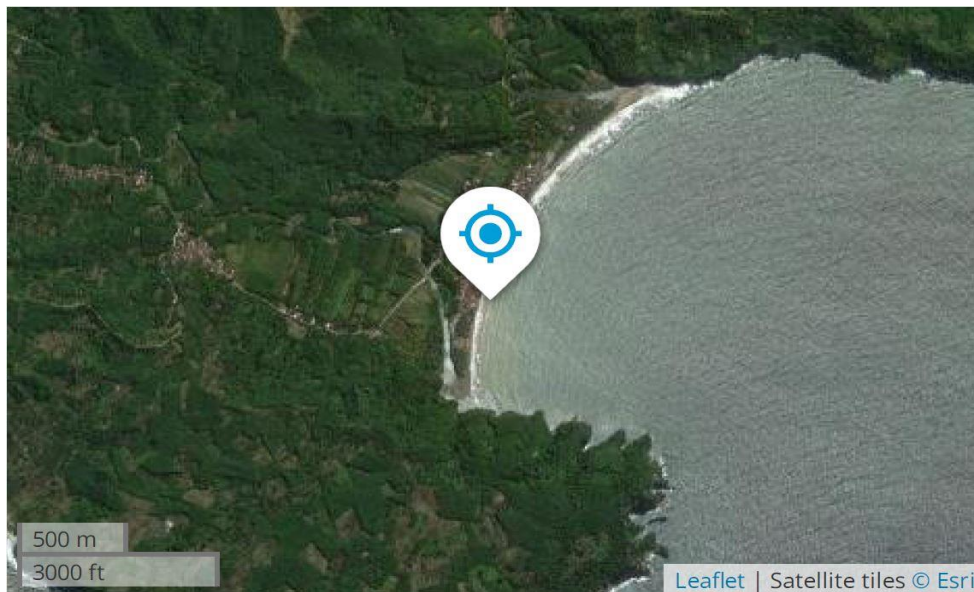
Bulan	Potensi Produksi Energi (kWh)
	PVWatts
Januari	11323
Februari	11177
Maret	13753
April	14724
Mei	16453
Juni	16444
Juli	17202
Agustus	16796
September	17376
Oktober	15420
November	11328
Desember	10718
Rerata	14392,8



Gambar 11. Grafik Hasil Simulasi PVWatts Potensi Produksi Energi Bulanan PLTS

3.3. Hasil Simulasi Global Solar Atlas

Untuk mengetahui potensi energi pada PLTS yang terdapat pada lahan terbuka di Pantai Sine Kabupaten Tulungagung menggunakan metode simulasi dengan aplikasi Global Solar Atlas yaitu menentukan titik lokasi yang kemudian menentukan kapasitas PLTS. Gambar titik lokasi yang ditentukan pada Global Solar Atlas sesuai dengan Gambar 12.

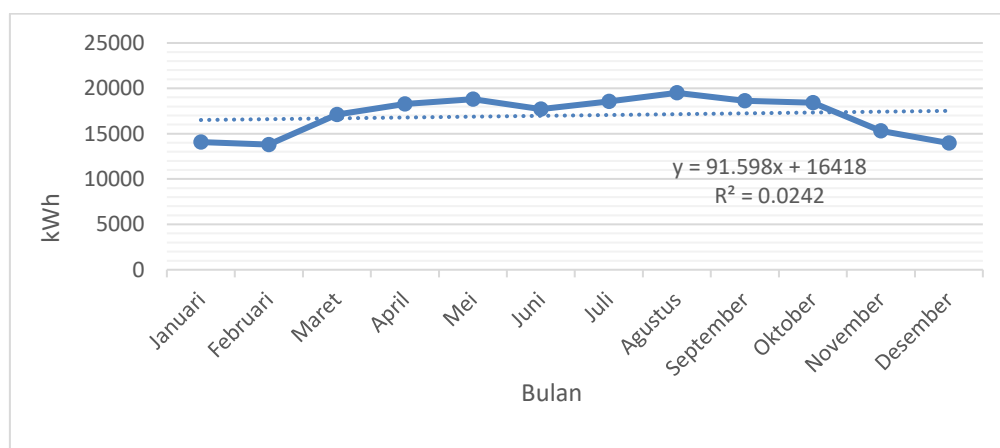


Gambar 12. Titik lokasi PLTS pada aplikasi Global Solar Atlas [15].

