

Estimasi Intensitas Radiasi Matahari Berbasis Korelasi Angstrom di Kawasan Karst Maros TN. Bantimurung Bulusaraung

Rihan Muhammad Al Ghifari¹, Muhammad Arsyad¹, Agus Susanto¹

¹Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Makassar.

Email korespondensi: iyanmia2@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.20527/flux.v19i1.12166>

Submitted: 11 Desember 2021 ; Accepted: 12 Februari 2022

ABSTRAK- Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis profil intensitas radiasi matahari dan mengestimasi intensitas radiasi berdasarkan persamaan *Angstrom* periode 2011-2020 di Kawasan Karst Maros TN Bantimurung Bulusaraung. Analisis profil dilakukan dengan plot grafik berdasarkan deklinasi matahari. Model prediksi dilakukan berdasarkan persamaan *Angstrom* dengan menggunakan data lama penyinaran matahari, selanjutnya hasil prediksi tersebut dibandingkan dengan data observasi tahun 2011-2020. Pengujian dilakukan menggunakan analisis korelasi *Pearson* dan *Root Mean Square Error* (RMSE). Data yang digunakan berupa data sekunder tahun 2011-2020 yang terdiri dari data bulanan intensitas radiasi dan lama penyinaran matahari yang diperoleh dari BMKG Stasiun Iklim Maros. Hasil analisis profil menunjukkan bahwa intensitas radiasi menunjukkan pola bimodal, koefisien korelasi *Angstrom* diperoleh $a=0.190$ dan $b=0.341x$. Hasil analisis menunjukkan bahwa model prediksi tersebut valid dengan nilai koefisien korelasi sangat kuat 0.9%, dan RMSE 2.50.

KATA KUNCI: *Intensitas radiasi; Karst; Korelasi angstrom; Lama penyinaran matahari*

ABSTRACT- This study aims to analyze the solar radiation intensity profile and estimate the radiation intensity based on the *Angstrom* equation for the 2011-2020 period in the Maros Karst Area of Bantimurung Bulusaraung National Park. Profile analysis was carried out by plotting a graph based on the sun's declination. The prediction model is carried out based on the *Angstrom* equation using data on the sunshine duration, then the prediction results are compared with the observation data for 2011-2020. The test was conducted using *Pearson* correlation analysis and *Root Mean Square Error* (RMSE). The data used in the form of secondary data for 2011-2020 consisted of monthly data on radiation intensity and sunshine duration obtained from the BMKG Maros Climate Station. The results of the profile analysis show that the radiation intensity shows a bimodal pattern, the *Angstrom* correlation coefficient is obtained $a=0.190$ and $b=0.341x$. The results of the analysis show that the prediction model is valid with a very strong correlation coefficient value of 0.9%, and RMSE 2.50.

KEYWORDS : *Radiation intensity; Sunshine duration; Angstrom Correlation; Karst*

PENDAHULUAN

Radiasi matahari adalah radiasi energi alternatif berupa energi panas gelombang elektromagnetik yang terdiri dari medan listrik dan magnet (Sritavasta & Pandey, 2013). Sebagai negara yang dilalui oleh garis ekuator, Indonesia dikaruniai sinar matahari dengan intensitas radiasi rata-rata sekitar 4,8 kWh/m² perhari dan lama penyinaran rata-rata 12 jam

perhari (Octavianti *et al.*, 2018). Wilayah Kawasan Karst Maros terletak diantara 119°34'17" – 119°55'13"BL dan 4°42'49" – 5°06'42"LS. Intensitas radiasi matahari saat terjadinya *solstice* Bulan Juni dan Desember masing-masing mencapai 1.193 Joule/cm²/hari dan 1.249 Joule/cm²/hari (Arsyad, *et al.*, 2021).

