

MODEL EMPIRIS ESTIMASI RADIASI SINAR MATAHARI TEMPERATURE BASED MODELS (KOTA PONTIANAK)

Harry, Rudi Gianto, Redi R Yacoub, Ismail Yusuf, Bomo Wibowo, Gita Pratiwi
Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Tanjungpura Pontianak, Indonesia
Email: harry_mlw@student.untan.ac.id, rudy.gianto@ee.untan.ac.id,
rediyacoub@ee.untan.ac.id, ismail.yusuf@ee.untan.ac.id,
bomo.wibowo@ee.untan.ac.id, gitapратиwi77@student.untan.ac.id

Abstrak

Pengetahuan tentang radiasi matahari mempunyai fungsi penting dalam mendesain suatu sistem yang menggunakan energi matahari, namun data radiasi matahari sangat terbatas untuk diperoleh di Kota Pontianak, oleh sebab itu pemodelan diperlukan untuk mengetahui nilai empiris radiasi matahari korelasi terhadap parameter alam suhu (Temperature-Based Models). Pemodelan dilakukan untuk mencari nilai matematis radiasi matahari menggunakan analisis regresi. Keakuratan hasil pemodelan diperoleh melalui proses kalibrasi statistik menggunakan statistic tools dan diuji menggunakan data tahun sebelumnya. Kota Pontianak memiliki nilai empiris radiasi matahari menggunakan Sunshine Based Model adalah Temperature Based Model adalah $\frac{H}{H_0} = 0.2206 (T_{Max} - T_{Min})^{0.5} - 0.0683$

Kata kunci: radiasi matahari, pemodelan *temperature based model*, analisis regresi, *statistic tools*

Abstract

Knowledge of solar radiation is an important function in designing a system that uses solar energy, but solar radiation data is rarely has obtained in Pontianak, therefore modeling is needed to determine the empiric value of solar radiation correlation with nature parameters of temperature (Temperature-Based Models). Modeling is done to find the mathematical value of solar radiation using regression analysis. The accuracy of the modeling results is obtained through a statistical calibration process using statistical tools and tested using the previous year's data. Pontianak City has an empirical value of solar radiation using the Sunshine Based Model, namely the Temperature Based Model is $\frac{H}{H_0} = 0.2206 (T_{Max} - T_{Min})^{0.5} - 0.0683$.

Keyword: *solar radiation, modeling, temperature-based models regression analysis, statistic tools*

Pendahuluan

Radiasi matahari didefinisikan sebagai energi yang pancarkan oleh matahari dalam bentuk gelombang elektromagnetik mencapai permukaan bumi. Radiasi Matahari

memainkan peran penting dalam berbagai proses alam dan siklus hidrologi karena radiasi matahari menyediakan energi seperti fotosintesis, penguapan, evapotranspirasi, pembentukan awan, pencairan salju (Jahani, Dinpashoh, & Raisi Nafchi, 2017). Radiasi Matahari memainkan peranan penting data dalam mendesain suatu sistem yang menggunakan energi matahari. Radiasi matahari sering digunakan untuk mengakses performansi dan estimasi produktifitas dari modul photovoltaic (Noorian, Moradi, & Kamali, 2008).

Keterbatasan data radiasi sinar matahari dari stasiun meteorologi di berbagai lokasi di Indonesia karena data hanya diminilik oleh hanya beberapa lokasi serta tidak merata di seluruh Indonesia (Halawa & Sugiyatno, 2001). Keterbatasan data ini yang membuat pemikiran untuk mencari pendekatan secara empiris yaitu perhitungan secara matematika untuk mengetahui hubungan radiasi matahari dengan data-data atau parameter meteorologi, astronomi dan geografi yang lebih mudah diperoleh. Pengetahuan mengenai model empiris mengenai radiasi matahari sangat penting karena digunakan sebagai model utama untuk mengetahui proses hidrologi, soil water balance, referensi evapotranspirasi dan, crop growth (Tan SBK, Shuy EB, 2007).

Perhitungan empiris matahari memudahkan untuk memprediksi korelasi radiasi matahari terhadap data atau parameter astronomi, meteorologi dan geografi seperti durasi penyinaran matahari, temperatur, kelembaban sebagai input. Hal ini merupakan solusi terbaik karena lebih data tersebut lebih mudah diakses, murah, mudah dan lebih akurat dibandingkan mengukur langsung menggunakan alat pyranometer atau pyrhelimeter (Jahani et al., 2017).

Perhitungan secara empiris untuk mencari hubungan antara parameter-parameter tersebut menggunakan analisis regresi (Chang & Zhang, 2020). Analisis regresi adalah teknik statistik untuk menilai dan memodelkan hubungan antar variabel (Montgomery, D. C. and Peck, 2012).

Penelitian perhitungan empiris radiasi matahari bukan hal yang baru namun keinginan untuk dapat memberikan sumbangsih berupa kontribusi kepada dunia global tentang daerah yang belum pernah dipetakan radiasi matahari akan berimplikasi baik untuk daerah. Hasil pemikiran ini akan dapat berkontribusi terhadap perkembangan dunia ilmu pengetahuan yang memerlukan data radiasi sinar matahari untuk pengembangan pembangkit tenaga surya, pertanian dan geoteknologi.

Sumber data yang valid dapat diperoleh dari berbagai data pemerintah maupun kombinasi dari Data National Aeronautics and Space Administration (NASA) dan dari Badan Meterologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG). Data intensitas sinar matahari diperoleh dari data NASA (NASA, 2020). melalui aplikasi REETScreen (REETScreen, 2020) data dari produk NASA-POWER memberikan potensi hasil data yang handal. (Sayago, Ovando, Almorox, & Bocco, 2020) (Owolabi, Nsafon, & Huh, 2019) serta data durasi lamanya waktu penyinaran matahari dapat diperoleh dari data BMKG (BMKG, 2021).

Data yang valid dan pengolahan data yang benar melalui proses validasi dan kalibrasi statistik harus dilakukan guna menentukan akurasi dari sebuah model empiris

yang dibangun. Pemilihan lokasi sebagai objek tempat penelitian dilakukan dengan mempertimbangkan lokasi dimana data penelitian mudah diperoleh melalui pengamatan langsung maupun data yang bersumber dari penyedia data yang dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah. Lokasi yang dipilih adalah Kota Pontianak dengan latitude -0.020 .

Metode pendekatan perhitungan radiasi matahari yang akan dilakukan yang dapat menggambarkan nilai empiris radiasi sinar matahari adalah temperature-based models (Besharat, Dehghan, & Faghih, 2013). Temperature-based models mempunyai keunggulan yaitu karena model ini dapat diestimasi untuk lokasi yang banyak karena data suhu harian banyak tersedia, mudah diukur dan akurat (Gasser E. Hassan, Youssef, Mohamed, Ali, & Hanafy, 2016).

Perhitungan estimasi empiris radiasi matahari telah banyak diteliti dan dikembangkan secara ilmiah oleh banyak peneliti. Penelitian yang berbasis lokasi seperti kumpulan penelitian di Benua Afrika (Samuel Chukwujindu, 2017), di Negara India (Ali, Jamil, & Fakhrudin, 2019), Negara Thailand (Nimnuan & Janjai, 2012), Negara China (Chen et al., 2019), Negara mesir (Muhammed A. Hassan, Khalil, Kaseb, & Kassem, 2018), Negara Kroatia (Betti, Zulim, Brkić, & Tuka, 2020), Negara Indonesia (Halawa & Sugiyatno, 2001).