Berdasarkan hasil simulasi, kapasitas total modul panel surya yang terpasang sebesar 131.200 Wp atau setara dengan 131,2 kWp dengan total potensi energi yang dihasilkan dari PLTS yang berlokasi di Pantai Sine Kabupaten Tulungagung sebesar 204.164 kWh/tahun atau setara dengan 204,164 MWh/tahun serta hasil simulasi potensi produksi energi bulanan PLTS nampak pada Gambar 13 serta data hasil potensi energi bulanan dapat dilihat pada tabel 6 dengan rerata hasil potensi energi PLTS sebesar 17.013,7 kWh/bulan hasil terbesar terdapat pada bulan agustus yaitu sebesar 19.502,5 kWh dan terkecil pada bulan februari yaitu sebesar 13.800 kWh.

Tabel 6. Hasil simulasi produksi energi bulanan PLTS pada aplikasi Global Solar Atlas

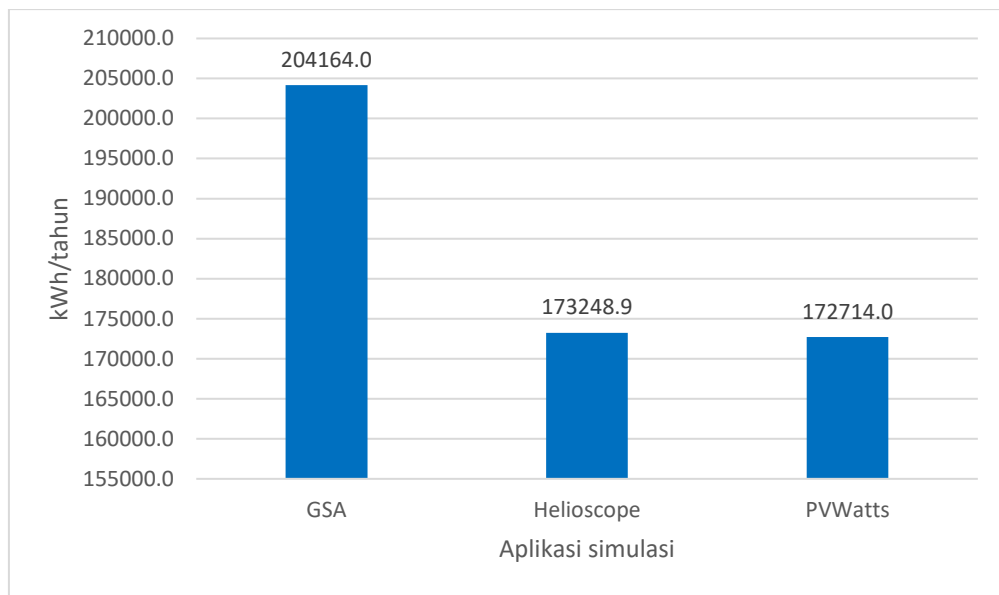
Bulan	Potensi Produksi Energi (kWh)
	GSA
Januari	14061,5
Februari	13800
Maret	17119,8
April	18282,1
Mei	18813,7
Juni	17726,6
Juli	18545,7
Agustus	19502,5
September	18629,4
Oktober	18398,7
November	15314
Desember	13970,3
Rerata	17013,7



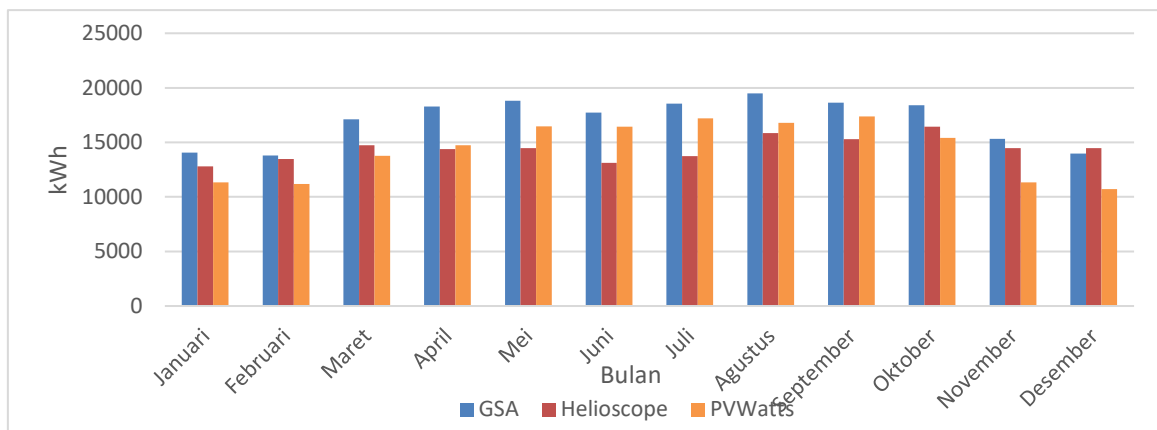
Gambar 13. Grafik Hasil Simulasi Global Solar Atlas Potensi Produksi Energi Bulanan PLTS

