

PENGEMBANGAN MODEL RADIASI MATAHARI UNTUK KOTA BANDUNG

DEVELOPMENT OF SOLAR RADIATION MODEL FOR BANDUNG

Eka Muslim Budiansyah¹, Dr. Mamat Rokhmat, S.Si., M.T.², Dr. Ery Djunaedy, M.Sc.³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Fisika, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

ekambudiansyah@gmail.com¹, mamatrokhmat76@gmail.com², ervdjunaedy@gmail.com³

Abstrak

Saat ini, nilai radiasi matahari di suatu daerah dapat diketahui dengan menggunakan alat atau teknologi tertentu yang juga dapat memberikan informasi tambahan mengenai temperature, kelembapan (*humidity*) dan komponen-komponen cuaca lainnya. Namun, hingga saat ini belum terdapat formula yang dapat menghitung nilai radiasi matahari di suatu daerah berdasarkan nilai komponen – komponen cuaca yang telah diketahui sebelumnya, sehingga nilai radiasi matahari belum dapat dihitung kapan saja dan di mana saja saat dibutuhkan. Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan formula radiasi matahari yang dapat dihitung menggunakan komponen-komponen cuaca yang mudah didapat seperti temperature dengan derajat pengukuran Celsius (°C) dan kelembapan (*humidity*). Menggunakan data variabel komponen cuaca Kota Bandung dalam satu tahun penuh yang kemudian dipartisi berdasarkan kondisi cuaca, peneliti menggunakan *software* R Studio mengembangkan beberapa formula yang dapat digunakan untuk menghitung nilai radiasi matahari matahari di Kota Bandung.

Kata Kunci: Nilai Radiasi Matahari, Temperatur, Kelembapan, Formula Radiasi Matahari, Kota Bandung.

Abstract

Currently, the solar radiation value in one place can be known using certain tools or technology that can provide additional information about temperature, humidity, and other weather component. However, there is no formula that can calculate the value of solar radiation cannot be calculated anytime and anywhere when needed. This study aims to develop a calculated solar radiation formula using available weather components such as temperature with degrees of Celsius (°C) and humidity. By applying the weather component variable data of Bandung City in one full year which is then partitioned based on weather situation, researcher used R Studio software to develop several formula that can be used to calculate the value of solar radiation in Bandung City.

Keywords: Solar Radiation Value, Temperature, Humidity, Solar Radiation Formula, Bandung City.

1. Pendahuluan

Matahari adalah salah satu fenomena alam yang memiliki manfaat bagi kelangsungan makhluk hidup di bumi [1]. Matahari merupakan sumber energi yang potensial bagi kebutuhan manusia, dimana energi tersebut bisa didapat dari panas yang merambat sampai permukaan bumi, dan cahaya jatuh sampai permukaan bumi [2]. Matahari juga merupakan sumber energi yang tidak akan habis dan belum banyak dimanfaatkan oleh manusia [1]. Perubahan aktivitas matahari jangka Panjang memegang peranan penting dalam perubahan iklim global. Ketika aktivitas matahari meningkat maka jumlah energi yang dipancarkan ke bumi akan semakin besar. Hal ini ditunjukkan dengan besarnya radiasi matahari yang sampai ke bumi [3]. Indonesia merupakan negara berkembang yang memiliki berbagai jenis sumber daya energi dalam jumlah yang cukup melimpah. Letak Indonesia yang berada pada daerah khatulistiwa, maka wilayah Indonesia akan selalu disinari matahari selama 10 sampai 12 jam dalam sehari [4]. Sayangnya, untuk banyak negara berkembang, pengukuran radiasi matahari tidak mudah dilakukan karena peralatan dan biaya pemeliharaan yang tinggi serta persyaratan kalibrasi alat ukur. Solusi berdasarkan latarbelakang yang telah dipaparkan diatas, akan dilakukan perhitungan nilai radiasi matahari dengan pemodelan yang mempunyai variabel *temperature*, *humidity*, dan *clear-sky solar radiation* pada permukaan horizontal. Penelitian ini menggunakan data iklim daerah Kota Bandung, pada penelitian ini akan dilakukan pemodelan, sehingga diketahui formula radiasi Kota Bandung menggunakan R Studio. Pada penelitian ini juga diketahui beberapa variabel untuk menghitung nilai radiasi Kota Bandung.