Penelitian pada Kota Pontianak telah dilakukan oleh peneliti terdahulu pada tahun 2018 (Anggreni, Muliadi, & Adriat, 2018). Pada penelitian tersebut perhitungan dilakukan dengan menganalisis radiasi matahari terhadap pengaruh tutupan awan. dengan data bersumber dari satelit ECMWF (European Center for Medium-Range Weather Forecasts) dan satelit NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration's). Hasil kesimpulan menyatakan bahwa ada pengaruh negatif pengaruh tutupan awan terhadap radiasi matahari. Penelitian ini sudah cukup baik dalam menyajikan data namun dari segi evaluasi terhadap persamaan yang dihasilkan tidak dilakukan kalibrasi yang bersifat statistik dan uji terhadap persamaan yang dihasilkan sehingga kurang memberikan gambaran hasil yang terverifikasi secara baik.

Penelitian ini akan dikhususkan untuk menghitung empiris radiasi matahari menggunakan temperature-based models dengan studi kasus di Kota Pontianak. Penelitian dilakukan selain menghitung nilai empiris radiasi matahari juga akan melakukan pembaharuan dan penambahan berupa evaluasi yang menggunakan kalibrasi statistik dan uji persamaan yang telah dihasilkan. Penelitian ini akan menitikberatkan analisa terhadap hubungan antar parameter pembentuk pembentuk nilai empiris radiasi matahari dan meneliti apakah ada perbedaan nilai empiris pada 3 tahun yang berbeda dan pada setiap perubahan musim baik musim penghujan maupun musim kemarau.

Metode Penelitian

Solar Declination Angle (δ)

Solar declination angle adalah besarnya sudut yang dibentuk oleh matahari terhadap garis khatulistiwa bumi (Iqbal, 1983), (Maleki, Hizam, & Gomes, 2017). Solar declination angle dapat juga diartikan sebagai besarnya sudut yang dibentuk pada

matahari terhadap equator bumi, sudut yang dibentuk berkisar antara 23,45o baik terhadap selatan dan utara kutub bumi. Akibat sudut yang dibentuk ini mengakibatkan perbedaan musim di bumi.

$$\delta = 23,45 \sin \left[\frac{360}{365} (284 + n) \right] \quad (1)$$

Sunrise Angle (ω_s)

Konsep sunrise angle digunakan untuk menggambarkan pergerakan rotasi pada sumbu kutub. pergerakan bumi setara dengan 15o perjam baik siang maupun malam (Iqbal, 1983).

$$\omega_s = \cos^{-1}(-\tan\phi \tan\delta) \quad (2)$$

Latitude (ϕ)

Latitude dapat diartikan sebagai jarak sebuah daerah terhadap kutub selatan atau utara bumi diukur dari garis equator bumi yang besarnya diukur dalam derajat. Nilai latitude bumi berada dalam rentang dari 0° sampai dengan ±90° (bernilai positif jika berada di utara pada belahan bumi sedangkan bernilai negatif jika berada di selatan belahan bumi) (Iqbal, 1983).

Daily Extraterrestrial Solar Radiation (H_0)

Daily extraterrestrial solar radiation didefinisikan sebagai kejadian radiasi matahari menuju atmosfer bumi. Nilai parameter dari *daily extra-terrestrial radiation* (H_0) diperoleh melalui persamaan (Duffie & Beckman, 2013):

$$H_0 = \frac{24 \times 3600}{\pi} G_{sc} \left(1 + 0,033 \cos \frac{360n}{365} \right) \times \left(\cos \phi \cos \delta \sin \omega_s + \frac{\pi \omega_s}{180} \sin \phi \sin \delta \right) \quad (3)$$

Potential Sunshine Duration (S_0)

Potential sunshine duration atau maksimum *sunshine duration* adalah waktu matahari yang mungkin terjadi di suatu lokasi. *Potential sunshine duration* akan berbeda-beda tergantung dari lokasi atau *sunrise angle* (ω_s).

$$S_0 = \frac{2}{15} \omega_s \quad (4)$$

Pemodelan

Temperature-based models dipergunakan untuk memprediksi radiasi matahari, *temperature-based models* menggunakan parameter suhu sebagai parameter yang dimodelkan. *temperature-based models* dapat diimplementasikan ke dalam persamaan sebagai berikut:

$$\frac{H}{H_0} = a + bT \quad (Q1) \quad (\text{Falayi, Adepitan, \& Rabi, 2008}) \quad (5)$$

$$\frac{H}{H_0} = a(T_{Max} - T_{Min})^{0.5} \quad (Q2) \quad (\text{Allen, 1997}) \quad (6)$$

$$\frac{H}{H_0} = a(T_{Max} - T_{Min})^{0.5} + b \quad (Q3) \quad (\text{Hargreaves et al., 1986}) \quad (7)$$

Kalibrasi Statistik

Kalibrasi Statistik merupakan suatu metode evaluasi untuk mengetahui nilai indikator performansi dari suatu model. Kalibrasi statistik nilai idealnya ditunjukkan pada Tabel 1.

Coefficient of Determination (R^2)

Coefficient of determination (R^2) adalah indikator yang sering dipergunakan dalam statistik sebagai alat untuk memperkirakan performansi sebuah model. R^2 menggambarkan keadaan nilai yang telah dihitung apakah mendekati hasil pengukuran. untuk melihat/ memprediksi seberapa besar kontribusi yang diberikan oleh variable x terhadap variabel y. Nilai R^2 yang baik mendekati nilai 1 (Despotovic, Nedic, Despotovic, & Cvetanovic, 2015).

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (H_m - H_c)^2}{\sum_{i=1}^n (H_m - H_m)^2} \quad (8)$$

Mean Bias Error (MBE)

MBE adalah indikator yang menunjukkan kecenderungan suatu model apakah meremehkan (*underestimate*) nilai negatif atau melebihi-lebihkan (*overestimate*) nilai positif. Kekurangan dari penggunaan indikator ini bahwa pengujian tidak dapat menunjukkan performa yang baik saat model menghasilkan nilai yang terlalu tinggi atau terlalu rendah (Despotovic et al., 2015).

$$MBE = \frac{\sum_{i=1}^n (H_c - H_m)}{n} \quad (9)$$

Mean Percentage Error (MPE)

MPE adalah indikator yang mengukur tingkat kesalahan dalam persentase terhadap nilai yang diprediksi atau yang diukur

$$MPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{H_c - H_m}{H_m} \right) \times 100\% \quad (10)$$

Root Mean Square Error (RMSE)

RMSE adalah indikator yang sering dipergunakan untuk mengevaluasi suatu model dengan cara mengukur tingkat akurasi hasil perkiraan suatu model dengan membandingkan kesalahan peramalan pada model. semakin rendah nilai RMSE semakin baik kemampuan memprediksi suatu model (Despotovic et al., 2015).

