

Analisis Potensi Energi Tenaga Surya Kota Balikpapan Dengan Variasi Sudut Kemiringan Panel Surya

SA Kartika¹, D F Hariyanto¹, Gunawan¹
¹Jurusan Teknik Mesin, Universitas Balikpapan
Jl. Pupuk Raya, Balikpapan 76114
Email : siska.ayukartika@uniba-bpn.ac.id

Abstrak

Pemanfaatan energi tenaga surya sebagai sumber energi terbarukan yang bersih dan melimpah dapat digunakan secara langsung maupun tidak langsung. Masalah utama dengan panel surya ini adalah bahwa jumlah daya keluaran yang dihasilkan relatif tidak konsisten karena dipengaruhi oleh intensitas matahari dan temperatur lingkungan. Penelitian ini bertujuan ingin mengetahui potensi energi tenaga surya dan pengaruh sudut kemiringan panel surya terhadap radiasi matahari yang diterima sehingga kita dapat mengetahui potensi energi matahari di kota Balikpapan.

Penelitian ini menggunakan dua metode pengumpulan data pengukuran langsung dan pendekatan perhitungan secara teoritis. Alat ukur yang digunakan untuk pengukuran langsung untuk mengukur radiasi intensitas meteran energi fotovoltaik tipe pyranometer SM-206.

Berdasarkan hasil penelitian, pengukuran langsung pada pukul 12.00 WITA menunjukkan penyinaran matahari maksimum 1334. 578 watt / m² pada sudut 30° dan minimum adalah 1047,05 watt / m² pada sudut 45°. Sedangkan pada waktu normal dengan sudut 0° pada pukul 12:00 WITA pengukuran langsung menunjukkan nilai maksimum 995,4 watt / m² dan nilai teoritis menunjukkan 1271. 726 watt / m². Perbedaan nilai yang dihasilkan antara perhitungan teoritis dan pengukuran langsung diatur oleh fill factor, yang memiliki efek besar pada nilai intensitas matahari.

Kata kunci: Energi Terbarukan, Intensitas, Kemiringan, Radiasi, Panel Surya

PENDAHULUAN

Rasio elektrifikasi Indonesia saat ini adalah 87 %, hal tersebut menunjukkan 8,5 juta penduduk Indonesia atau sekitar 2.500 desa yang belum di aliri listrik. [4] Sedangkan sepanjang 5 tahun terakhir rasio elektrifikasi PLN di Kalimantan Timur dan Kalimantan Utara meningkat dari sebelumnya 90 % pada tahun 2017 meningkat 95,03% pada Juli 2021. Indonesia merupakan negara tropis dimana daerahnya dilalui oleh garis khatulistiwa sehingga memiliki potensi menerima panas matahari yang besar. Berdasarkan penyinaran matahari global di Indonesia yaitu 1700-1950 kwh / m²/Tahun = 4,66-5,34 kwh / m²/Hari.

Pemanfaatan energi matahari sebagai sumber daya bebas polusi dan berlimpah, terbarukan, yang dapat digunakan baik secara langsung maupun tidak langsung. Energi matahari dapat digunakan sebagai pemanas langsung, memanaskan air dan udara dengan solar kolektor, serta penyediaan listrik dengan sel photovoltaic. Beberapa kelebihan energi terbarukan antara lain, sumbernya relative mudah didapat, dapat diperoleh dengan gratis, minim limbah, tidak mempengaruhi suhu bumi secara global, dan tidak dipengaruhi oleh kenaikan bahan bakar [5]. Energi surya adalah energi yang didapat dengan mengubah

energi panas surya (matahari) melalui peralatan tertentu menjadi sumber daya dalam bentuk lain. Energi surya menjadi salah satu sumber pembangkit daya selain air, uap, angin, biogas, batu bara, dan minyak bumi.[13] panel surya adalah alat yang terdiri dari sel surya yang mengubah cahaya menjadi listrik, yaitu disebut surya atas matahari atau "sol" karena matahari merupakan sumber cahaya terkuat yang dapat dimanfaatkan.

