

## Studi Potensi Radiasi Matahari Untuk Pemanfaatan Energi Surya Di Kota Kendari

Andi Wiwin<sup>1)</sup>, Abd. Kadir<sup>2)</sup>, La Hasanudin<sup>3)</sup>, Indrayati Galugu<sup>4)</sup>

<sup>1</sup> Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Halu Oleo

<sup>2,3</sup> Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Halu Oleo

<sup>4</sup> Dosen Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Halu Oleo  
Jln. H.E.A Mokodompit, Kampus Bumi Tridarma Andonohu, Kendari 93232

E-mail : 4ndiwiwin@gmail.com

### Abstrak

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui data intensitas radiasi matahari yang akan digunakan pada pemanfaatan energi surya. Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu *Solar Power Meter*, *HP android*, *laptop*, dan *thermometer*. Dari hasil penelitian dapat disimpulkan beberapa hal yaitu data mengenai intensitas radiasi matahari dapat diperoleh dengan menggunakan dua metode yaitu pengukuran secara langsung dan perhitungan secara teori. Data intensitas matahari yang didapat pada penelitian ini dengan mengambil nilai rata-rata dari data penelitian selama satu bulan tepatnya bulan maret 2018, maka didapat nilai untuk pengukuran langsung dengan nilai tertinggi data intensitas radiasi matahari yaitu pada pukul 11:30 dengan nilai intensitas radiasi matahari  $666 \text{ W/m}^2$  dan nilai terendah data intensitas radiasi matahari yaitu pada pukul 17:00 dengan nilai intensitas radiasi matahari  $167 \text{ W/m}^2$ , sedangkan untuk perhitungan secara teori maka didapat dengan nilai tertinggi data intensitas radiasi matahari yaitu pada pukul 12:00 dengan nilai intensitas radiasi matahari  $974 \text{ W/m}^2$  dan nilai terendah data intensitas radiasi matahari yaitu pada pukul 17:00 dengan nilai intensitas radiasi matahari  $170 \text{ W/m}^2$ .

**Kata kunci:** Data intensitas radiasi matahari, pengukuran secara langsung dan perhitungan secara teori, hasil dari pengukuran dan perhitungan.

### Abstract

*The purpose of this research is to know the data of solar radiation intensity that will be used in the utilization of solar energy. The tools and materials used in this research are Solar Power Meter, HP android, laptop, and thermometer. From the results of research can be concluded some things that data about the intensity of solar radiation can be obtained by using two methods of direct measurement and theoretical calculation. Solar intensity data obtained in this study by taking the average value of data research for a month exactly month march 2018, then obtained value for the measurement directly with the highest value of solar radiation intensity data is at 11:30 with the sun radiation intensity value of  $666 \text{ W/m}^2$  and the lowest value of solar radiation intensity data is at 17:00 with the sun radiation intensity value  $167 \text{ W/m}^2$ , while for theoretical calculation then obtained with the highest value of solar radiation intensity data is at 12:00 with the intensity of solar radiation  $974 \text{ W/m}^2$  and the lowest value of solar radiation intensity data is at 17:00 with radiation intensity value sun  $170 \text{ W/m}^2$*

**Keywords:** *Data of solar radiation intensity, direct measurement and theoretical calculation, result of measurement and calculation.*

### Pendahuluan

Salah satu energi terbarukan yang dapat dimanfaatkan adalah energi surya,

melihat energi ini jumlahnya tidak terbatas dan sejauh ini pemanfaatannya terbilang masih belum optimal khususnya di

Indonesia sendiri. Padahal Indonesia merupakan Negara tropis yang dilewati garis katulistiwa sehingga kita dapat memanfaatkan sinar matahari secara maksimal.

Teknologi yang dapat digunakan dalam pemanfaatan energi surya ini salah satunya adalah fotovoltaik, karena dengan teknologi fotovoltaik dapat merubah energi surya langsung menjadi energi listrik. Salah satu parameter yang sangat penting dalam perencanaan kolektor surya plat datar adalah data intensitas radiasi matahari yang bisa dimanfaatkan. Biasanya untuk mengetahui intensitas radiasi matahari adalah dengan melakukan pengukuran langsung dengan alat solar power meter atau dengan perhitungan secara teori.

