

ANALISIS POTENSI ENERGI MATAHARI DI KOTA KENDARI

Nanang Endriatno, Sudarsono, Budiman Sudia, Al Ichlas Imran, Aminur, Prinob Aksar
Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Halu Oleo, Kendari
nanang.endriatno@uho.ac.id

ABSTRAK

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui total intensitas radiasi matahari dan mengetahui presentase radiasi sorot dan difusi. Penelitian ini menggunakan dua metode, pertama adalah pendekatan secara teori dan kedua adalah pengukuran langsung. Alat yang digunakan dalam pengukuran langsung yaitu *Solar Power Meter* (SPM), untuk mengukur intensitas radiasi total matahari, dan GPS untuk mengetahui koordinat lintang dan bujur serta ketinggian dari permukaan laut. Radiasi matahari dihitung dari pukul 07.00 sampai 17.00. Hasil pengukuran langsung menunjukkan bahwa nilai intensitas radiasi matahari tertinggi pada pukul 12:00 dengan nilai intensitas matahari $870,5 \text{ W/m}^2$ dan terendah pada pukul 17:00 dengan nilai intensitas radiasi matahari $79,5 \text{ W/m}^2$. Untuk pendekatan teori diperoleh nilai radiasi matahari tertinggi pada pukul 12:00 dengan nilai intensitas matahari $953,15 \text{ W/m}^2$ dan terendah pada pukul 7:00 dengan nilai intensitas radiasi matahari $143,98 \text{ W/m}^2$. Nilai radiasi sorot dan difusi ditentukan dengan perhitungan teori, dimana besar radiasi sorot tertinggi pada pukul 12:00 dengan nilai intensitas matahari $835,09 \text{ W/m}^2$ dan terendah pada pukul 7:00 dengan nilai intensitas radiasi matahari $82,93 \text{ W/m}^2$. Nilai radiasi difusi tertinggi pada pukul 12:00 dengan nilai intensitas matahari $118,06 \text{ W/m}^2$ dan terendah pada pukul 07:00 nilai intensitas radiasi matahari $61,06 \text{ W/m}^2$. Radiasi sorot memberi 83,5 % intensitas radiasi matahari dan 16,2 % diperoleh dari radiasi difusi.

Kata Kunci: energi matahari, pengukuran langsung, pendekatan teori

ABSTRACT

Analysis of Solar Radiation Potential in Kendari. The purpose of this study is to determine the total intensity of solar radiation and determine the percentage of beam radiation and diffusion. This research uses two methods, the first is a theoretical approach and the second is direct measurement. The instrument used in direct measurement was the Solar Power Meter (SPM), to measure the total solar radiation, and GPS to find out the latitude and longitude coordinates and altitude from sea level. Solar radiation was calculated from 07.00 until 17.00. The direct measurement results showed that the highest value of solar radiation intensity was at 12:00 with a solar intensity value of 870.5 W/m^2 and the lowest at 17:00 with a value of solar radiation intensity of 79.5 W/m^2 . For the theoretical approach obtained the highest value of solar radiation at 12:00 with a solar intensity value of 953.15 W/m^2 and the lowest at 7:00 with a value of solar radiation of 143.98 W/m^2 . The value of beam radiation and diffusion was determined by theoretical calculations, where the highest beam radiation was at 12:00 with a solar intensity value of 835.09 W/m^2 and the lowest at 7:00 with solar radiation intensity of 82.93 W/m^2 . The highest diffusion radiation value was at 12:00 with the value of solar intensity 118.06 W/m^2 and the lowest at 07:00 the value of the intensity of solar radiation was 61.06 W/m^2 . Beam radiation gives 83.5% intensity of solar radiation and 16.2% was obtained from diffusion radiation.

Keywords: solar energy, direct measurement, theoretical approach.

1. PENDAHULUAN

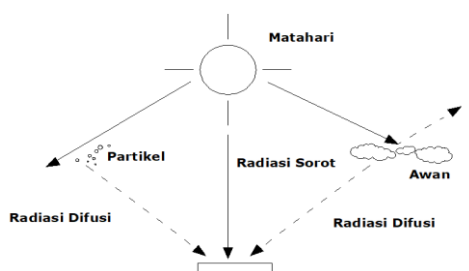
Pertumbuhan penduduk dunia yang sangat tinggi telah menimbulkan berbagai permasalahan. Salah satu permasalahan tersebut adalah kebutuhan energi yang sangat besar. Untuk memenuhi kebutuhan energi tersebut telah dilakukan eksploitasi dan eksplorasi sumber daya alam sejak ratusan tahun yang lalu. Sumber energi yang digunakan saat ini masih didominasi oleh minyak bumi, batubara, dan gas alam. Bahan bakar yang tidak dapat diperbaharui tersebut semakin terbatas jumlahnya, dan sekarang terjadi penurunan jumlah sumber daya