Permasalahan utama dari solar cell adalah besarnya daya keluaran yang dihasilkan relatif tidak konstan karena dipengaruhi oleh besarnya intensitas matahari serta suhu lingkungan di sekitarnya. Pada kondisi standarnya sistem solar cell yang mempunyai efisiensi sebesar 10 % dapat menghasilkan daya sebesar 100 watt pada saat intensitas matahari yang diterima sebesar 1.000 watt / m² dan suhu sebesar 25 °C.[6]

Disamping itu database mengenai energi surya sangat penting dalam perencanaan komponen-komponen yang menggunakan energi surya.[7] Radiasi merupakan sebuah bentuk energi yang dipancarkan matahari ke permukaan bumi. Radiasi matahari untuk sampai ke permukaan bumi atmosfer mengalami penyerapan, pemantulan, hamburan, dan pemancaran kembali. Radiasi matahari di bumi lebih kecil daripada diluar angkasa karena disebabkan oleh banyak pantulan cahaya yang diluar atmosfer. Salah

satu contohnya adalah banyak pantulan cahaya oleh penggunaan kaca pada perumahan atau sering dikenal dengan sebutan efek rumah kaca.[16]

1.1 Perhitungan Secara Teori

Adapun rumus-rumus yang digunakan untuk perhitungan intensitas radiasi matahari total, radiasi langsung dan radiasi difusi [3], seperti dibawah ini:

a. Radiasi global yang tiba pada permukaan yang tegak lurus terhadap arah sinar matahari (Gon).

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. [3] yang memberikan akurasi persamaan ($\pm 0,01\%$):

$$Gon = Gsc \left(1 + 0.033 \cos \frac{360.n}{365} \right)$$

(1)

Dimana :

Gon = radiasi extraterrestrial diukur pada bidang normal terhadap radiasi pada hari ke n pada satu tahun (W/m^2).

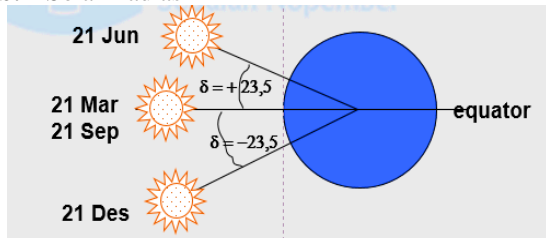
Gsc = Nilai konstanta matahari 1353 (W/m^2).

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

Month	N for i-th		For the Average Day of the Month		δ , Declination
	Day of Month	Date	n, Day of Year		
January	i	17	17		-20,9
February	31 + i	16	47		-13,0
March	59 + i	16	75		-2,4
April	90 + i	15	105		9,4
May	120 + i	15	135		18,8
June	151 + i	11	162		23,1
July	181 + i	17	198		21,2
August	212 + i	16	228		13,5
September	243 + i	15	258		2,2
October	273 + i	15	288		-9,6
November	304 + i	14	318		-18,9
December	334 + i	10	344		-23,0

Gambar 1. Hari rata-rata yang direkomendasikan untuk Bulan dan Nilai n [3]

b. Solar Radiasi



Gambar 2. Perhitungan sudut datang

Sudut datang [2] : θ = fill factor (tanggal, lokasi, kemiringan, permukaan menghadap, jam).

$$\begin{aligned} \cos \theta &= \sin \delta . \sin \phi . \cos \beta - \sin \delta . \cos \phi . \sin \beta . \cos \gamma \\ &+ \cos \delta . \cos \phi . \cos \beta . \cos \omega \\ &+ \cos \delta . \sin \phi . \sin \beta . \cos \gamma . \cos \omega \\ &+ \cos \delta . \sin \beta . \sin \gamma . \sin \omega \end{aligned}$$

Basic calculation solar radiasi [3]:

1. $Gsc = 1353 \text{ watt} / m^2$
2. $Gon = Gsc \left(+0,0033 \cos \frac{360.n}{366} \right) x \cos \theta \text{ (watt} / m^2)$.
3. $G = Gon . \cos \theta$

Pada bidang permukaan horisontal, $\beta = 0$; ($\cos \beta = 1$ dan $\sin \beta = 0$) maka sudut datang menjadi sudut zenith sebab garis normal permukaan berimpit dengan zenith sehingga persamaan menjadi :

$$\cos \theta_z = \cos \delta . \cos \phi . \cos \omega + \sin \delta . \sin \phi$$

c. Sudut Jam (ω)

Sudut jam (ω) adalah sudut pergeseran semu matahari dari garis siang [3]

$$\omega = (12 - t) x 15^\circ$$

Dimana :

t = waktu lokal (pukul).