Informasi mengenai potensi ketersediaan energi matahari merupakan suatu hal

yang penting dalam mendukung pemanfaatan energi matahari secara optimal seperti desain arsitektur termal bangunan, sistem pemanfaatan energi (*photovoltaic/PV, solar concentrator, solar collector*) dll. Penelitian mengenai estimasi intensitas radiasi diharapkan dapat dimanfaatkan sebagai bahan pertimbangan dalam pemanfaatan energi alternatif.

Selain sebagai energi alternatif, intensitas radiasi juga merupakan salah satu unsur parameter iklim. Ketersediaan data iklim tentunya sangat dibutuhkan khususnya di Kawasan Karst Maros. Pembentukan kawasan karst sangat berpengaruh dengan bagaimana proses pelarutan batuan yang ditentukan oleh iklim (Arsyad *et.al*, 2014). Peran iklim di Kawasan Karst merupakan salah satu komponen pengontrol cepat lambatnya proses karstifikasi (Haryono, 2013).

Untuk memenuhi ketersediaan data radiasi yang memadai, maka diperlukan pemodelan prediksi berdasarkan data yang ada yaitu data terukur maupun menggunakan persamaan matematis yang telah diterapkan oleh peneliti-peneliti terdahulu. Salah satu persamaan matematis yang dapat digunakan dalam memprediksi intensitas radiasi yaitu persamaan korelasi *Angstrom* (Srivastava & Pandey, 2013; Gana & Akpootu, 2013). Persamaan tersebut digunakan untuk memprediksi estimasi radiasi matahari pada bidang horizontal dengan menggunakan data terukur, yaitu data lama penyinaran matahari.

Tujuan utama yang ingin dicapai pada tulisan ini yaitu menganalisis profil intensitas radiasi untuk memperoleh informasi potensi ketersediaan energi matahari. Selanjutnya yaitu mendapatkan model estimasi intensitas radiasi berdasarkan persamaan *Angstrom* yang menyatakan hubungan antara intensitas radiasi dan lama penyinaran matahari di Kawasan Karst Maros TN. Bantimurung Bulusaraung.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan data

intensitas radiasi dan lama penyinaran matahari periode 2011-2020, diperoleh dari BMKG Stasiun Iklim Maros. Analisis profil dilakukan dengan membuat plot grafik data intensitas radiasi dan deklinasi matahari berdasarkan gerak semu matahari. Deklinasi matahari diperoleh dengan menggunakan Pers. (1)

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

keterangan :

δ : sudut deklinasi matahari ($^{\circ}$)

n : julian day

Selanjutnya prediksi intensitas radiasi dilakukan berdasarkan persamaan korelasi *Angstrom*. Model persamaan tersebut merupakan salah satu persamaan yang digunakan untuk menganalisis hubungan intensitas radiasi dengan lama penyinaran matahari (Akpabio & Etuk, 2003), dimana hubungan tersebut dituliskan pada Pers. (2)

$$\frac{H_g}{H_0} = a + b \left(\frac{n}{N}\right) \quad (2)$$

dengan H_g Intensitas radiasi matahari ($\text{MJm}^{-2}\text{hari}^{-1}$), H_0 = Intensitas radiasi *ekstraterrestrial* ($\text{MJm}^{-2}\text{hari}^{-1}$), n = Lama penyinaran matahari, dan N = Panjang hari. Radiasi *extraterrestrial* merupakan radiasi di atmosfer bumi yang dihitung dengan menggunakan Pers. (3).

$$H_0 = \frac{24}{\pi} G_{sc} \left[(1 + 0,033) \cos\left(\frac{2\pi dn}{365}\right) \right] \times (\cos\varphi \cos\delta \sin\omega_s + \omega_s \sin\varphi \sin\delta) \quad (3)$$

dengan G_{sc} adalah konstanta matahari sebesar 1367 Kw/m^2 , φ adalah titik kordinat Kawasan Karst Maros, dan ω_s sudut matahari terbit. Rasio antara intensitas radiasi matahari (H_g) terhadap radiasi *ekstraterrestrial* (H_0) biasa disebut dengan *Clearness Number* (CN) atau dituliskan dengan Pers. (4) berikut.