alam. Dengan terjadinya penurunan sumber daya alam mendorong kita untuk mencari sumber energi alternatif yang dapat diperbaharui. Salah satunya adalah energi matahari. Pemanfaatan energi matahari saat ini sebagian besar digunakan untuk penjemuran pakaian, pembuatan garam, pengeringan hasil produksi, pemanasan air, memasak. Dengan berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi, berbagai penelitian dilakukan untuk menciptakan alat yang dapat memanfaatkan energi matahari menjadi bentuk energi lain, seperti merubah energi

matahari menjadi energi listrik dan energi panas [1] [2] [3]. Disamping itu *database* mengenai energi surya sangat penting dalam perencanaan komponen-komponen yang menggunakan energi surya [4] [5] [6]. Indonesia memiliki potensi besar untuk pengembangan sel surya dan pengering surya, dengan melihat letak geografisnya yang sangat menguntungkan, karena terletak pada daerah tropis yang mendapat penyinaran cukup banyak sepanjang tahun. Radiasi matahari adalah bentuk radiasi thermal yang terdistribusi dengan panjang gelombang khusus, dimana untuk sampai kebumi tergantung pada beberapa faktor seperti: letak dan kondisi geografis suatu daerah, waktu penyinaran matahari, perbedaan iklim, kondisi atmosfer (debu, uap air, dan bahan polusi), serta sudut datang matahari terhadap permukaan bumi. Faktor-faktor diatas mempengaruhi radiasi total, langsung dan difusi yang ada dipermukaan bumi. Sehingga dari latar belakang diatas, maka tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui total intensitas radiasi matahari dan mengetahui besar radiasi normal dan difusi.

Radiasi Matahari Pada Permukaan Bumi

Radiasi matahari yang tiba dibumi telah mengalami pelemahan yang disebabkan oleh refleksi dan penyebaran diatmosfer bumi. Gambar 1 menunjukkan radiasi yang mencapai permukaan bumi, radiasi yang tak mengalami perubahan arah disebut radiasi sorot (*beam radiation*) sedang radiasi L_1 yang telah mengalami perubahan arah karena refleksi dan penyebaran disebut radiasi difusi (*diffuse radiation*). Jumlah radiasi sorot dan radiasi difusi disebut radiasi global. Radiasi matahari diukur berdasarkan atas fluks yang tiba pada permukaan horizontal dibumi yang menghadap keatas. Fluks radiasi diukur dengan menggunakan alat *Solar Power Meter*.



Gambar 1. Radiasi pada permukaan bumi

Perhitungan Secara Teori

Adapun Adapun rumus-rumus yang digunakan untuk perhitungan intensitas radiasi matahari total, radiasi langsung dan radiasi difusi [7], seperti dibawah ini:

1. Radiasi global yang tiba pada permukaan yang tegak lurus terhadap arah sinar matahari (G_{on})

Variasi Perbedaan pada jarak matahari dan bumi akibat dari lintasan bumi yang berbentuk elips, menyebabkan variasi radiasi permukaan diluar atmosfer bumi (*Variation of extraterrestrial radiation*). Persamaan sederhana diberikan oleh Spencer, 1971 [7] yang memberikan akurasi persamaan ($\pm 0,01\%$):

$$G_{on} = G_{sc}(1,000110 + 0,034221 \cos B + 0,001280 \sin B + 0,000719 \cos 2B + 0,000077 \sin 2B) \quad (1)$$

Dimana:

$$G_{sc} = \text{Nilai konstanta matahari (1367 W/m}^2\text{)}$$

$$B = (n - 1) \frac{360}{365}$$

n = jumlah hari sepanjang tahunnya (Misalnya 3 Januari = 3, dst)

2. Menentukan waktu matahari (t)

Waktu matahari adalah waktu yang digunakan dalam semua hubungan sudut matahari [7]:

$$t = \text{waktu standar} + 4(L_1 - L_2) + E \quad (2)$$

Dimana:

= zona waktu untuk indonesia bagian tengah (120° BT)

L_2 = garis bujur untuk posisi di Kendari

dari hasil pengukuran GPS diperoleh : $122^\circ 31' 26''$ atau $122,52^\circ$ BT dan $04^\circ 01' 32''$ LS atau $4,03^\circ$ LS

E = koreksi persamaan waktu

$$E = 229,2 (0,00075 + 0,001868 \cos B - 0,032077 \sin B - 0,014615 \cos 2B - 0,04089 \sin 2B) \quad (3)$$

3. Sudut Jam (ω)

Sudut jam (ω) adalah sudut pergeseran semu matahari dari garis siang [7]

$$\omega^o = (12 - t) \times 15^o \quad (4)$$

Dimana :

t = waktu lokal (pukul).