2. Dasar Teori

2.1 Suhu Udara

Temperatur adalah suatu ukuran tingkat panas suatu benda. Suhu suatu benda ialah keadaan yang menentukan kemampuan benda tersebut mentransfer panas atau menerima panas, dari benda satu ke benda yang lain. Distribusi di dalam atmosfer sangat bergantung terutama pada keadaan radiasi matahari, oleh sebab itu suhu udara selalu mengalami perubahan [5].

2.2 Kelembapan Udara

Kelembapan udara adalah banyaknya uap air yang terkandung dalam udara atau atmosfer. Besarnya tergantung dari masuknya uap air ke dalam atmosfer karena adanya penguapan dari air yang ada di lautan, danau, dan sungai, maupun dari air tanah. Uap air dalam atmosfer dapat berubah bentuk menjadi cair atau padat yang akhirnya dapat jatuh ke bumi antara lain sebagai hujan. Kelembapan udara yang cukup besar memberi petunjuk bahwa udara banyak mengandung uap air atau udara dalam keadaan basah [6].

2.3 Clear-Sky Solar Radiation pada permukaan horizontal

Pengetahuan tentang *clear-sky solar radiation* dalam bentuk tahun dan hari diperlukan untuk memperoleh perhitungan beban HVAC dan digunakan dalam beberapa aplikasi energi matahari. Diperlukan *the table of climatic design* untuk menghitung *clear-sky solar radiation* dan beberapa persamaan dibawah ini. Pada semua persamaan, sudut-sudut ditunjukkan dalam bentuk derajat.

2.3.1 Konstanta Solar dan Radiasi Matahari Ekstraterrestrial

Konstanta solar E_{sc} didefinisikan sebagai intensitas radiasi matahari tepat di luar atmosfer bumi pada jarak rata-rata permukaan bumi dan matahari. Nilai yang sering digunakan oleh *World Meteorological Organization* adalah $E_{sc} = 1367 \text{ W/m}^2$. Karena orbit bumi sedikit elips, maka *extraterrestrial radiant flux* E_o bervariasi sepanjang tahun. Radiasi matahari ekstraterrestrial dapat ditunjukkan dengan persamaan:

$$E_o = E_{sc} \left\{ 1 + 0.033 \cos \left[360^\circ \frac{(n-3)}{365} \right] \right\} \quad (1)$$

Dimana n adalah *the day of the year* (misalkan 1 pada 1 Januari, dan 32 pada 1 Februari dan seterusnya).

2.3.2 Persamaan Waktu dan Waktu Matahari

Apparent solar time (AST) adalah waktu yang ditunjukkan oleh matahari hakiki setempat. *Apparent solar time (AST)* didasarkan pada gerakan matahari yang sebenarnya. Variasi dari kecepatan orbital bumi disebut *equation of time (ET)*. Atau *equation of time (ET)* diartikan dengan rumus sebagai berikut :

$$ET = 2.2918 [0.0075 + 0.1868 \cos(\Gamma) - 3.2077 \sin(\Gamma) - 1.4615 \cos(2\Gamma) - 4.089 \sin(2\Gamma)] \quad (2)$$

Dengan ET dinyatakan dalam menit dan,

$$\Gamma = 360^\circ \frac{n-1}{365} \quad (3)$$

AST terkait dengan *local (site) longitude* dengan *longitude* dari *local standard meridian (LSM)* dan *local standard time (LST)*. Fungsi *LSM* digantikan oleh *coordinate universal time (UTC)*. Di Indonesia mempunyai tiga pembagian zona waktu, yaitu waktu Indonesia barat (WIB) yang memiliki (UTC +7), waktu Indonesia tengah (WITA) yang memiliki nilai (UTC +8), dan waktu Indonesia timur (WIT) yang memiliki nilai (UTC +9). Sedangkan *local standard time (LST)* adalah memasukan waktu lokal ke zona waktu yang sama [8].