Mengingat intensitas radiasi matahari tidak sama pada setiap kota maka perlu dilakukan sebuah penelitian secara langsung dan perhitungan secara teori agar kita dapat memprediksi intensitas radiasi matahari untuk lokasi yang akan memanfaatkan energi matahari menjadi energi listrik.

### Rumusan Radiasi Surya

Matahari mempunyai diameter  $1,39 \times 10^9$  m, bumi mengelilingi matahari dengan lintasan berbentuk ellips dengan matahari berada pada salah satu pusatnya, jarak rata-rata matahari dari permukaan bumi adalah  $1,495 \times 10^{11}$ m, waktu tempuh sinar matahari sampai ke permukaan bumi sekitar 8 menit 20 detik. Pola masuknya energi panas matahari dengan cara radiasi ke permukaan bumi. Matahari mencurahkan daya radiasi rata-rata yang diterima bumi (diluar atmosfer)

dari matahari pada arah tegak lurus permukaan per meter persegi sebesar  $1367 \text{ W/m}^2$  atau yang sering disebut dengan nilai konstanta matahari ( $G_{sc}$ )

Karena lintasan bumi berbentuk ellips, maka jarak matahari dan bumi tidak tetap, jarak terdekat  $1,47 \times 10^{11}$ m dan jarak terjauh  $1,52 \times 10^{11}$ m. Perbedaan jarak ini hanya 3,3% dari jarak rata-rata. Akibat perbedaan jarak ini, maka radiasi permukaan di luar atmosfer akan berbeda setiap hari. Radiasi ini biasanya disimbolkan dengan  $G_{on}$ , pada hari ke n yang dirumuskan oleh *Beckman* sebagai berikut:

$$G_{on} = G_{sc} \left( 1 + 0,033 \cos \frac{360n}{365} \right) \quad (1)$$

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

$$B = (n - 1) \frac{360}{365} \quad (3)$$

Dimana :

B = konstanta surya  $1367 \text{ w/m}^2$

B = Nilai yang diperoleh berdasarkan urutan hari yang akan diprediksi radiasinya.

Harganya dapat diperoleh dari urutan hari berdasarkan bulan yang tercantum pada Tabel 1

Tabel 1. Urutan Hari Berdasarkan Bulan (Duffie, 1991)

Bulan	Nilai $n$ pada hari yang ke- $i$
Januari	I
Februari	31 + i
Maret	59 + i
April	90 + i
Mei	120 + i
Juni	151 + i
Juli	181 + i
Agustus	212 + i
September	243 + i
Oktober	273 + i
November	304 + i
Desember	334 + i

Beberapa Istilah yang biasanya dijumpai pada perhitungan radiasi adalah :

1. *Air Mass* ( $m$ )

Adalah perbandingan massa udara sampai ke permukaan bumi pada posisi tertentu dengan massa udara yang dilalui sinar jika matahari tepat pada posisi zenit. Artinya pada posisi tegak lurus (zenit =0) nilai  $m=1$ , pada sudut zenith  $60^\circ$ ,  $m=2$ . Pada sudut zenit dari  $0^\circ-70^\circ$ .

$$m = \frac{1}{\cos \theta} \quad (4)$$

2. *Beam Radiation*

Radiasi energi dari matahari yang tidak dibelokkan oleh atmosfer. Istilah ini sering juga disebut radiasi langsung (direct solar radiation).

3. *Diffuse Radiation*

Radiasi energi surya dari matahari yang telah dibelokkan oleh atmosfer.

4. *Total Radiation*

Adalah jumlah beam dan diffuse radiation.