Pada saat tepat pukul 12.00 siang, sudut jam (ω) = 0, setiap berkurang 1 jam akan berkurang 15° dan setiap bertambah 1 jam akan bertambah 15° .

4. Sudut Deklinasi

Sudut deklinasi adalah kemiringan sumbu matahari terhadap garis normalnya, menurut Cooper, 1969 [7]

$$\delta = 23,45 \sin\left(\frac{360}{365}(284 + n)\right) \quad (5)$$

5. Sudut Zenith

Sudut Zenith adalah sudut antara garis vertikal keatas dan garis matahari atau sudut jatuh radiasi langsung pada permukaan horizontal [7].

$$\cos \theta_z = \cos \phi \cos \delta \cos \omega + \sin \phi \sin \delta \quad (6)$$

Dimana:

Sudut latitud (ϕ) = koordinat lintang (diperoleh dari data GPS), tanda positif menunjukkan kearah atas, sedangkan tanda minus dikoordinat latitud menuju kutub selatan.

6. Fraksi radiasi langsung pada kondisi cerah

Hottel (1976) [7] merumuskan fraksi radiasi langsung yang pada kondisi cerah menggunakan persamaan berikut:

$$\tau_b = a_0 + a_1 \exp\left(\frac{-k}{\cos \theta_z}\right) \quad (7)$$

a_0 , a_1 dan k , digunakan untuk ketinggian hingga 23 km diberikan oleh persamaan berikut:

$$\begin{aligned} a_0^* &= 0.4237 - 0.00821(6 - A)^2 \\ a_1^* &= 0.5055 - 0.00595(6.5 - A)^2 \\ k^* &= 0.2711 + 0.01858(2.5 - A)^2 \end{aligned} \quad (8)$$

Faktor koreksi untuk jenis iklim ditunjukkan pada tabel 1 dan diperoleh dari rumus berikut [7]:

$$r_0 = \frac{a_0}{a_0^*}; \quad r_1 = \frac{a_1}{a_1^*}; \quad r_k = \frac{k}{k^*} \quad (9)$$

Tabel 1. Faktor Koreksi untuk berbagai kondisi iklim.

Jenis Iklim	r_0	r_1	r_k
Tropical	0,95	0,98	1,02
Midlatitude summer	0,97	0,99	1,02
Subarctic summer	0,99	0,99	1,01
Midlatitude winter	1,03	1,01	1,00

Sumber: Hottel (1976) [7].

7. Fraksi radiasi difusi pada kondisi cerah

$$\tau_d = 0,271 - 0,294\tau_b \quad (10)$$

8. Radiasi Langsung pada kondisi cerah

$$G_{cl.b} = G_{on} \cos \theta_z \tau_b \quad (11)$$

9. Radiasi Difusi pada kondisi cerah

$$G_{cl.d} = G_{on} \cos \theta_z \tau_d \quad (12)$$

10. Radiasi total pada kondisi cerah

$$G_{cl} = G_{cl.b} + G_{cl.d} \quad (13)$$

2. METODE

Metode Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan mulai 1-30 September 2019, lokasi penelitian pada 122°31'26'' BT (122,52° BT) dan 04°01'32'' LS (4,03° LS) di Kota Kendari, tepatnya di Kelurahan Mokoau, Kec. Kambu. Jenis penelitian yang digunakan adalah:

1. Pengukuran langsung

Pengukuran langsung bertujuan untuk mengetahui radiasi total matahari dari Pukul 07.00-17.00 WITA. Data radiasi matahari diambil setiap 1 jam dengan menggunakan alat *Solar Power Meter* (Lutron-SPM 1116Sd) seperti ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2. *Solar Power Meter* (Lutron-SPM 1116Sd)

2. Perhitungan secara teori

Perhitungan secara teori bertujuan untuk mengetahui radiasi total matahari (radiasi ini akan dibandingkan dengan radiasi total dari pengukuran langsung). Dalam perhitungan secara teori juga ditentukan radiasi sorot dan difusi yang merupakan komponen dari radiasi global. Alat yang digunakan adalah GPS (Garmin-GPS MAP 78s) seperti ditunjukkan pada gambar 3. Penggunaan GPS untuk mengetahui koordinat lintang dan bujur dipermukaan bumi dan ketinggian dari permukaan laut (Dpl), dimana nilai-nilai ini digunakan dalam perhitungan teori.