$$AST = LST + ET/60 + (LON - LSM)/15 \quad (4)$$

Dimana,

AST = *apparent of solar time, decimal hours*

LST = *local standard time, decimal hours*

ET = *equation of time in minutes*

LSM = *longitude of solar time meridian, °E of Greenwich (negative in western hemisphere)*

Kebanyakan *standard time meridian* ditemukan pada setiap 15° dari 0° di Greenwich, Inggris. *Standard meridian longitude* terkait dengan *Time Zone*, berikut persamaannya:

$$LSM = 15TZ \quad (5)$$

Dimana TZ adalah *Time Zone* dinyatakan dalam jam lebih cepat atau lambat dan terhubung dengan *coordinated universal time (UTC)*

2.3.3 Deklinasi

Deklinasi bisa diperoleh dari *astronomical or natural almanac*. Namun untuk kebanyakan aplikasi *engineering* mengikuti persamaan berikut:

$$\delta = 23.45 \sin \left(360^\circ \frac{n+284}{365} \right) \quad (6)$$

Dimana δ berada dalam derajat dan n adalah *the day of year* (1 pada 1 Januari, dan 32 pada 1 Februari dan seterusnya).

2.3.4 Posisi Matahari

Posisi matahari dilangit biasanya diungkapkan dengan istilah *solar altitude* dan *solar azimuth*. *Solar altitude angle* β didefinisikan sebagai sudut antara bidang horizontal dan garis yang memancar dari matahari. Nilainya berkisar

dari 0° ketika matahari berada di *horizon*, ke 90° jika matahari berada diatas kepala. *Solar azimuth angle* ϕ didefinisikan sebagai perpindahan sudut dari selatan proyeksi pada bidang horizontal, dari garis bumi/matahari. *Solar altitude* dan *azimuth angle*, bergantung pada *local latitude* L (dalam derajat $^\circ$ N dan bernilai negative bila $^\circ$ S). *Solar declination* δ merupakan fungsi dari tanggal dan sudut jam (H). yang didefinisikan sebagai perpindahan sudut matahari timur ke barat yang disebabkan oleh rotasi bumi dan dinyatakan dalam derajat sebagai:

$$H = 15(\text{AST} - 12) \quad (7)$$

Dimana AST adalah *apparent solar time*. H bernilai 0 jika siang hari, positif jika pada sore hari, dan negatif pada malam hari. persamaan berikut menghubungkan *solar altitude angle* β ke L , δ , dan H .

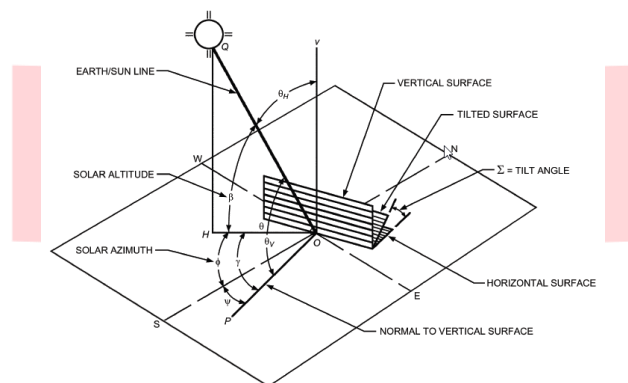
$$\sin \beta = \cos L \cos \delta \cos H + \sin L \sin \delta \quad (8)$$

$$\beta_{max} = 90^\circ - |L - \delta| \quad (9)$$

Nilai *the azimuth angle* ϕ ditentukan dengan cosinus dan sinus.

$$\sin \phi = \sin H \cos \delta / \cos \beta \quad (10)$$

$$\cos \phi = (\cos H \cos \delta \sin L - \sin \delta \cos L) / \cos \beta \quad (11)$$



Gambar 2.1 *Solar angles* untuk permukaan vertikal

2.3.5 Massa Udara

Massa udara merupakan fungsi dari ketinggian matahari, diperoleh dari:

$$m = 1/[\sin \beta + 0.50572(6.07995 + \beta)^{-1.6364}] \quad (12)$$

Dimana β dinyatakan dalam derajat.