5. *Irradiance* ( $W/m^2$ )

Adalah laju energi radiasi yang diterima suatu permukaan persatuan luas permukaan tersebut Solar irradiance biasanya disimbolkan dengan  $G$ . Dalam bahasa Indonesia besaran ini biasanya disebut dengan Intensitas radiasi.

6. *Irradiation or Radian Exposure* ( $J/m^2$ )  
 Jumlah energi radiasi (bukan laju) yang diterima suatu permukaan dalam interval waktu tertentu. Besaran ini didapat dengan mengintegalkan  $G$  pada interval waktu yang diinginkan, misalnya untuk 1 hari biasa disimbolkan  $H$  dan untuk 1 jam biasa disimbolkan  $I$ .

7. *Solar Time* atau Jam Matahari  
 Adalah waktu berdasarkan pergerakan semu matahari di langit pada tempat tertentu. Jam matahari (disimbolkan  $ST$ ) berbeda dengan penunjukkan jam biasa (*standard time*, disimbolkan  $STD$ ).

Hubungannya adalah :

$$ST = STD \pm 4(L_{st} - L_{loc}) + E \quad (5)$$

Dimana :

$STD$  = waktu lokal

$L_{st}$  = *standart meridian* untuk waktu lokal ( $^\circ$ )

$L_{loc}$  = derajat bujur untuk daerah yang dihitung ( $^\circ$ ); untuk bujur timur, digunakan (-4), untuk bujur barat digunakan (+4)

$E$  = faktor persamaan waktu

Pada persamaan ini  $L_{st}$  *standard meridian* untuk waktu lokal.  $L_{loc}$  adalah derajat bujur daerah yang sedang dihitung, jika daerah yang dihitung ada pada bujur timur, maka gunakan tanda minus didepan angka 4 dan jika bujur barat adalah tanda plus.  $E$  adalah *equation of time*, dalam satuan menit dirumuskan oleh Spencer pada tahun 1971.

$$E = 229,2(0,000075 + 0,001868 \cos B - 0,032077 \sin B - 0,014615 \cos 2B - 0,04089 \sin 2B) \quad (6)$$

Dimana :

$B$  = Konstanta yang bergantung pada nilai ( $n$ )

$E$  = Faktor persamaan waktu

Sudut lain yang sering digunakan dalam menentukan jumlah radiasi yang dapat diterima oleh sebuah

permukaan di bumi antara lain sudut deklinasi  $\delta$ , yaitu kemiringan sumbu matahari terhadap garis normalnya. Kemudian sudut jam  $\omega$  adalah sudut pergeseran semu matahari dari dari garis siang. Perhitungan berdasarkan jam matahari (ST), setiap berkurang 1 jam,  $\omega$  berkurang 15 dan setiap bertambah 1 jam,  $\omega$  bertambah 15°. Artinya tepatpukul 12.00 siang,  $\omega=0$ , pukul 11.00 pagi  $\omega = -15^\circ$  dan pukul 14.00,  $\omega = 30^\circ$ .

Spencer (1971) mengajukan persamaan untuk menghitung sudut deklinasi:

$$\delta = C_1 + C_2 \cos B + C_3 \sin B + C_4 \cos 2B + C_5 \sin 2B + C_6 \cos 3B + C_7 \sin 3B \quad (7)$$

Dimana :

$$\begin{aligned} C_1 &= 0,006918 & C_5 &= 0,000907 \\ C_2 &= -0,399912 & C_6 &= -0,002679 \\ C_3 &= 0,070257 & C_7 &= 0,00148 \\ C_4 &= -0,006758 \end{aligned}$$

$n$  = hari ke

$\delta$  = sudut deklinasi (rad)

$B$  dihitung dengan menggunakan persamaan dan  $n$  adalah urutan hari pada suatu tahun. Berdasarkan bulan yang diketahui ditampilkan pada Tabel 2.