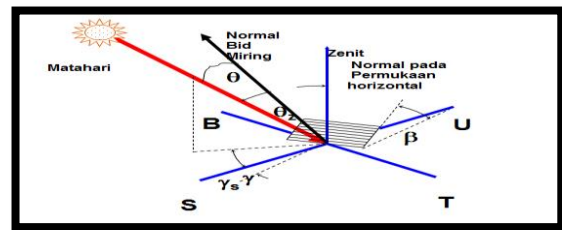
Pada saat tepat pukul 12.00 siang, sudut jam (ω) = 0, setiap berkurang 1 jam akan berkurang 15° dan setiap bertambah 1 jam akan bertambah 15° .

d. Sudut Deklinasi

Sudut deklinasi adalah kemiringan sumbu matahari terhadap garis normalnya. [2]

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

Pengujian alat ini dilaksanakan dalam waktu kurang lebih 2 minggu dengan waktu pengujian dari jam 10.00 - 14.00 wita dengan melakukan pengambilan data secara langsung dan perhitungan data proses. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui gambaran pengaruh kemiringan sudut panel dan waktu penyinaran matahari terhadap besar dan kecil hasil data intensitas cahaya matahari.



Gambar 3. Global informasi rekayasa pengujian

METODOLOGI

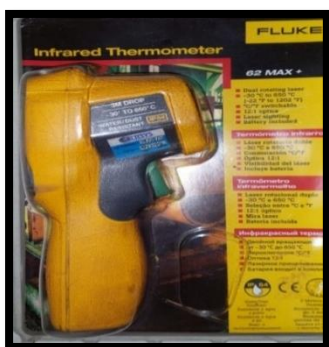
2.1 Melakukan Pengukuran Secara Langsung dengan Alat

Pengambilan data di Bulan Juli sebanyak 4 kali pada minggu ke 1, 2, 3, dan 4. yaitu pada tanggal 1, 15, 22 dan 25 Juli 2022.

Pengukuran langsung bertujuan untuk mengetahui radiasi total matahari dari pukul 10:00 – 14:00 Wita. Data radiasi diambil setiap 1 jam dengan alat Solar Power Meter (type sun light tester intensity radiation SM-206).



Gambar 4. Solar Power Meter type sun light tester intensity radiation SM-206



Gambar 5. Thermogun FLuk 62 max+



Gambar 6. Solar panel type Polycrystalline 2 x 50 WP, input daya 100 watt, output 220 volt / 1000 watt

2.2 Melakukan Perhitungan Secara Teori

Informasi Pengambilan data :

1. Lokasi pengambilan data berada di Universitas Balikpapan lantai 10 Gedung A.

2. Latitude/garis lintang 1.2655°S, 116.8669°E.
3. Deklinasi, tanggal 1 (-23°), 15 (-21°), 22 (-20°), 25 (-19°), Juli 2022.
4. Slope/ sudut kemiringan : 15°, 30°, 45°, 0.
5. Sudut jam : 10:00 wita (-30°), 11:00 wita (15°), 12:00 wita (0°), 13:00 wita (15°) 14:00 wita (30°)
6. Nilai Gsc : 1353 (W/m^2).
7. Nilai Gon : Tanggal 1 *n* 182 (1352,19), 15 *n* 196 (1346,76), 22 *n* 203 (1344,1), 25 *n* 206 (1342,9) Juli 2022
8. Sudut azimut , sebagai berikut :

Tanggal	10.00 wita	11.00 wita	12.00 wita	13.00 wita	14.00 wita
01-Jul-22	51,6	36,2	9	337	315
15-Jul-22	54,1	39,1	11	336	313
22-Jul-22	55,8	41	12	335	312
25-Jul-22	56,7	41,9	12,4	334	311,2

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengambilan data secara langsung dengan alat solar power meter pada saat siang hari sinar matahari jatuh tegak lurus pada alat ukur sehingga nilai intensitas radiasi matahari tinggi dan semakin sore mengalami penurunan, pada grafik juga dapat dilihat bahwa nilai intensitas radiasi matahari pada waktu tertentu mengalami penurunan dan peningkatan, hal ini menunjukkan bahwa faktor kondisi cuaca, waktu pengambilan data dan sudut, berpengaruh terhadap nilai intensitas radiasi matahari yang didapatkan.

Tabel 1. Pengujian panel surya pada sudut 15° tanggal 1 Juli 2022.