2.3.6 Clear-Sky Solar Radiation

Radiasi matahari pada hari yang cerah ditentukan oleh sinar menyeros dan komponen sinar yang menyebar. Komponen yang menyeros merupakan bagian dari radiasi matahari yang berasal dari cakram matahari, sedangkan komponen yang menyebar adalah sisa yang berasal dari langit. Kedua komponen ini dapat dihitung sebagai:

$$E_b = E_o \exp [-\tau_b m^{ab}] \quad (13)$$

$$E_d = E_o \exp [-\tau_d m^{ad}] \quad (14)$$

Dimana,

E_b = *beam normal irradiance* (diukur secara tegak lurus terhadap sinar matahari)

E_d = *diffuse horizontal irradiance* (diukur pada permukaan horizontal)

E_o = *extraterrestrial normal irradiance* [persamaan (1)]

m = massa udara [persamaan (12)]

τ_b dan τ_d = *beam and diffuse optical depths*

ab dan ad = *beam and diffuse air mass exponentz*

Nilai τ_b dan τ_d didapatkan dari tabel *ASHRAE Climatic design conditions*. Kota Bandung tidak memiliki data nilai τ_b dan τ_d sehingga menggunakan data nilai τ_b dan τ_d Jakarta tepatnya di Jakarta Observatory Indonesia. Nilai untuk hari yang lain dalam setahun ditemukan dengan interpolasi. Nilai ab dan ad berkorelasi dengan τ_b dan τ_d ditunjukkan dengan persamaan:

$$ab = 1.454 - 0.406 \tau_b - 0.268 \tau_d + 0.021 \tau_b \tau_d \quad (15)$$

$$ad = 0.507 + 0.205 \tau_b - 0.080 \tau_d - 0.190 \tau_b \tau_d \quad (16)$$

Persamaan (13) hingga (14) dapat memberikan prediksi akurat nilai E_b dan E_d , bahkan di tempat-tempat yang memiliki atmosfer yang berkabut atau lembab hampir sepanjang tahun.

2.3.7 Clear-Sky Solar Radiation pada permukaan horizontal

Sudut antara garis normal ke permukaan yang diradiasi dan garis bumi disebut *angle of incidence* θ , dapat dinyatakan sebagai:

$$\theta = 90 - \beta \quad (17)$$

Dimana, β adalah *solar altitude angle* pada persamaan (8).

Total clear-sky irradiance E_t yang mencapai permukaan horizontal adalah jumlah dari tiga komponen. *Beam component* E_{tb} berasal dari *solar disc*. *Diffuse component* E_{td} berasal dari lengkungan puncak langit. Dan *the ground-reflected component*. E_{tr} yang berasal dari permukaan tanah penerima, dan dapat dinyatakan sebagai:

$$E_t = E_{tb} + E_{td} + E_{tr} \quad (18)$$

The beam component, diperoleh dari:

$$E_{tb} = \cos \theta \quad (19)$$

Dimana θ adalah *angle of incidence* pada persamaan (17)

Diffuse component lebih sulit untuk diperkirakan karena sifat anisotropic dari radiasi difus. Beberapa bagian dari langit seperti *circumsolar disc*, atau cakrawala lebih terang daripada sisa langitnya yang membuat pengembangan model *diffuse component* menjadi meragukan. Berikut fungsinya:

$$E_{td} = E_d (Y \sin \Sigma + \cos \Sigma) \quad (20)$$

Nilai $\Sigma=0^\circ$ untuk permukaan horizontal

Dimana,

$$Y = \max(0.45, 0.55 + 0.437 \cos \theta + 0.313 \cos^2 \theta) \quad (21)$$

The ground-reflected component dapat dinyatakan sebagai:

$$E_{tr} = (E_b \sin \beta + E_d) \rho_g \frac{1 + \cos \beta}{2} \quad (22)$$

Dimana ρ_g adalah *ground reflectance*, umumnya digunakan 0.2 untuk permukaan tanah campuran. Tabel ini menunjukkan nilai *ground reflectance* untuk permukaan tanah yang lain, termasuk pada keadaan salju.