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (H_c - H_m)^2} \quad (11).$$

Results And Discussion

Metodologi

Menghitung Komponen Dasar Parameter Matahari Kota Pontianak

Estimasi empiris radiasi matahari menggunakan rekomendasi hari dilakukan dengan mengambil data hari pengamatan berdasarkan rekomendasi yang dilakukan oleh Klein (Klein, 1976)

Kode Program Menghitung Komponen Dasar Matahari Dengan

Matlab Kota Pontianak

1. %Initializing program
2. phi=-0.02; %latitude
3. Gsc=1367;
4. %formula
5. %Declination angle

6. $n=[17\ 47\ 75\ 105\ 135\ 162\ 198\ 228\ 258\ 280\ 318\ 344]$;
7. $\delta=23.45*(\sin(360*((284+n)/365)))$;
8. % sunset hour angle
9. $W_s=\cos(\phi)*\cos(\delta)$;
10. % Extraterrestrial radiation on a horizontal surface
11. $R_1=(24*3600*1367)/\pi$;
12. $R_2=1+(0.033*\cos(360*n/365))$;
13. $R_3=\cos(\phi)*\cos(\delta)*\sin(W_s)$;
14. $R_4=(\pi*W_s*\sin(\phi)*\sin(\delta))/180$; 15 $H_0=R_1*R_2*(R_3+R_4)$;
15. % Daylength
16. $S_0=(2/15)*\cos(\phi)*\cos(\delta)$;

Tabel 1
Nilai Parameter-Parameter Dasar Radiasi Matahari Kota Pontianak

Bulan	n untuk		Keterangan			
	Hari dalam bulan	n	δ ($^{\circ}$)	ω_s ($^{\circ}$)	H_0 (kWh/m ² /d)	
Januari	<i>i</i>	17	-20.92	90.01	10.07	
Februari	31 + <i>i</i>	47	-12.95	90.00	10.41	
Maret	59 + <i>i</i>	75	-2.42	90.00	10.53	
April	90 + <i>i</i>	105	9.41	90.00	10.22	
Mei	120 + <i>i</i>	135	18.79	89.99	9.66	
Juni	151 + <i>i</i>	162	23.09	89.99	9.31	
Juli	181 + <i>i</i>	198	21.18	89.99	9.43	
Agustus	212 + <i>i</i>	228	13.45	90.00	9.92	
September	243 + <i>i</i>	258	2.22	90.00	10.34	
Oktober	273 + <i>i</i>	288	-6.57	90.00	10.41	
November	304 + <i>i</i>	318	-18.91	90.01	10.11	
Desember	334 + <i>i</i>	344	-23.05	90.01	9.91	

Pemodelan dilakukan dengan melakukan analisis regresi pada persamaan yang akan dimodelkan. Setelah memperoleh nilai komponen dasar parameter matahari Kota Pontianak langkah selanjutnya data pengukuran *daily solar radiation on horizontal surface* (H) dan *daily sunshine duration* (S) yang telah diperoleh dimasukkan ke dalam Tabel 2

Tabel 2
Bantu Menghitung Radiasi Matahari Kota Pontianak

Bulan	n untuk		Tahun 2020						
	Hari dalam bulan	n	δ ($^{\circ}$)	ω_s ($^{\circ}$)	H_0 (kWh/m ² /d)	S_0 (h)	H (kWh/m ² /d)	S (h)	$\frac{H}{H_0}$
Januari	<i>i</i>	17	-20.92	90.01	10.07	12.00	2.30	0.40	0.23
Februari	31 + <i>i</i>	47	-12.95	90.00	10.41	12.00	3.93	5.00	0.38
Maret	59 + <i>i</i>	75	-2.42	90.00	10.53	12.00	4.05	6.20	0.38
April	90 + <i>i</i>	105	9.41	90.00	10.22	12.00	6.54	10.20	0.64

Mei	120	+i	135	18.79	89.99	9.66	12.00	2.48	5.70	0.26
Juni	151	+i	162	23.09	89.99	9.31	12.00	5.82	11.00	0.63
Juli	181	+i	198	21.18	89.99	9.43	12.00	5.58	8.50	0.59
Agustus	212	+i	228	13.45	90.00	9.92	12.00	5.62	1.50	0.57
September	243	+i	258	2.22	90.00	10.34	12.00	6.04	3.70	0.58
Oktober	273	+i	288	-6.57	90.00	10.41	12.00	5.13	2.20	0.49
November	304	+i	318	-18.91	90.01	10.11	12.00	3.34	4.30	0.33
Desember	334	+i	344	-23.05	90.01	9.91	12.00	5.43	9.10	0.55

Analisis Regresi Temperature-Based Models

Kode Program Kode Analisis Regresi *Temperature-Based Models* Hari

Rekomendasi Kota Pontianak

```

1  clc
2  clear all
3  x=xlsread('Pontianak_olah','Sheet2','O3:O14');
4  y=xlsread('Pontianak_olah','Sheet2','P3:P14');
5  B = filloutliers(x,'nearest','mean');
6  C = filloutliers(y,'nearest','mean');
7  n=1
8  p=polyfit(B,C,n)
9  figure
10 hold on
11 plot(B,C, '*')
12 xlabel('temperature oC');
13 ylabel('H/H0');
14 hold off
    
```

Hasil Simulasi

Estimasi empiris radiasi matahari menggunakan rekomendari hari dilakukan dengan mengambil data hari pengamatan dilakukan dengan menggunakan pedekatan pertahun yang hasilnya ditunjukkan pada Tabel 2 dengan grafik pada Gambar 1. Serta untuk hasil estimasi dalam musim ditunjukkan oleh Tabel 4 dengan Gambar 2 dan 3.

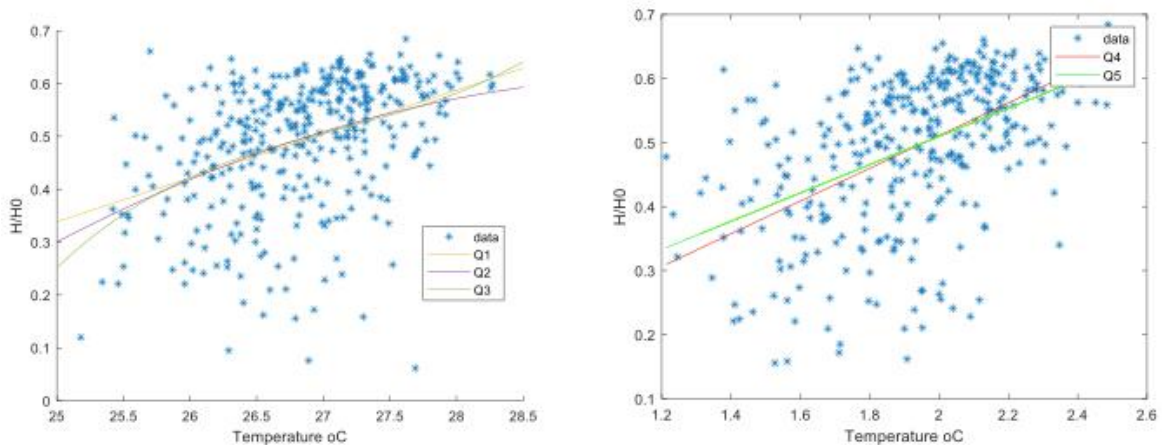
Tabel 3

Rekomendasi Statistic Tools (Jamil & Akhtar, 2017)