Sudut *zenith*  $\theta_z$  adalah sudut yang dibentuk garis sinar terhadap garis *zenith*. *Cosinus* sudut *zenith* dapat dicari melalui persamaan berikut.

$$\cos \theta_z = \cos \varphi \times \cos \delta \times \cos \omega + \sin \varphi \times \sin \delta \quad (8)$$

Sudut jam matahari ( $\omega$ ) dihitung berdasarkan jam matahari. Definisi sudut jam matahari adalah sudut pergeseran semu matahari dari garis siangnya. Perhitungan berdasarkan jam matahari (ST), setiap berkurang 1 jam,  $\omega$  berkurang 15°, setiap bertambah 1 jam,  $\omega$  bertambah 15°.

$$\omega = 15 (ST - 12) + (ST - STD) \times 15/60 \quad (9)$$

Dimana :

STD = waktu lokal

ST = solar time

$\omega$  = sudut jam matahari (°)

Dengan estimasi langit cerah, fraksi radiasi matahari yang diteruskan dari *atmosphere* ke permukaan bumi adalah :

$$\tau_b = a_0 + a_1 \exp(-k / \cos \theta_z) \quad (10)$$

Dimana :

$$a_0 = r_0 (0,4237 - 0,0082 (6 - A)^2)$$

$$a_1 = r_1 (0,5055 - 0,00595 (6,5 - A)^2)$$

$$k = r_k (0,2711 - 0,01858 (2,5 - A)^2)$$

$a$  = ketinggian dari permukaan laut (km)

$r_0, r_1, r_k$  = faktor koreksi akibat iklim

Tabel 2. Faktor koreksi iklim (Beckman, 1991)

Iklim	$r_0$	$r_1$	$r_k$
Tropical	0,95	0,98	1,02
Mediatude summer	0,97	0,99	1,02
Subarctic summer	0,99	0,99	1,01

Radiasi beam adalah radiasi yang langsung di transmisikan dari *atmosphere* ke permukaan bumi. Adapun persamaan yang digunakan untuk mencari radiasi beam.

$$G_{beam} = G_{on} \tau_b \cos \theta_z \quad (11)$$

Dimana :

$G_{on}$  = radiasi yang diterima *atmosphere* ( $W/m^2$ )

$\tau_b$  = faksi radiasi yang diteruskan ke bumi

$\cos \theta_z$  = cosinus sudut *zenith*

$G_{beam}$  = radiasi yang ditransmisikan dari *atmosphere* ke permukaan bumi ( $W/m^2$ )

Radiasi *diffuse* adalah radiasi yang di pantulkan ke segala arah, dan kemudian dimanfaatkan. Adapun persamaan yang digunakan untuk mencari radiasi diffuse adalah :

$$G_{diffuse} = G_{on} \cos \theta_z (0,271 - 0,294 \tau_b) \quad (12)$$

Dimana :

$G_{on}$  = radiasi yang diterima *atmosphere* ( $W/m^2$ )

$\tau_b$  = faksi radiasi yang diteruskan ke bumi

$\cos \theta_z$  = cosinus sudut zenith

$G_{diffuse}$  = Radiasi yang dipantulkan ke segala arah dan kemudian dapat dimanfaatkan ( $W/m^2$ )

Radiasi total adalah jumlah dari radiasi *beam* dan radiasi *diffuse* seperti pada persamaan berikut:

$$G_{total} = G_{beam} + G_{diffuse} \quad (13)$$

### Metode Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Februari sampai dengan bulan Maret 2018, lokasi penelitian di di kota Kendari tepatnya di, Kec. Kambu, Kel. Kambu.