Gambar 3. Global Positioning System, GPS (Garmin-GPS MAP 78s)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data intensitas matahari dalam penelitian ini diperoleh melalui pengukuran secara langsung, dan perhitungan secara teori. Gambar 4 menunjukkan pengukuran secara langsung.



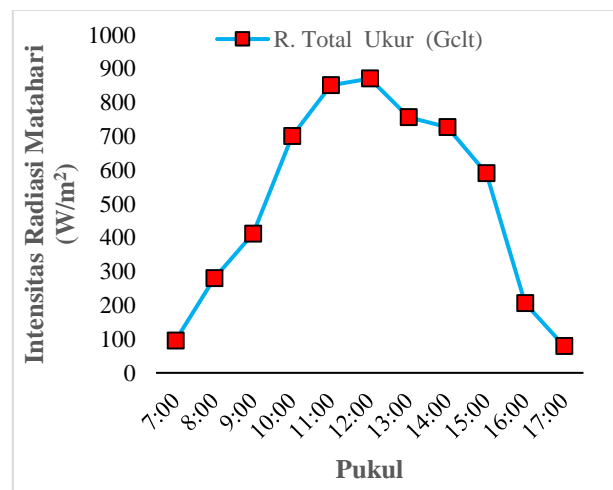
Gambar 4. Pengambilan data secara langsung

1. Pengukuran secara langsung

Pengukuran langsung dalam penelitian ini dilakukan selama 1 bulan yaitu pada bulan september 2019 atau pada kondisi musim kemarau. Data pengukuran kemudian dirata-ratakan selama satu bulan dari pukul 7:00 sampai 17:00, sehingga data yang diperoleh sebagai berikut:

Tabel 2. Data Intensitas Radiasi Matahari yang diperoleh dari pengukuran langsung

Pukul (t)	R. Total Ukur (Gclt)
7:00	95.6
8:00	280
9:00	411.5
10:00	700.2
11:00	851
12:00	870.5
13:00	756.3
14:00	726.5
15:00	590.5
16:00	205.8
17:00	79.5



Gambar 5. Grafik pengukuran secara langsung

Dari hasil perhitungan pada Tabel 1 dan Gambar 5 menunjukkan intensitas radiasi matahari naik dari pagi sampai siang hari kemudin turun lagi hingga

sore hari [5]. Dari hasil pengukuran diperoleh Intensitas radiasi matahari tertinggi yaitu 870,5 w/m² pada pukul 12:00. Sedangkan intensitas radiasi matahari terendah pada pukul 17:00 yaitu 79,5 W/m².

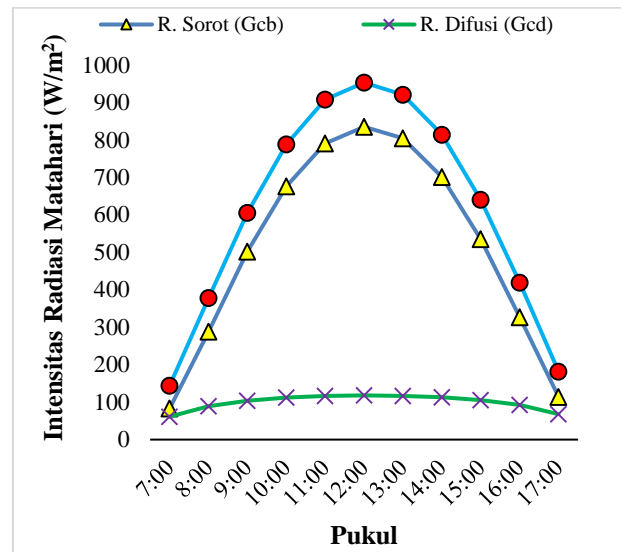
Pengukuran langsung menggunakan alat *solar power meter* yang ditempatkan pada bidang horizontal dipermukaan bumi. Pada saat siang hari sinar matahari jatuh tegak lurus pada alat ukur sehingga nilai intensitas radiasi matahari tinggi. Dari grafik juga dapat dilihat bahwa nilai intensitas radiasi matahari pada waktu tertentu mengalami penurunan atau hampir sama dengan waktu sebelumnya, hal ini menunjukkan faktor kondisi langit yang cerah atau berawan berpengaruh terhadap intensitas radiasi matahari [8].