$$CN = \frac{H_g}{H_0} \quad (4)$$

Panjang hari (N) adalah durasi penyinaran matahari maksimum yang terjadi di suatu daerah yang nilainya bergantung pada letak lintang (Φ) dan sudut deklinasi (δ), dihitung dengan Pers. **Error! Reference source not found.**):

$$N = \frac{2}{15} \text{acos}(-\tan \Phi \cdot \tan \delta) \quad (5)$$

Intensitas radiasi *ekstraterrestrial* H_0 dihitung menggunakan Persamaan 2, sedangkan panjang hari (N) dan sudut deklinasi (δ) masing-masing dihitung menggunakan Pers. 4 dan 1. Perhitungan rasio (H_g/H_0) dan (n/N) kemudian dilakukan untuk keperluan membuat grafik. Untuk mengetahui hubungan antara intensitas radiasi dengan lama penyinaran matahari, maka dilakukan analisis dan plot grafik antara (H_g/H_0) dan (n/N) berdasarkan Pers. 1, Sehingga diperoleh harga a dan b. Untuk menghitung H_{estimasi} (mengestimasi intensitas radiasi matahari), maka harga a dan b dimasukkan dalam Pers. 1 dengan data lama penyinaran matahari (n) berdasarkan hasil pengukuran BMKG Stasiun Iklim Maros.

Penelitian Munawar *et al.* (2020) menggunakan nilai koefisien korelasi *pearson* dan penelitian yang dilakukan oleh Kosmopoulos *et al.* (2015) menggunakan nilai RMSE untuk mengevaluasi perbandingan antara data radiasi matahari dan hasil estimasinya. Merujuk pada kedua hasil penelitian tersebut, nilai koefisien korelasi *pearson* dan *Root Mean Square Error* (RMSE) dianalisis dalam penelitian ini untuk memperoleh besar kesesuaian harga H_{estimasi} (hasil estimasi) terhadap H_g hasil observasi. Nilai koefisien korelasi *pearson* dihitung dengan menggunakan Pers. (6).

$$r_{xy} = \frac{n\sum X_i Y_i - (\sum X_i)(\sum Y_i)}{\sqrt{\{n\sum X_i^2 - (\sum X_i)^2\}\{n\sum Y_i^2 - (\sum Y_i)^2\}}} \quad (6)$$

Dimana r_{xy} koefisien korelasi *pearson* antara X dan Y, n adalah banyaknya data X maupun Y. Sugiyono (2007) menyatakan bahwa indeks kekuatan hubungan antara kedua variabel X dan Y dituliskan pada Tabel 1.

Selanjutnya nilai RMSE dilakukan untuk menganalisis tingkat kesalahan nilai estimasi dan nilai hasil observasi. Nilai RMSE dianalisis dengan menggunakan Pers. (7).

$$RMSE = \frac{\sum_{i=1}^N (f_i - o_i)^2}{N} \quad (7)$$

dimana N merupakan jumlah data, f nilai estimasi, dan o adalah nilai observasi radiasi matahari.

Tabel 1 Indeks Kekuatan Hubungan Variabel X dan Y

Nilai r_{xy}	Interpretasi	Nilai r_{xy}	Interpretasi
0,00–0,19	Sangat rendah	(-0,00)–(-0,19)	Sangat rendah
0,20–0,39	Rendah	(-0,20)–(-0,39)	Rendah
0,40–0,59	Sedang	(0,40)–(0,59)	Sedang
0,60–0,79	Kuat	(-0,60)–(-0,79)	Kuat
0,80–1,00	Sangat kuat	(-0,80)–(-1,00)	Sangat kuat