Table 5 Ground Reflectance of Foreground Surfaces

Foreground Surface	Reflectance
Water (near normal incidences)	0.07
Coniferous forest (winter)	0.07
Asphalt, new	0.05
weathered	0.10
Bituminous and gravel roof	0.13
Dry bare ground	0.2
Weathered concrete	0.2 to 0.3
Green grass	0.26
Dry grassland	0.2 to 0.3
Desert sand	0.4
Light building surfaces	0.6
Snow-covered surfaces:	
Typical city center	0.2
Typical urban site	0.4
Typical rural site	0.5
Isolated rural site	0.7

Source: Adapted from Thevenard and Haddad (2006).

Gambar 2.2 Tabel *Ground Refracture*

3. Pembahasan

3.1 Penyusunan Data

Setelah melakukan perhitungan variabel *clear-sky solar radiation* pada permukaan horizontal, selanjutnya adalah penyusunan data. Penyusunan data berfungsi untuk menjadikan variabel *temperature*, *humidity*, dan *clear-sky solar radiation* pada permukaan horizontal untuk menjadi input dalam pemodelan. Serta ada penambahan waktu berisikan tanggal. Bulan, tahun dan jam untuk menjadikan data tersebut menjadi data *time series*.

3.2 Pemisahan Data

Tahapan yang telah dilakukan setelah melakukan penyusunan data adalah tahap pemisahan data. Tahap pertama data adalah menghilangkan waktu malam hari, yaitu pada data pada pukul 19.00 sampai pukul 05.00 karena pada data ini tidak memiliki nilai radiasi dan E_t atau nilai radiasi dan E_{tr} nya adalah 0 W/m^2 . Lalu selanjutnya data dipisah berdasarkan pembagian $\frac{E_t}{\text{Radiasi}}$ atau bisa disebut rasio. Sementara pembagian waktunya adalah data pagi yaitu data dari pukul 06.00 sampai 10.00, data siang yaitu dari pukul 11.00 sampai 14.00, dan data sore yaitu dari pukul 15.00 sampai 18.00.

1. Data Polusi/unik

Data polusi/unik adalah data yang memiliki nilai rasio kurang dari 100%. Keadaan ini mungkin terjadi, karena pada saat itu banyak polusi atau faktor lainnya yang mempengaruhi nilai radiasi/panas di Kota Bandung menjadi lebih panas daripada *clear-sky solar radiation* (Et). Data ini terdiri 176 data.

2. Data Cerah

Keadaan ini dikatakan cerah karena tidak ada awan yang menutupi pancaran radiasi sinar matahari, sehingga nilai *clear-sky solar radiation* pada permukaan horizontal (Et) dan nilai radasi hampir sama. Pada data cerah, terdiri dari 2 kondisi yaitu kondisi pertama memiliki nilai rasio 100% sampai 150% dengan 1274 data. Lalu kondisi kedua yaitu selisih nilai Et - Radiasi adalah kurang dari 50 W/m² dengan 367 data.

3. Data Berawan

Keadaan ini dikatakan berawan karena banyaknya keberadaan awan yang menutupi langit untuk menghalangi sinar matahari menyinari Kota Bandung, sehingga menyebabkan nilai *clear-sky solar radiation* pada permukaan horizontal (Et) dan nilai radasi berbeda lumayan besar. Pada data berawan, terdiri dari 2 kondisi yaitu kondisi pertama memiliki rasio 300% sampai 500% dengan 1125 data. Lalu kondisi kedua yaitu selisih nilai Et - Radiasi antara 50 W/m² sampai 750 W/m² dengan 74 data.