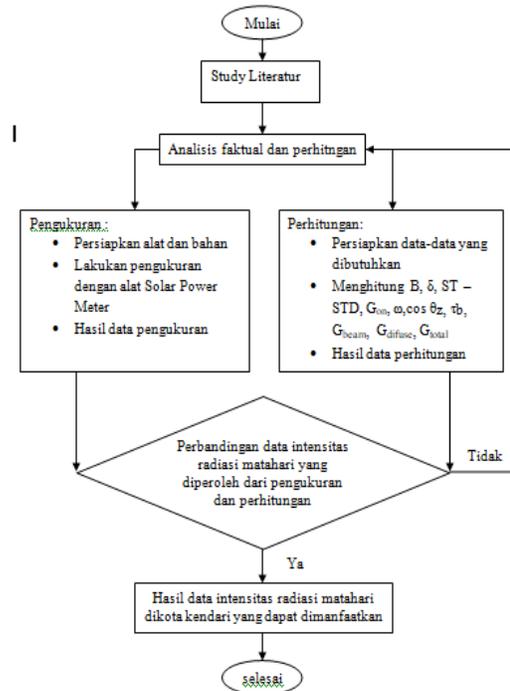
Adapun peralatan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Solar Power Meter* ( SPM ) DT-1307 yang berfungsi untuk mengukur intensitas radiasi matahari



Gambar 1. *Solar power meter* ( SPM ) DT-1307

Keterangan:

1. *Power*
2. Satuan
3. Pemulihan
4. *Hold*
5. *Min/Max*
6. Lampu
7. *Sensor*



Gambar 2. Diagram alir penelitian

### Hasil Dan Pembahasan

Data mengenai intensitas radiasi matahari yang dapat dimanfaatkan untuk kota kendari dapat diperoleh dengan dua metode yaitu pengukuran secara langsung dan perhitungan secara teori.

#### 1. Pengukuran secara langsung

Setelah dilakukan pengambilan data intensitas radiasi matahari selama satu bulan yang lebih tepatnya pada bulan maret 2018 dengan menggunakan metode pengukuran langsung dan kemudian data tersebut dirata-ratakan selama satu bulan maka data yang didapat selama pengukuran adalah sebagai berikut:

Tabel 3. Data intensitas radiasi matahari dengan menggunakan metode pengukuran langsung

Pukul ( Jam )	Intensitas Radiasi Matahari $W/m^2$
08:00	400
08:30	408
09:00	468
09:30	602
10:00	657
10:30	570
11:00	525
11:30	666
12:00	644
12:30	521
13:00	516
13:30	521
14:00	423
14:30	379
15:00	394
15:30	337
16:00	254
16:30	210
17:00	167

2. Perhitungan secara teori.

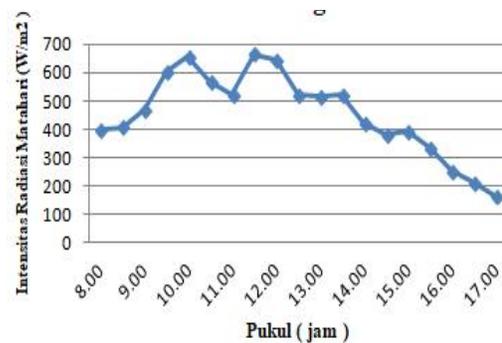
Setelah dilakukan pengambilan data intensitas radiasi matahari selama satu bulan Maret 2018, dengan menggunakan metode perhitungan secara teori dan kemudian data tersebut dirata-ratakan selama satu bulan didapat selama pengukuran adalah sebagai berikut:

Table 4. Data intensitas radiasi matahari dengan menggunakan metode perhitungan secara teori

Pukul ( Jam )	Intensitas Radiasi Matahari $W/m^2$
08:00	402
08:30	474
09:00	611
09:30	693
10:00	815
10:30	858
11:00	932
11:30	953
12:00	974
12:30	970
13:00	935
13:30	909
14:00	821
14:30	773
15:00	640
15:30	575
16:00	411
16:30	338
17:00	170

Data intensitas radiasi matahari dengan menggunakan metode perhitungan secara teori didapat dengan menggunakan rumusan radiasi surya.