3.4. Perbandingan Hasil Simulasi

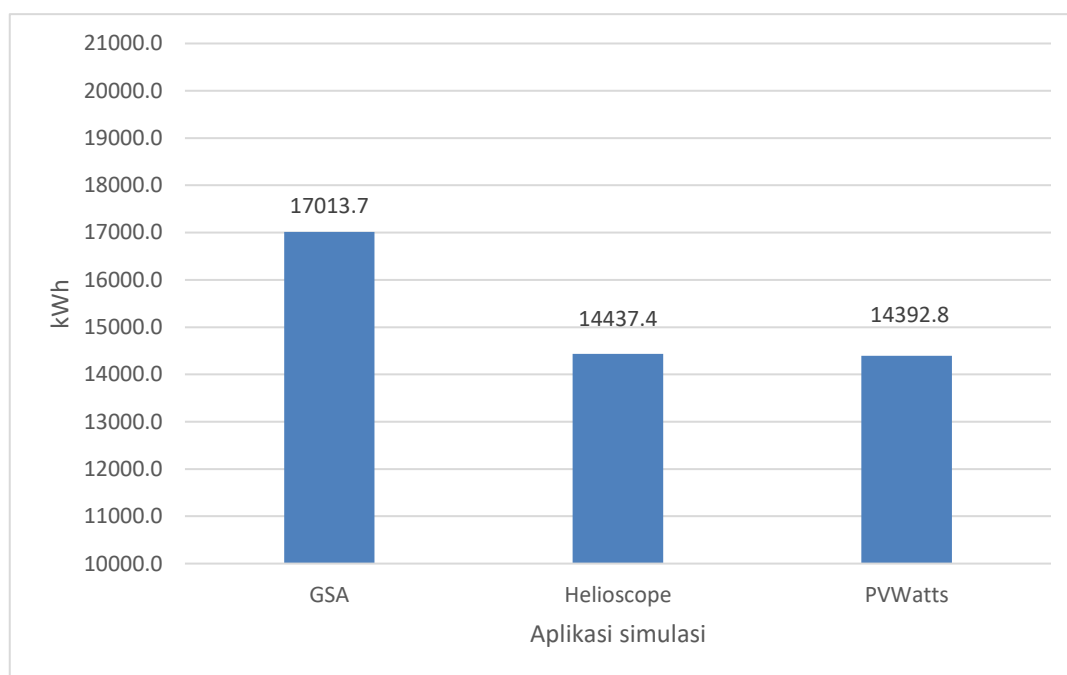
Berdasarkan hasil simulasi dengan kapasitas modul panel surya terpasang yang sama yaitu sebesar 131.200 Wp atau setara dengan 131,2 kWp pada ketiga aplikasi yang berbeda yaitu Helioscope, PVWatts, dan Global Solar Atlas menunjukkan perbedaan terhadap hasil potensi produksi energi PLTS seperti ditunjukkan pada Gambar 14, dimana hasil simulasi menggunakan aplikasi Global Solar Atlas memiliki hasil tertinggi untuk potensi energi total PLTS yaitu sebesar 204.164 kWh/tahun berbeda dengan hasil dari Helioscope dan PVWatts yang masing-masing sebesar 173.248,8 kWh/tahun dan 172.714 kWh/tahun, sedangkan hasil simulasi potensi produksi bulanan PLTS dapat dilihat pada Gambar 14 yang mana pada bulan Januari hingga November hasil tertinggi diperoleh dari hasil simulasi dengan menggunakan aplikasi Global Solar Atlas. Hasil dengan menggunakan aplikasi Global Solar Atlas dengan rerata hasil potensi produksi energi bulanan PLTS sebesar 17.013,7 kWh tersebut memiliki perbedaan rerata hasil simulasi potensi produksi energi bulanan PLTS yang cukup signifikan perbedaannya dibanding dengan Helioscope yang sebesar 14.437,4 kWh dan PVWatts sebesar 14.392,8 kWh yang dapat dilihat pada Gambar 15.