No	Statistic Tools	Persamaan	Nilai ideal	Variasi
1	R ²	$1 - \frac{\sum_{i=1}^n (H_m - H_c)^2}{\sum_{i=1}^n (H_m - \bar{H}_m)^2}$	1	kedua-duanya
2	MBE	$\frac{\sum_{i=1}^n (H_c - H_m)}{n}$	0	kedua-duanya
3	MPE	$\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{H_c - H_m}{H_m} \right) \times 100\%$	0	kedua-duanya
4	RSME	$\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (H_c - H_m)^2}$	0	Positif

Tabel 4
Estimasi Empiris Radiasi Matahari Dalam Setahun (Tahun 2020)

Model	Persamaan	a	b	c	d
Q1	$\frac{H}{H_0} = a + bT$ (Jahani et al., 2017)	-1.596	0.07791	-	-
Q2	$\frac{H}{H_0} = a + bT + cT^2$ (Jahani et al., 2017)	-2.611	0.1538	0.00142	-
Q3	$\frac{H}{H_0} = a + bT + cT^2 + dT^3$ (Jahani et al., 2017)	50.99	-5.862	0.2235	0.0028
Q4	$\frac{H}{H_0} = a(T_{Max} - T_{Min})^{0.5}$ (Fan et al., 2018)	0.2555	-	-	-
Q5	$\frac{H}{H_0} = a(T_{Max} - T_{Min})^{0.5} + b$ (Yıldırım, Teke, & Antonanzas-Torres, 2018)	0.2206	0.0683	-	-

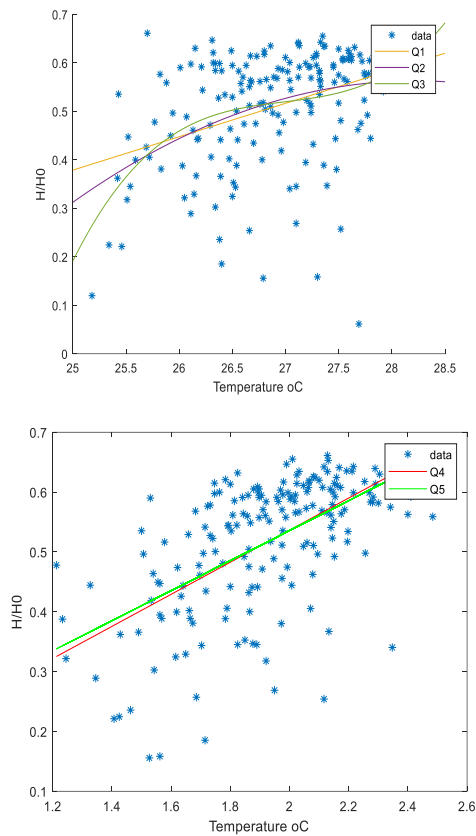


Gambar 1

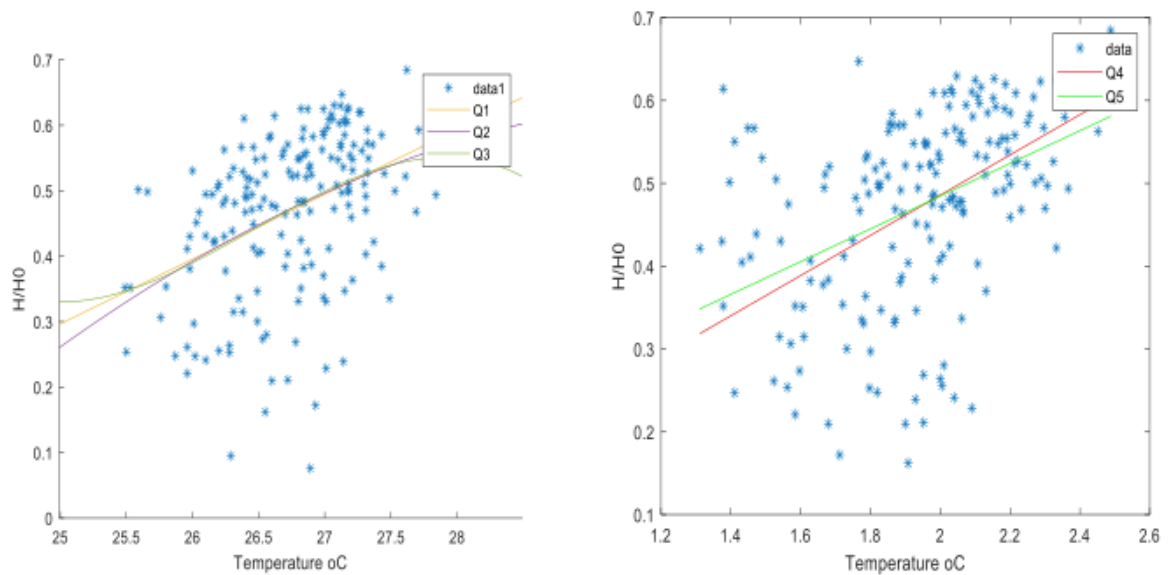
Grafik Analisis Regresi Model Q1, Q2, Q3, Q4 dan Q5 Setahun Kota Pontianak

Tabel 5
Estimasi Empiris Radiasi Matahari Permusim

Model	Musim	a	b	c	d
Q1	Kemarau	-1.193	0.06346	-	-
Q2		-4.679	0.3238	-0.00486	-
Q3		-173.6	19.29	-0.7139	0.00883
Q4		0.2682	-	-	-
Q5		0.03393	0.2508	-	-
Q1	Penghujan	-2.045	0.09415	-	-
Q2		-14.32	1.014	-0.01723	-
Q3		140.8	16.42	0.6357	-0.00815
Q4		0.2431	-	-	-
Q5		-2.045	0.09415	-	-



Gambar 2
Grafik Grafik Analisis Model Q1, Q2, Q3, Q4 dan Q5 Musim Kemarau Kota Pontianak



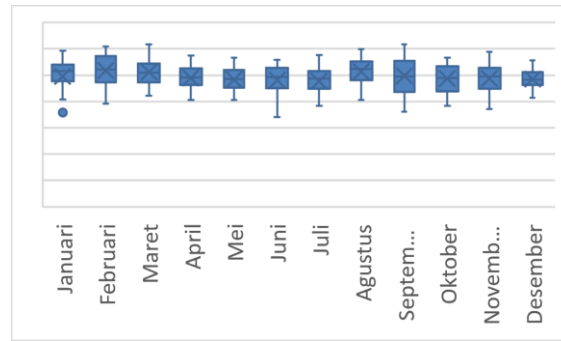
Gambar 3
Grafik Grafik Analisis Model Q1, Q2, Q3, Q4 dan Q5 Musim Penghujan Kota Pontianak