2. Perhitungan secara teori

Dari perhitungan secara teori dapat diperoleh data radiasi matahari total, radiasi sorot, dan radiasi difusi. Semua parameter ini dihitung setiap 1 jam, lalu dirata-ratakan selama satu bulan, sehingga data yang diperoleh sebagai berikut:

Tabel 3. Data Intensitas Radiasi Matahari yang diperoleh dari perhitungan secara teori

Pukul (t)	R. Sorot (Gcb)	R. Difusi (Gcd)	R. Total Teo (Gcl)
7:00	82.93	61.06	143.98
8:00	288.26	89.42	377.68
9:00	501.49	103.53	605.02
10:00	676.20	111.80	788.00
11:00	791.14	116.42	907.56
12:00	835.09	118.06	953.15
13:00	804.07	116.91	920.98
14:00	700.86	112.84	813.70
15:00	535.34	105.30	640.64
16:00	326.55	92.52	419.07
17:00	113.75	68.01	181.76



Gambar 6. Grafik Pengukuran secara teori

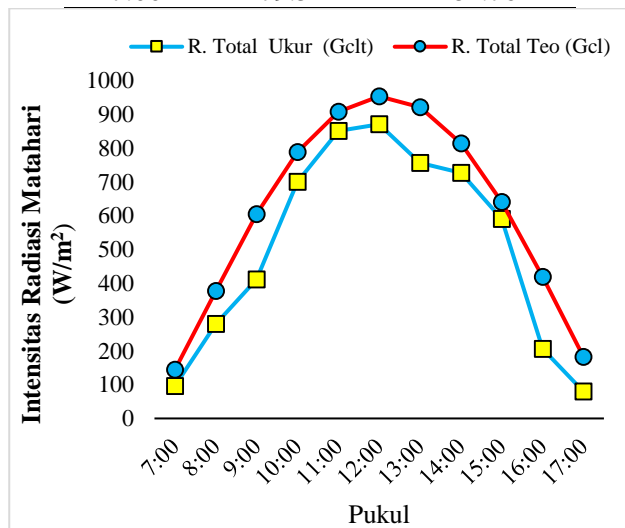
Dari Tabel 3 hasil perhitungan dan gambar 6, terlihat bahwa intensitas radiasi matahari dari jam 07.00 terus meningkat sampai jam 12.00 kemudian turun sampai pukul 17.00. Hal ini disebabkan karena sudut datang matahari atau sudut zenith θ_z . Bila sudut datang (θ_z) kecil, maka intensitas radiasi matahari yang diserap akan besar dikarenakan sinar matahari akan jatuh hampir tegak lurus pada permukaan horizontal [9]. Intensitas radiasi matahari antara pagi dan sore juga mengalami sedikit perbedaan. Hal ini disebabkan karena perbedaan waktu matahari yang berbeda, yang akan mempengaruhi sudut jam matahari pada waktu pagi dan sore hari. Dari perhitungan rata-rata intensitas matahari selama bulan September diperoleh nilai maksimum intensitas matahari pada pukul 12:00 yaitu 953,15 W/m² dan nilai minimum pada pukul 07.00 yaitu 143,98 W/m².

Dari Tabel 3 dan Gambar 6 juga dapat dilihat perbedaan nilai radiasi sorot dan difusi, dimana dapat dilihat bahwa nilai radiasi sorot lebih besar dari radiasi difusi dengan rata-rata perbandingan 83.8 % untuk radiasi sorot dan 16,2 % untuk radiasi difusi [10]. Penurunan radiasi sorot disebabkan karena fraksi radiasi difusi yang lebih kecil dari dari fraksi radiasi sorot. Radiasi difusi akan mengalami penurunan intensitas radiasi matahari karena radiasi ini diperoleh melalui refleksi dari awan, debu, dan partikel di udara sehingga akan mengalami pelemahan ketika sampai dipermukaan bumi.