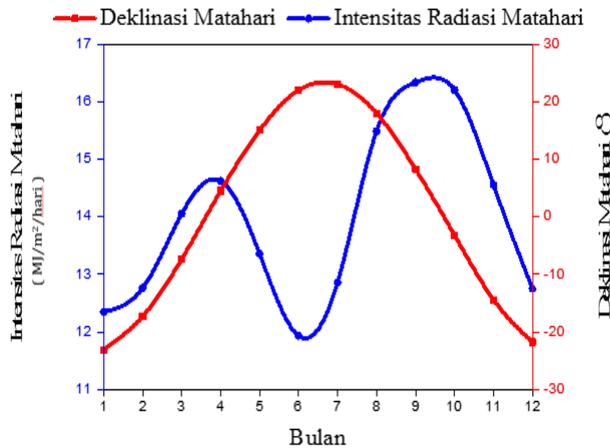
HASIL DAN PEMBAHASAN

Data intensitas radiasi matahari rata-rata bulanan periode 2011–2020 dilakukan analisis grafik terhadap sudut deklinasi matahari. Berdasarkan analisis data tersebut, diperoleh intensitas radiasi matahari mengikuti pola deklinasi gerak semu harian matahari. Analisis profil intensitas radiasi matahari rata-rata bulanan selama 10 tahun dapat dilihat pada Gambar 1

Gambar 1 menunjukkan profil intensitas radiasi matahari rata-rata bulanan di Kawasan Karst Maros TN Babul selama periode 2011–2020 bervariasi mengikuti posisi matahari, berupa deklinasi matahari. Profil intensitas radiasi matahari memiliki pola bimodal dengan puncak tertinggi terjadi pada Bulan April dan September masing-masing sebesar $14,62 \text{ MJm}^{-2}\text{hari}^{-1}$ dan $16,34 \text{ MJm}^{-2}\text{hari}^{-1}$ sedangkan puncak terendah pada Bulan Januari dan Juni masing-masing sebesar $12,35 \text{ MJm}^{-2}\text{hari}^{-1}$ dan $1,93 \text{ MJm}^{-2}\text{hari}^{-1}$.

Pada Bulan Januari hingga Maret, intensitas radiasi meningkat seiring dengan deklinasi matahari menuju minimum, sedangkan pada Bulan April hingga Juni intensitas radiasi menurun seiring dengan deklinasi matahari menuju maksimum. Selanjutnya pada Bulan Juli hingga September intensitas radiasi meningkat dan pada Bulan Oktober hingga Desember intensitas radiasi menurun. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Wida,

et al. (2019), yaitu Bulan Maret-April dan Agustus-September terlihat grafik intensitas radiasi matahari semakin meningkat seiring dengan matahari mendekat ke ekuator, sebaliknya pada Bulan Juni-Juli dan Desember-Januari grafik intensitas radiasi matahari semakin menurun seiring dengan matahari menjauh dari ekuator.



Gambar 1. Profil intensitas radiasi matahari periode Kawasan Karst Maros TN. Bantimurung Bulusaraung Periode 2011-2020.

Pola bimodal terbentuk akibat adanya pengaruh gerak semu matahari. Matahari dalam periode semu hariannya akan mengakibatkan perubahan deklinasi di langit, hal ini dikarenakan bumi memiliki kemiringan ekliptika dengan ekuator langit sebesar 23,5 derajat, sehingga lintasan matahari tahunan miring terhadap ekuator langit dengan deklinasi sebesar +23,5 derajat atau -23,5 derajat. Perbedaan deklinasi matahari yang terjadi mengakibatkan perubahan intensitas radiasi matahari dalam setahun.

Untuk menganalisis hubungan antara intensitas radiasi dan lama penyinaran matahari berdasarkan persamaan korelasi angstrom, maka dilakukan plot grafik antara rasio intensitas radiasi terhadap radiasi ekstraterrestrial (H_g/H_0) dan rasio lama penyinaran matahari terhadap panjang hari (n/N). Dengan demikian, perlu dianalisis terlebih dahulu intensitas radiasi ekstraterrestrial H_0 dengan menggunakan Pers.