Menentukan model yang dapat merepresentasikan nilai empiris radiasi matahari di Pontianak menggunakan temperature-based models yang baik adalah dengan cara melakukan perangkaian kalibrasi statistik menggunakan statistic tool. Perangkaian dilakukan dengan mengevaluasi dari hasil model yang dibangun kemudian dilakukan kalibrasi menggunakan data kalibrasi statistik menggunakan static tools (Ali et al., 2019). Hal ini berarti bahwa nilai semakin mendekati nilai ideal maka semakin baik suatu model yang dibangun sehingga dapat disimpulkan bahwa model tersebut adalah yang paling baik. Pada Tabel 5 diperoleh bahwa model yang paling baik yaitu Model Q5. Model Q5 nilai kalibrasi statistik untuk R² sebesar 23,37%, RMSE sebesar 0.1017 kWh/m/hari, MBE sebesar -7.36e-17 kWh/m/hari, dan MPE sebesar -0,010056%. Data kalibrasi statistik menunjukkan bahwa model Q5 mempunyai R² dan MPE terbaik, RMSE dan MBE mendekati nilai ideal. Hal ini berarti di antara ke 5 model yang dilakukan perangkaian nilai Q5 dilihat dari R² memiliki model yang paling mendekati pengukuran dengan hubungan sebesar 23.37% dengan kesalahan perhitungan paling mendekati nilai ideal yaitu sebesar -0,010056%. Sehingga model direkomendasikan untuk model temperature-based models Kota Pontianak adalah model Q5 seperti persamaan:

$$\frac{H}{H_0} = 0.2206 (T_{Max} - T_{Min})^{0.5} - 0.0683 \quad (12)$$

Tabel 6
Hasil Kalibrasi Statistik

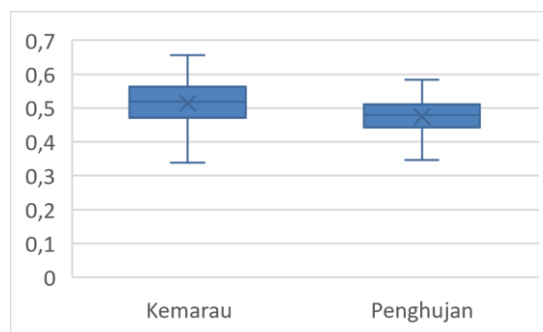
Periode	Model	R ²	RSME	MBE	MPE
Tahun	Q1	0.1625	0.1063	-5.06e-16	-0.8517
	Q2	0.6125	0.1064	4.99e-16	-6.17e-04
	Q3	0.1626	0.1066	1.55e-14	2.16e-04
	Q4	0.2278	0.1019	-63.598	-1.40e+03
	Q5	0.2337	0.1017	-7.36e-17	-10.056
Musim Kemarau	Q1	0.1475	0.1039	-7.64e-17	-0.8896
	Q2	0.148	0.1042	-8.80e-16	-1.35e-04
	Q3	0.1492	0.1044	-1.35e-14	-3.77e-05
	Q4	0.3191	0.0926	-67.537	-1.43e+03
	Q5	0.3207	0.09279	1.69e-16	-11.795
Musim Hujan	Q1	0.1624	0.1065	1.60e-16	-0.1171
	Q2	0.1647	0.1066	6.80e-15	0.0157
	Q3	0.165	0.1069	5.07e-14	0.0228
	Q4	0.185	0.1052	-59.840	-1.3e+03
	Q5	0.1624	0.1065	-1.09e-17	-0.2187



Gambar 4
Boxplot Perbandingan Nilai Estimasi Empiris Radiasi Matahari Permusim Temperature-Based Models

Pada boxplot Gambar 4 temperatures-based models yang dibangun perbulan nilai empiris radiasi matahari bahwa menunjukan tren dari hasil model yang dibangun hasil radiasi matahari terjadi relatif sama sepanjang tahun tertinggi rata-rata pada bulan Agustus terendah terjadi pada bulan Desember di Kota Pontianak.

Temperature-based models yang telah dibangun untuk permusim ditunjukkan pada Gambar 2 dan Gambar 3 menunjukan bahwa pada musim untuk kemarau dan penghujan hasil yang berbeda. Suhu pada musim kemarau mempengaruhi $\frac{H}{H_0}$ sehingga radiasi matahari lebih tinggi dibandingkan dengan pada musim penghujan hal ini menindikasikan bahwa model estimasi empiris radiasi matahari yang dibangun menunjukan perbedaan rasio radiasi matahari pada musim kemarau dan musim penghujan dimana radiasi matahari akan lebih tinggi di musim kemarau dibanding musim penghujan di Kota Pontianak.



Gambar 5
Boxplot Perbandingan Nilai Estimasi Empiris Radiasi Matahari Permusim

Pengujian Model

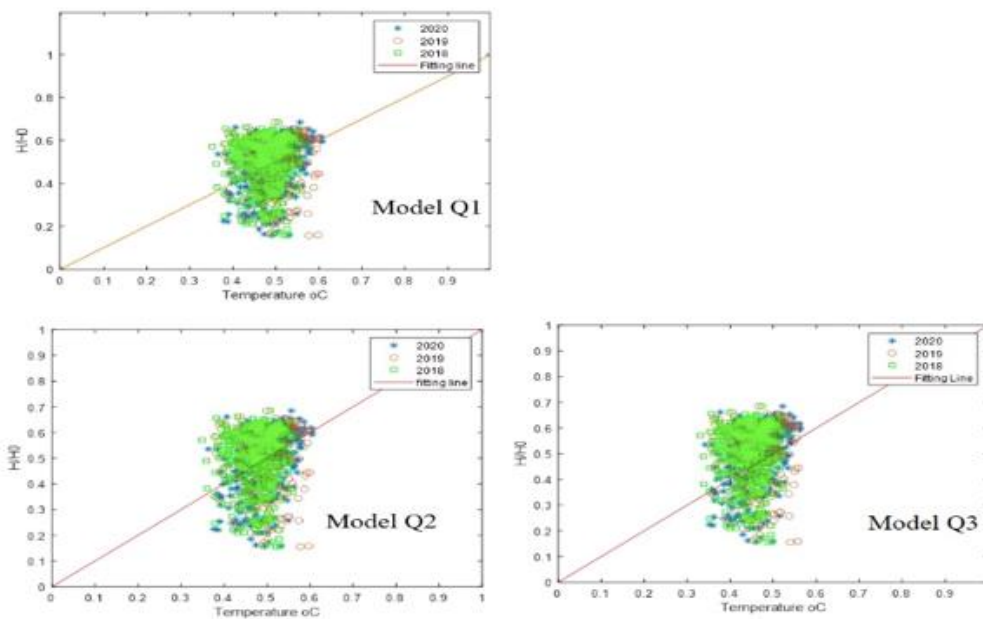
Pengujian model digunakan untuk mengetahui seberapa valid model yang telah dibangun sebelumnya dalam menentukan estimasi empiris radiasi matahari pada Kota Pontianak secara umum. Pengujian mencoba menjawab pertanyaan-pertanyaan tentang apakah model yang dihasilkan dapat diterapkan pada kota Pontianak dalam semua

rentang waktu dan menjawab seberapa besar radiasi matahari yang diterima oleh kota Pontianak.