1 Grafik pengukuran secara langsung

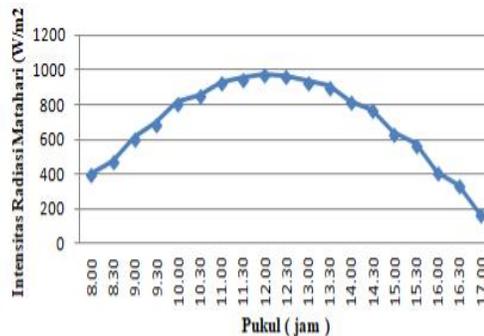


Gambar 3. Grafik pengukuran secara langsung

Berdasarkan gambar grafik diatas maka kita dapat mengetahui data intensitas radiasi matahari yang akan dimanfaatkan untuk kota kendari dengan menggunakan metode pengukuran langsung dengan mengambil nilai rata-rata selama satu bulan tepatnya pada bulan maret 2018, pengukuran yang dilakukan selama 10 jam

yaitu mulai dari pukul 08:00–17: 00 WITA. Maka nilai rata-rata selama satu bulan yang memiliki nilai tertinggi data intensitas radiasi matahari yaitu pada pukul 11:30 dengan nilai intensitas radiasi matahari  $666 \text{ W/m}^2$  , sedangkan nilai terendah data intensitas radiasi matahari yaitu pada pukul 17:00 dengan nilai intensitas radiasi matahari  $167 \text{ W/m}^2$ .

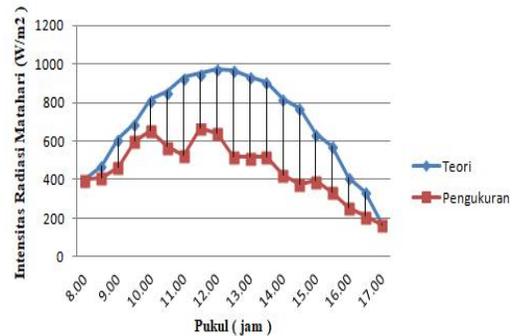
## 2 Grafik perhitungan secara teori



Gambar 4. Grafik perhitungan secara teori

Berdasarkan gambar grafik diatas maka kita dapat mengetahui data intensitas radiasi matahari yang akan dimanfaatkan untuk kota kendari dengan menggunakan metode perhitungan secara teori dengan mengambil nilai rata-rata selama satu bulan tepatnya pada bulan maret 2018, perhitungan ini dilakukan dengan menggunakan rumusan radiasi surya dengan mengetahui data geografi daerah tempat penelitian yang meliputi posisi lintang dan bujur, ketinggian dari permukaan laut, dan standar waktu lokal sehingga kita dapat mengetahui data intensitas radiasi matahari selama 10 jam yaitu mulai dari pukul 08:00–17: 00 WITA. Maka nilai rata-rata selama satu bulan yang memiliki nilai tertinggi data intensitas radiasi matahari yaitu pada pukul 12:00 dengan nilai intensitas radiasi matahari  $974 \text{ W/m}^2$  , sedangkan nilai terendah data intensitas radiasi matahari yaitu pada pukul 17:00 dengan nilai intensitas radiasi matahari  $170 \text{ W/m}^2$ .

## 3. Grafik perbandingan antara pengukuran secara langsung dengan perhitungan secara teori



Gambar 5. Grafik perbandingan antara pengukuran secara langsung dengan perhitungan secara teori

Berdasarkan gambar grafik diatas kita dapat mengetahui perbedaan nilai data intensitas radiasi matahari yang akan dimanfaatkan untuk kota kendari, perbedaan antara hasil pengukuran secara langsung dengan perhitungan secara teori di kota kendari dikarenakan oleh banyak faktor diantaranya disebabkan data intensitas radiasi matahari yang didapat secara pengukuran langsung sangat dipengaruhi oleh faktor cuaca dimana kondisi cuaca dalam kondisi berawan bahkan cuaca hujan, sedangkan secara perhitungan secara teori kondisi cuacanya dalam keadaan langit cerah. Faktor selanjutnya kenapa intensitas radiasi matahari hasil perhitungan lebih tinggi dari pada hasil pengukuran disebabkan karena penyimpangan konstanta untuk daerah tropis yang di usulkan oleh Hottel yang dimana konstanta untuk daerah tropis terlalu luas yaitu antara 230 LU- 230 LS (dari kota Maco, China sampai kota Longreach, Australia sejauh 5.135 Km).