3, selanjutnya menghitung rasio antara intensitas radiasi terhadap radiasi ekstraterrestrial ($CN = H_g/H_0$) dan rasio lama penyinaran terhadap panjang hari (n/N). Plot grafik dilakukan dengan H_g/H_0 pada sumbu y dan (n/N) pada sumbu x seperti pada gambar berikut ini. Hasil plot grafik juga akan diperoleh persamaan yang direpresentasikan sebagai persamaan korelasi *Angstrom*.

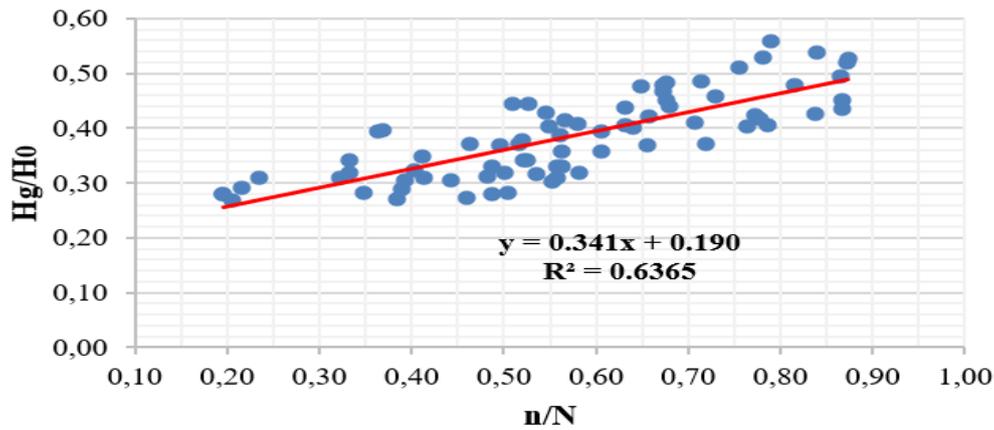
Berdasarkan grafik hubungan antara intensitas radiasi dan lama penyinaran matahari pada Gambar 2 diperoleh persamaan $y = 0,341x + 0,190$. Bila dituliskan dalam bentuk persamaan korelasi *Angstrom*, maka diperoleh Pers. 8.

$$\frac{H_g}{H_0} = 0,341 + 0,190 \left(\frac{n}{N} \right) \quad (8)$$

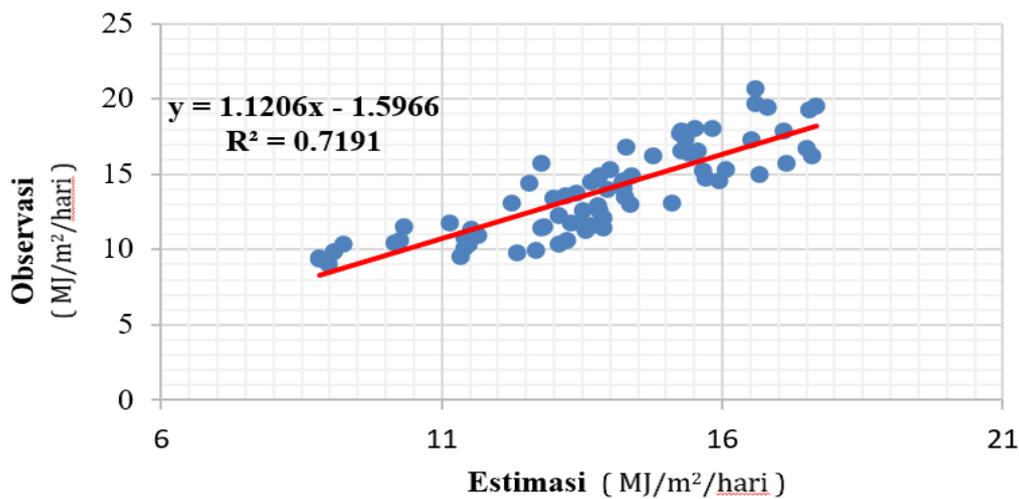
Persamaan 8 tersebut merepresentasikan hubungan antara intensitas radiasi dan lama penyinaran matahari di Kawasan Karst Maros TN. Bantimurung Bulusaraung periode 2011-2020. Hasil penjumlahan nilai a dan b tersebut menggambarkan angka kebeningan atmosfer (CN). Hasil analisis pada Pers. 8 menunjukkan penjumlahan 'a+b' diperoleh nilai 0,519. Hal ini angka kebeningan atmosfer di Kawasan Karst Maros berkisar antara 0,5 sampai dengan 0,7. Rentang nilai tersebut dapat diartikan bahwa kondisi atmosfer di wilayah tersebut cukup keruh (Utomo, et al. 2004). Kekeruhan tersebut dipengaruhi oleh CO, CO₂, debu, H₂O (awan) dan lain-lain.