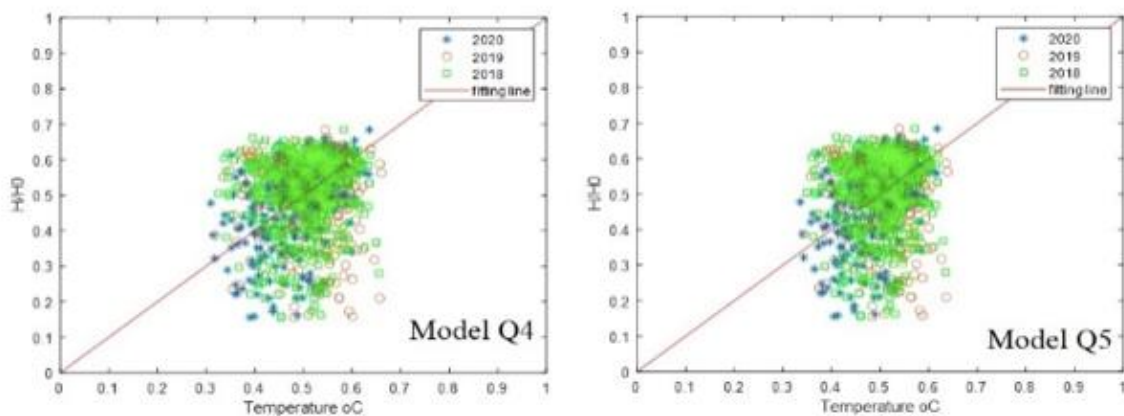
Pengujian dalam penelitian kali ini mencoba menggunakan hasil pemodelan nilai empiris estimasi radiasi matahari yang diperoleh setelah melakukan pemodelan menggunakan analisis regresi dengan data tahun 2020 dalam setahun, kemudian data tahun 2018 dan 2019 digunakan sebagai data uji untuk melihat seberapa mendekati nilai hasil uji dengan mengamati parameter-parameter statistik serta melihat kenormalan dan residu atau error yang dihasilkan. Gambar 4 dan gambar 5 menunjukkan bahwa nilai plot untuk pengujian pada model Q1, Q2, Q3, Q4 dan Q5 menunjukkan hasil persebaran data mendekati hasil equality 1:1 yang berwarna merah hal ini mengindikasikan bahwa hasil uji terhadap data yang diujikan memiliki hubungan yang baik (Feng et al., 2019). Sehingga pemodelan yang dilakukan valid namun nilai R² pada Model Q1 bernilai 0.1625, R² pada Model Q2 = 0.1625, R² pada Model Q3 = 0.6126, R² pada Model Q4 = 0.2337, R² pada Model Q5 = 0.2337. Nilai tersebut kecil hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara variabel independent dengan variabel dependen yang lemah kaitannya. Hubungan yang lemah antara variabel dependent dan independent dipengaruhi oleh berbagai macam faktor. Adapun faktor yang mempengaruhi antara lain yaitu nilai pengamatan yang banyak dan banyak variabel di luar sistem yang berpengaruh sehingga tidak cukup 1 variabel dalam menghasilkan suatu nilai empiris yang baik untuk suatu sistem yang kompleks dan bersifat dinamis seperti penentuan nilai empiris radiasi matahari ini.

Tabel 7
Tabel Rangkang Models

Periode	Model	R²	RSME	MBE	MPE	Rank
Tahun	Q1	0.1625	0.1063	-5.06e-16	-0.8517	3
	Q2	0.1625	0.1064	4.99e-16	-6.17e-04	4
	Q3	0.1626	0.1066	1.55e-14	2.16e-04	5
	Q4	0.2278	0.1019	-63.598	-1.40e+03	2
	Q5	0.2337	0.1017	-7.36e-17	-10.056	1



Gambar 6
Grafik Uji Hasil Model Q1, Q2 dan Q3 Data Tahun 2020 terhadap 2018, 2019 Kota Pontianak



Gambar 7
Grafik Uji Hasil Model Q4 dan Q5 Data Tahun 2020 terhadap 2018, 2019 Kota Pontianak

Kesimpulan

Model yang direkomendasikan adalah model yang baik dalam evaluasi kalibrasi statistik serta hasil uji data pada model rekomendasi memberikan hasil bahwa model yang dibangun mendekati equality line 1:1 yang berarti model tersebut memiliki hubungan yang baik dengan data yang diuji adalah $\frac{H}{H_0} = 0.2206 (T_{Max} - T_{Min})^{0.5} - 0.0683$ Hasil estimasi menunjukkan bahwa hasil yang diperoleh mendekati keadaan sebenarnya namun Kota Pontianak pola cuaca yang berubah-ubah tidak konstan setiap tahun sehingga dibutuhkan rentang waktu pengamatan yang panjang untuk memperoleh hasil yang presisi.

BIBLIOGRAFI

- Ali, Mahtab, Jamil, Basharat, & Fakhruddin. (2019). Estimating Diffuse Solar Radiation In India: Performance Characterization Of Generalized Single-Input Empirical Models. *Urban Climate*, 27(August 2018), 314–350. [Google Scholar](#)
- Allen, Richard G. (1997). Self-Calibrating Method For Estimating Solar Radiation From Air Temperature. *Journal Of Hydrologic Engineering*, 2(2), 56–67. [Google Scholar](#)
- Anggreni, Reni, Muliadi, & Adriat, Riza. (2018). Analisis Pengaruh Tutupan Awan Terhadap Radiasi Matahari Di Kota Pontianak. *Prisma Fisika*, 6(3), 214–219. [Google Scholar](#)
- Besharat, Fariba, Dehghan, Ali A., & Faghieh, Ahmad R. (2013). Empirical Models For Estimating Global Solar Radiation: A Review And Case Study. *Renewable And Sustainable Energy Reviews*, 21, 798–821. [Google Scholar](#)
- Betti, Tihomir, Zulim, Ivana, Brkić, Slavica, & Tuka, Blanka. (2020). A Comparison Of Models For Estimating Solar Radiation From Sunshine Duration In Croatia. *International Journal Of Photoenergy*, 2020. [Google Scholar](#)
- Bmkg. (2021). [Http://Dataonline.Bmkg.Go.Id/Home](http://Dataonline.Bmkg.Go.Id/Home).
- Chang, Kai, & Zhang, Qingyuan. (2020). Development Of A Solar Radiation Model Considering The Hourly Sunshine Duration For All-Sky Conditions – A Case Study For Beijing , China. *Atmospheric Environment*, 234(May), 117617. [Google Scholar](#)
- Chen, Ji Long, He, Lei, Yang, Hong, Ma, Maohua, Chen, Qiao, Wu, Sheng Jun, & Xiao, Zuo Lin. (2019). Empirical Models For Estimating Monthly Global Solar Radiation: A Most Comprehensive Review And Comparative Case Study In China. *Renewable And Sustainable Energy Reviews*, 108(November 2018), 91–111. [Google Scholar](#)
- Despotovic, Milan, Nedic, Vladimir, Despotovic, Danijela, & Cvetanovic, Slobodan. (2015). Review And Statistical Analysis Of Different Global Solar Radiation Sunshine Models. *Renewable And Sustainable Energy Reviews*, 52, 1869–1880. [Google Scholar](#)
- Duffie, John A., & Beckman, William A. (2013). *Wiley: Solar Engineering Of Thermal Processes, 4th Edition - John A. Duffie, William A. Beckman*. [Google Scholar](#)
- Falayi, E. O., Adepitan, J. O., & Rabi, A. B. (2008). Empirical Models For The Correlation Of Global Solar Radiation With Meteorological Data For Iseyin, Nigeria. *International Journal Of Physical Sciences*, 3(9), 210–216. [Google Scholar](#)
- Fan, Junliang, Wang, Xiukang, Wu, Lifeng, Zhou, Hanmi, Zhang, Fucang, Yu, Xiang, Lu, Xianghui, & Xiang, Youzhen. (2018). Comparison Of Support Vector Machine And Extreme Gradient Boosting For Predicting Daily Global Solar Radiation Using Temperature And Precipitation In Humid Subtropical Climates: A Case Study In