## Kesimpulan

Hasil penelitian mengenai data intensitas radiasi matahari yang dapat dimanfaatkan untuk kota kendari maka dapat disimpulkan beberapa hal, yaitu :

1. Data mengenai intensitas radiasi matahari dapat diperoleh dengan

- menggunakan dua metode yaitu pengukuran secara langsung dan perhitungan secara teori
2. Data intensitas matahari yang didapat pada penelitian ini dengan mengambil nilai rata-rata dari data penelitian selama satu bulan tepatnya bulan maret 2018, maka didapat nilai untuk pengukuran langsung dengan nilai tertinggi data intensitas radiasi matahari yaitu pada pukul 11:30 dengan nilai intensitas radiasi matahari  $666 \text{ W/m}^2$  dan nilai terendah data intensitas radiasi matahari yaitu pada pukul 17:00 dengan nilai intensitas radiasi matahari  $167 \text{ W/m}^2$ , sedangkan untuk perhitungan secara teori maka didapat dengan nilai tertinggi data intensitas radiasi matahari yaitu pada pukul 12:00 dengan nilai intensitas radiasi matahari  $974 \text{ W/m}^2$  dan nilai terendah data intensitas radiasi matahari yaitu pada pukul 17:00 dengan nilai intensitas radiasi matahari  $170 \text{ W/m}^2$
  3. Data intensitas radiasi matahari yang di dapat dengan dua metode diatas mengalami perbedaan antara hasil pengukuran secara langsung dengan perhitungan secara teori di kota kendari dikarenakan oleh banyak faktor diantaranya disebabkan data intensitas radiasi matahari yang didapat secara pengukuran langsung sangat dipengaruhi oleh faktor cuaca dimana kondisi cuaca dalam kondisi berawan bahkan cuaca hujan, sedangkan secara perhitungan secara teori kondisi cuacanya dalam keadaan langit cerah.

#### Daftar Pustaka

- Ambarita H . 2011. Perhitungan Radiasi Surya Langit Cerah. Sustainable Energy Research Group. Mechanical Engineering. USU.
- Archie W. Culp, Jr., Ph.D, 1996, *Prinsip-Prinsip Konversi Energi*, Erlangga, Jakarta
- John A. Duffie, William A. Beckman, 1991, *Solar Engineering Of Thermal Processes*, Edisi 1, John Wiley & Sons, Inc, America.
- J.P.Holman, 1997, *Perpindahan Kalor*, Edisi 6, Erlangga, Jakarta
- Jufrizal, Zulkifli, Ambarita,H, 2013. *Perkiraan Intensitas Radiasi Matahari Yang Dapat Dimanfaatkan Pada Permukaan Datar Dengan Metode Simulasi*. Jurnal Saintek, 27, 65-73.
- Mairisdawenti, Pujiastuti, D.,Ilahi,A.F, 2014. *Analisis Pengaruh Intensitas Radiasi Matahari, Temperatur Dan Kelembaban Udara Terhadap Fluktuasi Konsentrasi Ozon Permukaan Di Bukit Kototabang Tahun 2005-2010*. Jurnal Fisika Unand, 3, 177-183.
- Rifai, L.D., Tongkukut, S.H.J., Raharjo, S.S, 2014. *Analisis Intensitas Radiasi Matahari Di Manado Dan Maros*. Jurnal Mipa Unsrat, 3, 49-52.
- Susatya, E.K.W.A., Pamungkas, R., Susanti, T., Setiawan, A. *Prosiding Seminar Nasional Sains Dan Pendidikan Sains Uksw*, 8, 1-5.
- Wiranto Arismunadar, 1995, *Teknologi Rekayasa Surya*, PT Perdy Paramita, Jakarta.
- <http://kendarikota.bps.go.id>.