Waktu (wita)	Teori (Watt/m ²)	Eksperimen (Watt/m ²)
10.00	990,614	980.5
11.00	1216,0244	885.1
12.00	1330,5549	1180.9
13.00	1249,693	1152.7
14.00	942,476	1045.2

Note : Total LPM 5 Jam. Kondisi cuaca terik, berawan

Tabel 2. Pengujian panel surya pada sudut 30° tanggal 15 Juli 2022.

Waktu (wita)	Teori (Watt/m ²)	Eksperimen (Watt/m ²)
10.00	827,816	1250,3

11.00	1137,961	950,2
12.00	1330,943	1285,7
13.00	1209,067	603,7
14.00	976,707	980,2

Note : Total LPM 5 Jam. Kondisi cuaca berawan, panas, mendung.

Tabel 3. Pengujian panel surya pada sudut 45° tanggal 22 Juli 2022

Waktu (wita)	Teori (Watt/m ²)	Eksperimen (Watt/m ²)
10.00	427,4134	520,2
11.00	624,9913	523,7
12.00	1047,028	487,3
13.00	826,6013	437,2
14.00	491,9286	362,8

Note : Total LPM 5 Jam. Kondisi cuaca berawan, mendung, berangin.

Tabel 4. Pengujian panel surya pada sudut 0° (normal) tanggal 25 Juli 2022.

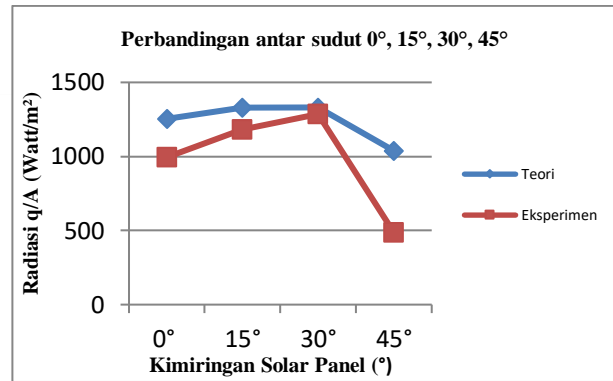
Waktu (wita)	Teori (Watt/m ²)	Eksperimen (Watt/m ²)
10.00	1085,734	965
11.00	1212,235	810,5
12.00	1255,342	995,4
13.00	1212,235	789,1
14.00	1085,734	658,5

Note : Total LPM 5 Jam. Kondisi cuaca berawan, panas, mendung

Perhitungan secara teori, tercatat nilai maksimum intensitas cahaya matahari terjadi pada solar noon di jam 12:00 wita, tanpa melibatkan fill factor seperti kondisi cuaca dan lain lain.

Tabel 5. Perbandingan nilai hasil perhitungan secara teori dan pengukuran langsung pada solar noon 12:00 wita.

Sudut	Solar Time (Noon)	Teori (Watt/m ²)	Eksperimen (Watt/m ²)
0° normal	12:00	1255,342	995,4
15°	12:00	1330,554	1180,9
30°	12:00	1330,943	1285,7
45°	12:00	1038,568	487,3



Gambar 7. Perbandingan radiasi matahari dengan eksperimen pada sudut 0°, 15°, 30°, 45°.

Perbedaan nilai yang terjadi antara perhitungan secara teori dengan pengukuran langsung di dominasi oleh fill factor, yang mana hal tersebut sangat mempengaruhi nilai intensitas cahaya matahari. Karena radiasi yang sampai pada objek penelitian sudah mengalami penurunan nilai dikarenakan oleh pantulan, refleksi, terhalang oleh benda, efek rumah kaca, keadaan akurasi pembacaan alat dan banyak hal lainnya. Rumus yang digunakan memiliki perbedaan nilai teori dan aktual dari pengukuran secara langsung yang mana pada pengukuran langsung terdapat fill factor juga keakurasian suatu alat pembaca nilai intensitas cahaya matahari mempengaruhi hasil

KESIMPULAN

Besar energi radiasi matahari $watt / m^2$ di kota Balikpapan pada perhitungan secara teori adalah 1330,943 $watt / m^2$ pada jam 12:00 wita (solar noon) dengan sudut 30°, sedangkan pada pengukuran langsung sebesar 1285,7 $watt / m^2$ pada jam 12:00 (solar noon) dengan sudut 30°, dan untuk pada posisi 0° normal pada jam 12:00 (solar noon) secara teori 1255,342 $watt / m^2$ dan eksperimen 995,4 $watt / m^2$.