4. Data hujan

Keadaan ini dikatakan hujan karena terjadi hujan dengan intensitas deras, sehingga langit ditutupi awan dan keadaan di Kota Bandung menjadi dingin, sehingga nilai radiasi menjadi sangat berbeda jauh dengan nilai *clear-sky solar radiation* pada permukaan horizontal (Et). Pada data hujan, terdiri dari 2 kondisi yaitu kondisi pertama memiliki rasio diatas 300% dengan 1663 data. Lalu kondisi kedua yaitu selisih nilai Et - Radiasi lebih dari 750 W/m² dengan 8 data.

3.3 Pemodelan

Setelah dilakukan pemisahan data, dilakukan pemodelan sesuai dengan data yang telah dipisah tersebut. Berikut hasil dari pemodelan berupa model.

1. Keadaan polusi/unik.

Fungsi tersebut menunjukkan persamaan dinamik regresi linier, yaitu:

$$y = a + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3$$

$$y = -210.57489 + 10.88414 X_1 + 0.08936 X_2 + 0.95560 X_3$$

2. Keadaan cerah :

$$y = a + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3$$

$$y = 17.6927 + 1.1957 X_1 + (-0.6113 X_2) + 0.7785 X_3$$

3. Keadaan berawan.

$$y = a + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3$$

$$y = 72.6874 + (-1.7648 X_1) + (-0.5530 X_2) + 0.5075 X_3$$

4. Keadaan hujan

$$y = a + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3$$

$$y = 102.9214 + (-0.8263 X_1) + (-1.0250 X_2) + 0.1681 X_3$$

Keterangan :

y = radiation

a = konstanta (intercept)

b₁, b₂, b₃ = koefisien regresi (koefisien variabel independent)

X₁ = temperature

X₂ = humidity

X₃ = Et

3.4 Kriteria Pemisahan Data

Model terbagi dalam 4 submodel sesuai dengan kondisi cuaca, yaitu: model polusi, model cerah, model berawan dan juga model hujan. Berikut adalah cara menggunakan sub model sesuai dengan kriteria cuaca yang terjadi.

1. Kurangkan temperature data yang akan dihitung radiasinya, dengan rata-rata temperature cerah dan tidak memiliki matahari sesuai dengan jamnya. Lalu dilihat nilai mana yang paling kecil atau mendekati untuk digunakan pada sub model cerah, atau tidak memiliki matahari.
2. Jika selisih temperature data yang akan dihitung radiasinya, dengan rata-rata temperature cerah lebih kecil daripada selisih temperature data yang akan dihitung radiasinya, dengan rata-rata temperature yang tidak memiliki matahari, maka berarti data tersebut langsung masuk ke kriteria cuaca cerah, dan langsung bisa digunakan submodel cerah.
3. Jika selisih temperature data yang akan dihitung radiasinya dengan rata-rata temperature yang tidak memiliki matahari lebih kecil daripada selisih temperature data yang akan dihitung radiasinya dengan rata-rata

temperature cerah maka, data tersebut memiliki dua kemungkinan cuaca, yaitu kondisi cuaca berawan dan kondisi cuaca hujan.

4. Cara menentukan jika model tersebut kondisi cuacanya berawan atau hujan adalah dengan mengetahui besarnya nilai w (kadar uap air di udara dengan satuan g/kgm). Lalu nilai w data yang akan dihitung radiasinya dikurangkan dengan w rata-rata kondisi berawan dan kondisi hujan.
5. Lalu dilihat selisih nilai w mana yang paling kecil atau mendekati untuk digunakan pada sub model berawan atau hujan. Jika selisih nilai w lebih kecil dengan nilai rata-rata w pada keadaan cuaca berawan, maka digunakan model berawan. Jika selisih nilai w lebih kecil dengan rata-rata nilai w pada keadaan cuaca hujan, maka digunakan model hujan.
6. Untuk submodel polusi kondisinya berbeda/unik, karena pada submodel ini tidak bergantung berdasarkan *temperature* atau nilai w . Jika diperhatikan dari pola submodel polusi, terjadi berdasarkan tanggal dan jam tertentu. Submodel ini sangat dominan terjadi pada pukul 06.00 dan pukul 18.00. Untuk pukul 06.00 submodel terjadi sepanjang akhir oktober sampai pertengahan januari. Sementara untuk pukul 18.00 submodel polusi terjadi pada pertengahan januari sampai awal februari.