- China. *Energy Conversion And Management*, 164(February), 102–111. [Google Scholar](#)
- Feng, Yu, Gong, Daozhi, Zhang, Qingwen, Jiang, Shouzheng, Zhao, Lu, & Cui, Ningbo. (2019). Evaluation Of Temperature-Based Machine Learning And Empirical Models For Predicting Daily Global Solar Radiation. *Energy Conversion And Management*, 198(May), 111780. [Google Scholar](#)
- Halawa, E. E. H., & Sugiyatno, S. (2001). Estimation Of Global Solar Radiation In The Indonesian Climatic Region. *Renewable Energy*, 24(2), 197–206. [Google Scholar](#)
- Hargreaves, By G. Leo, Asce, A. M., Hargreaves, George H., Asce, F., Riley, J. Paul, & Asce, M. (1986). *Irrigation Water Requirements For Senegal River Basin*. I(3), 265–275. [Google Scholar](#)
- Hassan, Gasser E., Youssef, M. Elsayed, Mohamed, Zahraa E., Ali, Mohamed A., & Hanafy, Ahmed A. (2016). New Temperature-Based Models For Predicting Global Solar Radiation. *Applied Energy*, 179, 437–450. [Google Scholar](#)
- Hassan, Muhammed A., Khalil, A., Kaseb, S., & Kassem, M. A. (2018). Independent Models For Estimation Of Daily Global Solar Radiation: A Review And A Case Study. *Renewable And Sustainable Energy Reviews*, 82(July), 1565–1575. [Google Scholar](#)
- Iqbal, Muhammad. (1983). Extraterrestrial Solar Irradiation. *An Introduction To Solar Radiation*, 59, 59–84. [Google Scholar](#)
- Jahani, Babak, Dinpashoh, Y., & Raisi Nafchi, Atefeh. (2017). Evaluation And Development Of Empirical Models For Estimating Daily Solar Radiation. *Renewable And Sustainable Energy Reviews*, 73(May 2016), 878–891. [Google Scholar](#)
- Jamil, Basharat, & Akhtar, Naiem. (2017). Comparative Analysis Of Diffuse Solar Radiation Models Based On Sky-Clearness Index And Sunshine Period For Humid-Subtropical Climatic Region Of India: A Case Study. *Renewable And Sustainable Energy Reviews*, 78(March), 329–355. [Google Scholar](#)
- Klein, S. A. (1976). *Calculation Of Monthly Average Insolation On Tilted Surfaces*. 19, 325–329. [Google Scholar](#)
- Maleki, Seyed Abbas Mousavi, Hizam, H., & Gomes, Chandima. (2017). Estimation Of Hourly, Daily And Monthly Global Solar Radiation On Inclined Surfaces: Models Re-Visited. *Energies*, 10(1). [Google Scholar](#)
- Montgomery, D. C. And Peck, E. A. (2012). Introduction To Linear Regression Analysis. In *John Wiley & Sons*, (5th Ed.). New York: [1] Douglas C, Introduction To Linear Regression Analysis. 2012. [Google Scholar](#)

- Nasa. (2020). <https://Power.Larc.Nasa.Gov/Data-Access-Viewer/>.
- Nimnuan, P., & Janjai, S. (2012). An Approach For Estimating Average Daily Global Solar Radiation From Cloud Cover In Thailand. *Procedia Engineering*, 32, 399–406. [Google Scholar](#)
- Noorian, Ali Mohammad, Moradi, Isaac, & Kamali, Gholam Ali. (2008). Evaluation Of 12 Models To Estimate Hourly Diffuse Irradiation On Inclined Surfaces. *Renewable Energy*, 33(6), 1406–1412. [Google Scholar](#)
- Owolabi, Abdulhameed Babatunde, Nsafon, Benyoh Emmanuel Kigha, & Huh, Jeung Soo. (2019). Validating The Techno-Economic And Environmental Sustainability Of Solar Pv Technology In Nigeria Using Retscreen Experts To Assess Its Viability. *Sustainable Energy Technologies And Assessments*, 36(September), 100542. [Google Scholar](#)
- Reetscreen. (2020). *Reetscreen*.
- Samuel Chukwujindu, Nwokolo. (2017). A Comprehensive Review Of Empirical Models For Estimating Global Solar Radiation In Africa. *Renewable And Sustainable Energy Reviews*, 78(July), 955–995. [Google Scholar](#)
- Sayago, Silvina, Ovando, Gustavo, Almorox, Javier, & Bocco, Mónica. (2020). Daily Solar Radiation From Nasa-Power Product: Assessing Its Accuracy Considering Atmospheric Transparency. *International Journal Of Remote Sensing*, 41(3), 897–910. [Google Scholar](#)
- Tan Sbk, Shuy Eb, Chua Lhc. (2007). Modeling Hourly And Daily Open-Water Evaporation Rates In Areas With An Equatorial Climate. *Hydrol Process*, 21(November 2008), 486–499. [Google Scholar](#)
- Yıldırım, H. Başak, Teke, Ahmet, & Antonanzas-Torres, Fernando. (2018). Evaluation Of Classical Parametric Models For Estimating Solar Radiation In The Eastern Mediterranean Region Of Turkey. *Renewable And Sustainable Energy Reviews*, 82(August), 2053–2065. [Google Scholar](#)
- Ali, Mahtab, Jamil, Basharat, & Fakhruddin. (2019). Estimating Diffuse Solar Radiation In India: Performance Characterization Of Generalized Single-Input Empirical Models. *Urban Climate*, 27(August 2018), 314–350. [Google Scholar](#)
- Allen, Richard G. (1997). Self-Calibrating Method For Estimating Solar Radiation From Air Temperature. *Journal Of Hydrologic Engineering*, 2(2), 56–67. [Google Scholar](#)
- Anggreni, Reni, Muliadi, & Adriat, Riza. (2018). Analisis Pengaruh Tutupan Awan Terhadap Radiasi Matahari Di Kota Pontianak. *Prisma Fisika*, 6(3), 214–219. [Google Scholar](#)
- Besharat, Fariba, Dehghan, Ali A., & Faghieh, Ahmad R. (2013). Empirical Models For

Estimating Global Solar Radiation: A Review And Case Study. *Renewable And Sustainable Energy Reviews*, 21, 798–821. [Google Scholar](#)

Betti, Tihomir, Zulim, Ivana, Brkić, Slavica, & Tuka, Blanka. (2020). A Comparison Of Models For Estimating Solar Radiation From Sunshine Duration In Croatia. *International Journal Of Photoenergy*, 2020. [Google Scholar](#)

Bmkg. (2021). [Http://Dataonline.Bmkg.Go.Id/Home](http://Dataonline.Bmkg.Go.Id/Home).