Hasil observasi intensitas radiasi matahari pada titik pengukuran di BMKG Stasiun Klimatologi Maros dengan model hasil analisis persamaan korelasi *Angstrom* ditunjukkan pada Gambar 3.

Selanjutnya dilakukan evaluasi hasil observasi dan estimasi berbasis korelasi *Angstrom* intensitas radiasi matahari dengan menggunakan nilai persamaan *pearson* (R_y) berdasarkan Pers. 6 dan *Root Mean Square Error* (RMSE) berdasarkan Pers. 7. Hasil evaluasi tersebut ditunjukkan pada Tabel 2.



Gambar 2. Grafik Hubungan antara intensitas radiasi dan lama penyinaran matahari di Kawasan Karst Maros TN. Bantimurung Bulusaraung



Gambar 3. Grafik perbandingan intensitas radiasi hasil estimasi berbasis korelasi *Angstrom* dengan observasi

Tabel 2 Hasil Evaluasi Observasi dan Model Persamaan *Angstrom* Intensitas Radiasi Matahari dengan Menggunakan Nilai Korelasi *Pearson* (R_{xy}) dan *Root Mean Square Error* (RMSE)

Tahun	Korelasi <i>Pearson</i> (R_{xy})	RMSE
2011	0,90	2,48
2012	0,85	2,58
2013	0,89	1,40
2014	0,95	1,14
2015	0,84	2,25
2016	0,96	3,40
2017	0,88	2,43
2018	0,94	3,56
2019	0,92	3,13
2020	0,89	2,60
Rata-Rata	0,90	2,50

Evaluasi terhadap performa hasil observasi dan estimasi berbasis korelasi *Angstrom* diperoleh koefisien korelasi *Pearson* (R_{xy}) rata-rata senilai 0,9 dengan interpretasi sangat kuat, kemudian nilai *Root Mean Square Error* (RMSE) rata-rata senilai 2,50. Berdasarkan hasil interpretasi tersebut menunjukkan adanya kesesuaian antara estimasi intensitas radiasi berdasarkan model persamaan korelasi *Angstrom* terhadap intensitas radiasi hasil observasi di Kawasan Karst Maros TN. Bantimurung Bulusaraung. Model estimasi tersebut diharapkan dapat bermanfaat bagi ketersediaan data iklim terkhusus intensitas radiasi matahari tersebut dalam hal pengaplikasian energi matahari sebagai sumber energi alternatif.