Pengaruh sudut kemiringan panel (15°, 30°, 45°, 0° normal) terhadap besar energi matahari yang didapat pada waktu penyinaran dari jam 10.00 - 14.00 wita mempengaruhi peningkatan dan penurunan nilai radiasi. Besar perbedaan dari pengaruh sudut untuk nilai radiasi cahaya matahari pada pengukuran langsung (eksperimen) di jam 12:00 (solar noon / asumsi sebagai puncak posisi matahari pada posisi tegak lurus dari terbit pagi hari dan sebelum mulai terbenam ke sore hari masing-masing adalah sudut 0° normal teori 1255,342 (Watt/m²) dan eksperimen 995,4 (Watt/m²), sudut 15° teori 1330,554 (Watt/m²) dan eksperimen 1180,9 (Watt/m²), sudut 30° teori 1330,943 (Watt/m²) dan eksperimen 1285,7 (Watt/m²), sudut 45° teori 1038,568 (Watt/m²) dan eksperimen 487,3 (Watt/m²)

SARAN

Adanya keterbatasan sumber informasi yang dimiliki selama penelitian, sehingga tabel yang digunakan untuk hari rata-rata yang direkomendasikan untuk bulan dan nilai (n) beracuan pada iklim diluar wilayah Indonesia. Sangat disarankan sebaiknya menggunakan data yang sesuai dengan intensitas matahari di wilayah di Indonesia.

Selain itu, karena adanya keterbatasan biaya dan lain hal, untuk penelitian selanjutnya agar memberi inovasi untuk penambahan alat sensorik sehingga permukaan panel dapat menentukan sendiri arah datangnya matahari, lebih efektif dalam aktualisasi pengambilan nilai.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang tak terhingga kepada Dekan Fakultas Teknologi Industri dan Kepala Program Studi Teknik Mesin Universitas Balikpapan yang telah memberikan kesempatan untuk melakukan penelitian mengenai potensi energi tenaga surya dengan variasi kemiringan panel surya ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] J.H. An, B.H. Kim, J.H. Jeong, D.M. Kim, Y.S. Jeon, K.O. Jeon and K.S. Hwang. "Preparation of vanadium-doped TiO₂ thin films on glass substrates", *Ceramic Processing Research*, 6.2 (2005): 163-166
- [2] S. Nagarajan dan N. Rajendran. "Crevice corrosion behaviour of superaustenitic stainless steels: Dynamic electrochemical impedance spectroscopy and atomic force microscopy studies", *Corrosion Science*, 51 (2009): 217-224
- [3] A. Taftazani, Darsono dan Sudjatmoko. "Studi Kemampuan Akselerator (PIXE) Untuk Pemantauan Kualitas Lingkungan Hidup", *Prosiding Pertemuan dan Presentasi Ilmiah Teknologi Akselerator dan Aplikasinya*, Yogyakarta (2002): 7-14
- [4] J. Kristi, N. Handayani, A. Yuniati. "Pengaruh Kualitas VCO (Virgin Coconut Oil) Terhadap Nilai Konstanta Kerr dan Perubahan Sudut Polarisasi Cahaya", *Prosiding Pertemuan dan Presentasi Ilmiah - Penelitian dasar Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Nuklir*, Yogyakarta (2012): 28-34
- [5] K. Nishikawa dan M. Wakatani. *Plasma Physics*, Springer-Verlag, Berlin (1994)
- [6] E. Oks. *Plasma Cathode Electron Sources*, WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim (2006)
- [7] J.H. Yang, Y.S. Han, J.H. Choy. "TiO₂ thin-films on polymer substrates and their photocatalytic activity", *Thin Solid Films*, 495 (2006): 266-271
- [8] M. Muslim, H. Suseno and F. Rafsani. "Distribution of ¹³⁷Cs radionuclide in industrial wastes effluents of Gresik, Est Java, Indonesia", *Atom Indonesia*, 41.1 (2015): 47-50
- [9] O. Ozturk. "Microstructural and mechanical characterization of nitrogen ion implanted layer on 316L stainless steel", *Nuclear instruments and Methods in Physics Research B*, 267 (2009): 1526.