3.5 Hasil Pemodelan

Setelah variabel terpisah berdasarkan kondisi cuacanya, maka langsung dapat digunakan formula dari keadaan cuaca. Berikut adalah beberapa data hasil dari pemodelan pada tanggal 26 Januari. Warna disesuaikan dengan kriteria cuaca pada model.

Time	Temp	Humidity	w	Et	Radiation	Model Radiation
1/26/2017 6:00	19.17	92	0.01407	6.16	6	8.89
1/26/2017 7:00	20.56	88	0.014683	113.33	66	45.25
1/26/2017 8:00	23.44	77	0.015339	364.49	117	282.41
1/26/2017 9:00	25.44	68	0.015267	623.2	538	491.70
1/26/2017 10:00	27.06	62	0.01531	833.64	676	661.14
1/26/2017 11:00	27.83	57	0.014718	967.95	821	769.67
1/26/2017 12:00	28.28	59	0.015657	1016.38	848	806.69
1/26/2017 13:00	29.44	53	0.015032	979.27	863	782.86
1/26/2017 14:00	29.28	49	0.013737	856.06	755	689.19
1/26/2017 15:00	29.39	52	0.014694	654.47	566	530.55
1/26/2017 16:00	29.83	51	0.014787	399.76	432	333.40
1/26/2017 17:00	27.11	66	0.016379	142.5	78	120.70
1/26/2017 18:00	25.17	74	0.01637	4.16	7	6.97

Tabel 3.1 Hasil pemodelan pada 26 Januari

4. Kesimpulan

Berikut adalah formula model Radiasi kota Bandung.

- Untuk kondisi unik, $y = -210.57489 + 10.88414 X_1 + 0.08936 X_2 + 0.95560 X_3$
- Untuk kondisi cerah, $y = 17.6927 + 1.1957 X_1 + (-0.6113 X_2) + 0.7785 X_3$
- Untuk kondisi berawan, $y = 72.6874 + (-1.7648 X_1) + (-0.5530 X_2) + 0.5075 X_3$
- Untuk kondisi hujan, $y = 102.9214 + (-0.8263 X_1) + (-1.0250 X_2) + 0.1681 X_3$

5. Referensi

- [1]. Andi. "Perancangan Sistem Monitoring Intensitas Radiasi Matahari". [Online]. Available: <http://jurnal.umrah.ac.id/wp-content/uploads/2013/08/Andi-080120201011.pdf>. [Accessed : 23-August-2017]
- [2]. Yulianda, Subekti. (2015). "Pengaruh Perubahan Intensitas Matahari Terhadap Daya Keluaran Panel Surya".

- [3]. Adi Susatya, Eka. "Pengukuran Radiasi Matahari Dengan Memanfaatkan Sensor Suhu LM35". [Online]. Available:
<https://www.google.co.id/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEwjEjKflqeLWAhXEXLwKHZacACcQFggnMAA&url=http%3A%2F%2Fris.uksw.edu%2Fdownload%2Fmakalah%2Fkode%2FM00278&usg=AOvVaw0-al70k8YZ33JFKDLLbOmj>. [Accessed : 09-October-2017]
- [4]. Adi Widodo, Djoko. (2009). "Pemberdayaan Energi Matahari Sebagai Energi Listrik Lampu Pengatur Lalu Lintas".
- [5]. Majeed Muztahik, Abdul. (2010). "*Hourly Global Solar Radiation Estimates on a Horizontal Plane*".
- [6]. Firmanda Al Riza, Dimas. (2011). "*Hourly Solar Radiation Estimation Using Ambient Temperature and Relative Humidity Data*".
- [7]. Belcher, Brian N. (2004). "*Integration of ASOS Weather Data into Building Energy Calculations with Emphasis on Model-Derived Solar Radiation*".