KESIMPULAN

Profil intensitas radiasi dan lama penyinaran matahari periode 2011–2020 di Kawasan Karst Maros TN Babul memiliki pola bimodal. Estimasi intensitas radiasi matahari dengan menggunakan persamaan korelasi Angstrom memiliki performa yang baik. Hal ini ditunjukkan dengan nilai koefisien korelasi Pearson diperoleh sebesar 0,9 dengan interpretasi sangat kuat, dan nilai Root Mean Square Error (RMSE) yang relatif kecil yaitu senilai 2,5.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada BMKG Stasiun Klimatologi Maros pada penyediaan data Intensitas Radiasi dan Lama Penyinaran Matahari Periode 2011–2020 di Kawasan Karst Maros TN. Bantimurung Bulusaraung.

DAFTAR PUSTAKA

- Akpabio, L. E., dan Etuk, S.E. 2003. Relationship between global solar radiation and sunshine duration for Onne, Nigeria. *Turk J. Phy*, 27 (2003), 161-167.
- Arsyad, M., Pawitan, H., Sidauruk, P., & Putri, E. I. K. (2014). Analisis Ketersediaan Air Sungai Bawah Tanah Dan Pemanfaatan Berkelanjutan Di Kawasan Karst Maros Sulawesi Selatan. *J. Manusia Dan Lingkungan*, 21 (1), 8-14. <https://doi.org/10.22146/jml.18505>.
- Arsyad, M., Ghifari, R. M. A., Susanto, A., Palloan, P., & Sulistiawaty. (2021). Analysis of Radiation Intensity and Sunshine Duration in the Karst Area of Maros TN Bantimurung Bulusaraung South Sulawesi During Solstice Phenomenon. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 7(Special Issue), 199–204. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v7iSpecial Issue.1068>.
- Gana, N.N., dan Akpootu, D.O. 2013. Angstrom type empirical correlation for estimating global solar radiation in North-Eastern Nigeria. *The International Journal Of Engineering And Sciences (IJES)*, 2(11), 58-78.
- Haryono, E. (2013). Perkembangan Tema Riset Geomorfologi Karst dalam Perspektif Iklim. Paper presented at Pertemuan Ilmiah Tahunan XVI, Banjarmasin 2-3 November 2013.
- Kosmopoulos, P. G., Kazadis, S., Lagouvardos, K., Kotroni, V., dan Bais, A. 2015. Solar energy prediction and verification using operational model forecasts and ground-based solar measurements. *Energy*, 93 (2), 1918-1930. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2015.10.054>.
- Munawar, Mulsandi, A., dan Hidayat, A. M. 2020. Model Estimasi Data Intensitas Radiasi Matahari Untuk Wilayah Banten. *Jurnal Sains & Teknologi Modifikasi Cuaca*, 21 (2), 53-61. <https://doi.org/10.29122/jstmc.v21i2.4171>
- Octavianti, A., Muliadi, & Apriansyah. (2018). Estimasi Intensitas Radiasi Matahari di Wilayah Kota Makassar. *Prisma Fisika*, 6 (3), 152-159. <http://dx.doi.org/10.26418/pf.v6i3.28711>.
- Sritavasta, R. C., dan Pandey, H. 2013. Estimating Angstrom-Precott coefficients for India and developing a correlation between sunshine hours and global solar radiation for India. *ISRN Renewable Energy*, 2013, 1-7. <https://doi.org/10.1155/2013/403742>.
- Sugiyono. (2007). *Statistika Untuk Penelitian*. Bandung: ALFABETA.
- Utomo, Y.S., Isril H., dan Haslizhen H., 2004. Pemodelan Matematis untuk Analisis Radiasi Surya di Permukaan Bumi Daerah Khatulistiwa (15°LS - 15°LU). Prosiding Seminar Nasional Rekayasa Kimia dan Proses 2005. Jurusan Kimia Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang.
- Wida, D. A. K., Sumaja, K., & Wiguna, P. P. H. (2019). Analisis Hubungan Intensitas Radiasi Dan Lama Penyinaran Matahari Dengan Parameter Cuaca Di Stasiun Meteorologi Ngurah Rai Serta Pengaruhnya Terhadap Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Di Bali Selatan. *Meteo Ngurah Rai*, 5 (1), 1-7