Gambar 14. Grafik Potensi Energi Total PLTS



Gambar 15. Grafik Perbandingan Hasil Simulasi Potensi Produksi Energi Bulanan PLTS



Gambar 16. Grafik Rerata Hasil Simulasi Potensi Produksi Energi Bulanan PLTS

4. KESIMPULAN

Hasil penelitian dengan hasil simulasi menggunakan 3 aplikasi berbeda yaitu Helioscope, PVWatts, dan Global Solar Atlas adalah kapasitas sistem PLTS yang dapat dibangun pada lahan terbuka di Pantai Sine Kabupaten Tulungagung pada ketiga aplikasi sama yaitu sebesar 131.200 Wp atau setara dengan 131,2 kWp. Potensi energi yang dapat dihasilkan oleh pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) berdasarkan hasil simulasi menggunakan masing-masing aplikasi yaitu hasil potensi energi total PLTS menggunakan aplikasi Helioscope sebesar 173.248,9 kWh/tahun atau setara dengan 173,2489 MWh/tahun, PVWatts sebesar 172.714,0 kWh/tahun atau setara dengan 172,7140 MWh/tahun, dan Global Solar Atlas sebesar 204.164,2 kWh/tahun atau setara dengan 204,1642 MWh/tahun. Rerata hasil potensi produksi energi bulanan menggunakan aplikasi Helioscope sebesar 14.437,4 kWh, PVWatts sebesar 14.392,8 kWh dan Global Solar Atlas sebesar 17.013,7 kWh. Secara keseluruhan potensi produksi energi listrik yang dapat dihasilkan oleh PLTS apabila dibangun pada area lahan terbuka di Pantai Sine Kabupaten Tulungagung berkisar rentang antara 170.000-200.000 kWh/tahun atau 170-200 MWh/tahun dengan rerata potensi produksi energi listrik bulanan PLTS berkisar antara rentang 14.000-17.000 kWh.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badruzzaman, Y. (2013). Roadmap Energy di provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. JTET (Jurnal Teknik Elektro Terapan). Online 18 Maret, 2023, <https://jurnal.polines.ac.id/index.php/jtet/article/view/28/28>.
- [2] Rahmat, M.A.A.; Abd Hamid, A.S.; Lu, Y.; Ishak, M.A.A.; Suheel, S.Z.; Fazlizan, A.; Ibrahim, A. An Analysis of Renewable Energy Technology Integration Investments in Malaysia Using HOMER Pro. Sustainability 2022, 14, 13684. <https://doi.org/10.3390/su142013684>.
- [3] Statistik PLN 2020. (2021). Perusahaan Listrik Negara (PLN). Jakarta.
- [4] Statistik Ketenagalistrikan 2018. (2019). Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. Jakarta.
- [5] Muntoha, G. B. (2022). Analisis potensi Penerapan PLTS Pada Kantor unit Metrologi Legal Dinas Perindustrian Dan Perdagangan Kabupaten Tulungagung. Jurnal Listrik Instrumentasi Dan Elektronika Terapan (JuLIET), 3(1). <https://doi.org/10.22146/juliet.v3i1.73780>.
- [6] Salman, R. (2013). "Analisis Perencanaan Penggunaan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Untuk Perumahan (Solar Home System)". Majalah Ilmiah Bina Teknik, vol. 1 no. 1, pp. 46-51.

- [7] Umar, N., Bora, B., Banerjee, C., Panwar, B. S. (2018). "Comparison of Different PV Power Simulation Softwares: Case Study on Performance Analysis of 1 MW Grid-Connected PV Solar Power Plant". *International Journal of Engineering Science Invention (IJESI)*, vol. 7 no. 7, pp. 11- 24.
- [8] Pratiwi, N. F., Pudir, A., & Mursanto, W. B. (2022). Perancangan PLTS Atap On Grid Kapasitas 163,8 kWp untuk Suplai Daya Industri Tekstil. *Jurnal Politeknik Negeri Bandung*. <https://jurnal.polban.ac.id/ojs-3.1.2/proceeding/article/view/4278>.
- [9] www.earth.google.com/web/ (Terakhir akses tanggal 01 Maret 2023).
- [10] www.helioscope.com/designer/ (Terakhir akses tanggal 01 Maret 2023).
- [11] Hasan, H. (2014). "Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Di Pulau Saugi". *Jurnal Riset dan Teknologi Kelautan*, vol. 10 no. 2, pp. 169-180.
- [12] www.trinasolar.com/us/product/TALLMAX-DE15V (Terakhir akses tanggal 18 Maret 2023).
- [13] www.files.sma.de/downloads/STPTL-US-GridServices-US-TI-en-13.pdf (Terakhir akses tanggal 18 Maret 2023).
- [14] www.pvwatts.nrel.gov/pvwatts.php (Terakhir akses tanggal 18 Maret 2023).
- [15] www.globalsolaratlas.info/map (Terakhir akses tanggal 18 Maret 2023).