3. Perbandingan secara teori dan pengukuran langsung

Tabel 4 Perbandingan antara perhitungan secara teori (Gcl) dan pengukuran langsung (Gcl_u)

Pukul (t)	R. Total Ukur (Gcl _u)	R. Total Teo (Gcl)
7:00	95.6	143.98
8:00	280	377.68
9:00	411.5	605.02
10:00	700.2	788.00
11:00	851	907.56
12:00	870.5	953.15
13:00	756.3	920.98
14:00	726.5	813.70
15:00	590.5	640.64
16:00	205.8	419.07
17:00	79.5	181.76



Grafik 7. Pengukuran secara teori dan pengukuran langsung

Dari Tabel 4 dan gambar 7 dapat dilihat perbedaan antara intensitas radiasi matahari secara teori dan pengukuran secara langsung. Perbedaan ini disebabkan karena pada pengukuran secara langsung, faktor cuaca seperti kondisi mendung atau berawan mempengaruhi nilai intensitas radiasi matahari yang diterima oleh *solar power meter*, sementara pada perhitungan teori diasumsikan langit dalam keadaan cerah.

4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dapat ditarik kesimpulan bahwa:

Pengukuran langsung dan perhitungan secara teori dapat dilihat intensitas radiasi matahari meningkat dari pukul 7:00 (pagi) sampai pukul 12:00 (siang) kemudian menurun hingga pukul 17:00 (sore). Secara teori, nilai maksimum intensitas radiasi matahari pada pukul 12.00 yaitu 953,15 W/m². Sedangkan pada pengukuran langsung nilai intensitas radiasi matahari maksimum pada pukul 12.00 yaitu 870,5 W/m². Dari hasil perhitungan selama bulan september diperoleh Nilai radiasi sorot lebih besar daripada radiasi difusi. dimana nilai radiasi sorot maksimum terjadi pada siang hari pada pukul 12.00 yaitu 835,09 W/m² sedangkan radiasi difusi maksimum pada pukul 12:00 yaitu 118,06 W/m². Radiasi sorot memberi 83,8 % intensitas radiasi matahari, sedangkan 16,2 % diperoleh dari radiasi difusi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] T. B. Sitorus, F. H. Napitupulu and H. Ambarita, "Korelasi Temperatur Udara dan Intensitas Radiasi Matahari Terhadap Performansi Mesin Pendingin Siklus Adsorpsi Tenaga Matahari," *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Cylinder*, vol. 1, no. 1, pp. 8-17, 2014.
- [2] Z. S. and A. P. , "Analisis Pemanfaatan Energi Panas pada Pengeringan BawaNg Merah (*Allium Ascalonicum L.*) dengan menggunakan Alat Pengering Efek Rumah Kaca (Erk)," *Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian dan Biosistem*, vol. 5, no. 2, pp. 264 - 274, 2016.
- [3] D. A. Widodo, S. and T. A, "Pemberdayaan Energi Matahari sebagai Energi Listrik Lampu Pengatur Lalu Lintas," *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 2, no. 2, pp. 133-138, 2010.
- [4] M. Sengupta and A. Habte, *Best Practices Handbook for the Collection and Use of Solar Resource Data for Solar Energy Applications*, USA: NREL, 2015.
- [5] S. Yuliananda, G. Sarya and R. R. Hastijanti, "Pengaruh Perubahan Intensitas Matahari

Terhadap Daya Keluaran Panel Surya," *Jurnal Pengabdian LPPM Untag Surabaya*, vol. 01, no. 02, pp. 193-202, 2015.

- [6] D. Septiadi, P. Nanlohy, M. Souissa and F. Y. Rumlawang, "Proyeksi Potensi Energi Surya sebagai Energi Terbarukan (Studi Wilayah Ambon dan Sekitarnya)," *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*, vol. 10, no. 1, pp. 22-28, 2009.
- [7] J. A. Duffie and W. A. Beckman, *Solar Engineering of Thermal Processes Fourth Edition*, USA: Wiley, 2013.
- [8] Z. Arifin, A. J. Tamamy and A. , "Analisis Potensi Energi Sinar Matahari dan Energi Angin di Pusat Kota Semarang," *Jurnal Ilmiah Setrum*, vol. 7, no. 2, pp. 296-304, 2018.
- [9] P. D. L., H. and K. , "Analisis Pengaruh Sudut Kemiringan Panel Surya Terhadap Radiasi Matahari yang diterima oleh Panel Surya Tipe Larik Tetap," *Jurnal Transient*, vol. 2, no. 4, pp. 931-937, 2013.
- [10] M. A. Green, *Solar Cells, Operating Principles, Technology, and System Applications*, Australia: Prentice-Hall. Inc., 1982.