Chang, Kai, & Zhang, Qingyuan. (2020). Development Of A Solar Radiation Model Considering The Hourly Sunshine Duration For All-Sky Conditions – A Case Study For Beijing , China. *Atmospheric Environment*, 234(May), 117617. [Google Scholar](#)

Chen, Ji Long, He, Lei, Yang, Hong, Ma, Maohua, Chen, Qiao, Wu, Sheng Jun, & Xiao, Zuo Lin. (2019). Empirical Models For Estimating Monthly Global Solar Radiation: A Most Comprehensive Review And Comparative Case Study In China. *Renewable And Sustainable Energy Reviews*, 108(November 2018), 91–111. [Google Scholar](#)

Despotovic, Milan, Nedic, Vladimir, Despotovic, Danijela, & Cvetanovic, Slobodan. (2015). Review And Statistical Analysis Of Different Global Solar Radiation Sunshine Models. *Renewable And Sustainable Energy Reviews*, 52, 1869–1880. [Google Scholar](#)

Duffie, John A., & Beckman, William A. (2013). *Wiley: Solar Engineering Of Thermal Processes, 4th Edition - John A. Duffie, William A. Beckman*. [Google Scholar](#)

Falayi, E. O., Adepitan, J. O., & Rabi, A. B. (2008). Empirical Models For The Correlation Of Global Solar Radiation With Meteorological Data For Iseyin, Nigeria. *International Journal Of Physical Sciences*, 3(9), 210–216. [Google Scholar](#)

Fan, Junliang, Wang, Xiukang, Wu, Lifeng, Zhou, Hanmi, Zhang, Fucang, Yu, Xiang, Lu, Xianghui, & Xiang, Youzhen. (2018). Comparison Of Support Vector Machine And Extreme Gradient Boosting For Predicting Daily Global Solar Radiation Using Temperature And Precipitation In Humid Subtropical Climates: A Case Study In China. *Energy Conversion And Management*, 164(February), 102–111. [Google Scholar](#)

Feng, Yu, Gong, Daozhi, Zhang, Qingwen, Jiang, Shouzheng, Zhao, Lu, & Cui, Ningbo. (2019). Evaluation Of Temperature-Based Machine Learning And Empirical Models For Predicting Daily Global Solar Radiation. *Energy Conversion And Management*, 198(May), 111780. [Google Scholar](#)

Halawa, E. E. H., & Sugiyatno, S. (2001). Estimation Of Global Solar Radiation In The Indonesian Climatic Region. *Renewable Energy*, 24(2), 197–206. [Google Scholar](#)

Hargreaves, By G. Leo, Asce, A. M., Hargreaves, George H., Asce, F., Riley, J. Paul, & Asce, M. (1986). *Irrigation Water Requirements For Senegal River Basin*. I(3), 265–275. [Google Scholar](#)

- Hassan, Gasser E., Youssef, M. Elsayed, Mohamed, Zahraa E., Ali, Mohamed A., & Hanafy, Ahmed A. (2016). New Temperature-Based Models For Predicting Global Solar Radiation. *Applied Energy*, 179, 437–450. [Google Scholar](#)
- Hassan, Muhammed A., Khalil, A., Kaseb, S., & Kassem, M. A. (2018). Independent Models For Estimation Of Daily Global Solar Radiation: A Review And A Case Study. *Renewable And Sustainable Energy Reviews*, 82(July), 1565–1575. [Google Scholar](#)
- Iqbal, Muhammad. (1983). Extraterrestrial Solar Irradiation. *An Introduction To Solar Radiation*, 59, 59–84. [Google Scholar](#)
- Jahani, Babak, Dinpashoh, Y., & Raisi Nafchi, Atefeh. (2017). Evaluation And Development Of Empirical Models For Estimating Daily Solar Radiation. *Renewable And Sustainable Energy Reviews*, 73(May 2016), 878–891. [Google Scholar](#)
- Jamil, Basharat, & Akhtar, Naiem. (2017). Comparative Analysis Of Diffuse Solar Radiation Models Based On Sky-Clearness Index And Sunshine Period For Humid-Subtropical Climatic Region Of India: A Case Study. *Renewable And Sustainable Energy Reviews*, 78(March), 329–355. [Google Scholar](#)
- Klein, S. A. (1976). *Calculation Of Monthly Average Insolation On Tilted Surfaces*. 19, 325–329. [Google Scholar](#)
- Maleki, Seyed Abbas Mousavi, Hizam, H., & Gomes, Chandima. (2017). Estimation Of Hourly, Daily And Monthly Global Solar Radiation On Inclined Surfaces: Models Re-Visited. *Energies*, 10(1). [Google Scholar](#)
- Montgomery, D. C. And Peck, E. A. (2012). Introduction To Linear Regression Analysis. In *John Wiley & Sons*, (5th Ed.). New York: [1] Douglas C, Introduction To Linear Regression Analysis. 2012. [Google Scholar](#)
- Nasa. (2020). <https://Power.Larc.Nasa.Gov/Data-Access-Viewer/>.
- Nimnuan, P., & Janjai, S. (2012). An Approach For Estimating Average Daily Global Solar Radiation From Cloud Cover In Thailand. *Procedia Engineering*, 32, 399–406. [Google Scholar](#)
- Noorian, Ali Mohammad, Moradi, Isaac, & Kamali, Gholam Ali. (2008). Evaluation Of 12 Models To Estimate Hourly Diffuse Irradiation On Inclined Surfaces. *Renewable Energy*, 33(6), 1406–1412. [Google Scholar](#)
- Owolabi, Abdulhameed Babatunde, Nsafon, Benyoh Emmanuel Kigha, & Huh, Jeung Soo. (2019). Validating The Techno-Economic And Environmental Sustainability Of Solar Pv Technology In Nigeria Using Retscreen Experts To Assess Its Viability. *Sustainable Energy Technologies And Assessments*, 36(September), 100542. [Google Scholar](#)

Reetscreen. (2020). *Reetscreen*.

Samuel Chukwujindu, Nwokolo. (2017). A Comprehensive Review Of Empirical Models For Estimating Global Solar Radiation In Africa. *Renewable And Sustainable Energy Reviews*, 78(July), 955–995. [Google Scholar](#)

Sayago, Silvina, Ovando, Gustavo, Almorox, Javier, & Bocco, Mónica. (2020). Daily Solar Radiation From Nasa-Power Product: Assessing Its Accuracy Considering Atmospheric Transparency. *International Journal Of Remote Sensing*, 41(3), 897–910. [Google Scholar](#)

Tan Sbk, Shuy Eb, Chua Lhc. (2007). Modeling Hourly And Daily Open-Water Evaporation Rates In Areas With An Equatorial Climate. *Hydrol Process*, 21(November 2008), 486–499. [Google Scholar](#)

Yıldırım, H. Başak, Teke, Ahmet, & Antonanzas-Torres, Fernando. (2018). Evaluation Of Classical Parametric Models For Estimating Solar Radiation In The Eastern Mediterranean Region Of Turkey. *Renewable And Sustainable Energy Reviews*, 82(August), 2053–2065. [Google Scholar](#)

Copyright holder:

Harry, Rudi Gianto, Redi R Yacoub, Ismail Yusuf, Bomo
Wibowo, Gita Pratiwi (2022)

First publication right:

Syntax Literate: Jurnal Ilmiah Indonesia

This article is licensed under:

