

## PREDIKSI RADIASI SURYA GLOBAL BULANAN KOTA BANDUNG MENGUNAKAN DATA LPM (LAMA PENYINARAN MATAHARI)

YUSUF SURYO UTOMO<sup>†</sup>

*Kelompok Penelitian Konversi dan Konservasi Energi,  
Pusat Penelitian Tenaga Listrik dan Mekatronik - LIPI  
Jl. Sangkuriang Kompleks LIPI, Bandung 40135*

**Abstrak.** Penelitian ini bertujuan memprediksi potensi radiasi surya global di Kota Bandung, Jawa Barat. Model prediksi didasarkan pada persamaan Angstrom dengan menggunakan data Lama Penyinaran Matahari (LPM) periode 1994-2003. Selanjutnya model prediksi tersebut digunakan untuk memprediksi radiasi surya global pada permukaan horizontal untuk Kota Bandung. Model prediksi yang dikembangkan disusun menggunakan data LPM periode 1994-2001 dan divalidasi dengan membandingkan dengan nilai yang terukur untuk tahun 2002 dan 2003. Dependensi dari model diuji menggunakan MBE (*Mean Bias Error*) dan RMSE (*Root Mean Square Error*). Hasil prediksi menunjukkan bahwa model tersebut valid yang ditunjukkan dengan MBE -0,01%, RMSE 0,03% dan bias error 5%. Hasil perhitungan indeks Kebeningan Atmosfer di Bandung menunjukkan bahwa langit cerah hanya terjadi pada bulan Juni, Juli, Agustus dan September di mana Bilangan Kebeningannya lebih dari 0,5. Model prediksi ini diharapkan dapat diaplikasikan langsung dalam memprediksi potensi ketersediaan energi surya, khususnya bagi para perencana dan perancang peralatan energi surya dan umumnya para perencana dan desainer dalam berbagai bidang, antara lain: klimatologi, hidrologi, pertanian, dan arsitektur.

*Kata kunci:* model prediksi, radiasi surya global, lama penyinaran matahari, Bilangan Kebeningan, Bandung

**Abstract.** This study aims to predict of global solar radiation potential over Bandung City, West Java. The prediction model is based on the Angstrom equation by using data of sunshine duration period 1994-2003. Furthermore, the prediction model is used to predict global solar radiation on a horizontal surface for the Bandung City. Prediction models developed was compiled using the sunshine duration data from 1994 to 2001 and validated by comparing it with measured values for 2002 and 2003. The dependencies of the models were tested using MBE (Mean Bias Error) and RMSE (Root Mean Square Error). The prediction results indicate that the model is valid indicated by MBE, RMSE and error bias of -0.01%, 0.03%, and 5%, respectively. The results of Clearness Index calculation for Bandung shows that the sky is clear only occurs in June, July, August and September season where the Clearness Number is more than 0.5. This prediction model is expected to be applied directly in predicting the potential for solar energy availability, especially for planners and designers of solar energy equipment and general planners and designers in various fields, including: climatology, hydrology, agriculture, and architecture.

*Keywords:* prediction model, global solar radiation, sunshine duration, clearness number, Bandung

### 1. Pendahuluan

Data radiasi surya yang biasanya diamati dan diukur oleh stasiun BMKG (Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika) umumnya adalah radiasi global dengan jumlah stasiun pengamatan yang terbatas, karena tidak semua stasiun BMKG mengamatinya. Hal tersebut disebabkan karena terbatasnya alat ukur radiasi surya yang dimiliki. Selain itu distribusi stasiun pengamatnya tidak merata di wilayah nusantara. Usaha untuk membuat/memperbanyak stasiun pengamatan radiasi surya di seluruh wilayah nusantara akan memerlukan biaya yang sangat besar dan memakan waktu yang cukup lama [1-5].

---

<sup>†</sup>email:yustomo@gmail.com

Untuk memenuhi ketersediaan data radiasi yang memadai, maka diperlukan suatu cara yang efektif dan efisien. Salah satu diantaranya adalah dengan cara membuat model prediksi berdasarkan data-data yang ada (data yang diperoleh dari pengamatan beberapa stasiun BMKG) maupun menggunakan beberapa persamaan matematis serta data yang telah dipublikasikan oleh peneliti-peneliti radiasi surya terdahulu. Schuëpp telah mengembangkan persamaan matematis menggunakan data radiasi surya diluar atmosfer atau kondisi atmosfer standar. Sedangkan Angstrom, mengembangkan suatu korelasi untuk memprediksi radiasi surya global pada bidang horisontal menggunakan data Lama Penyinaran Matahari (LPM) yang dikenal dengan korelasi Angstrom. Dengan analisa menggunakan persamaan-persamaan tersebut serta melakukan interpolasi, akan diperoleh beberapa jenis data menyangkut jumlah radiasi surya, baik radiasi global, radiasi langsung ataupun radiasi baur di lokasi dimana tidak terdapat stasiun BMKG.

Tujuan utama yang ingin dicapai dalam tulisan ini adalah mendapatkan suatu model prediksi didasarkan pada persamaan Angstrom yang menyatakan hubungan antara intensitas radiasi surya dan Lama Penyinaran Matahari (LPM) untuk Kota Bandung. Diharapkan model prediksi tersebut dapat diaplikasikan langsung dalam memprediksi ketersediaan energi surya, khususnya bagi para perencana dan perancang peralatan energi surya dan umumnya para perencana dan desainer dalam berbagai bidang, antara lain: klimatologi, hidrologi, pertanian, dan arsitektur. Selain itu, model prediksi tersebut diharapkan dapat digunakan untuk memprediksi ketersediaan energi surya di tempat lain yang memiliki kondisi yang mirip dengan Kota Bandung [6-10].

## 2. Metode Penelitian

Korelasi Angstrom merupakan salah satu korelasi yang dapat digunakan untuk mengetahui keamatan hubungan antara radiasi surya global dengan Lama Penyinaran Matahari/LPM (*sunshine duration*), dimana hubungan tersebut dapat ditulis dalam bentuk persamaan berikut [11-13] :

$$\frac{H_g}{H_0} = a + b \left( \frac{n}{N} \right) \quad (1)$$

dimana :

$H_g$  = intensitas radiasi surya global [ $\text{MJ.m}^{-2}.\text{day}^{-1}$ ]

$H_0$  = intensitas radiasi ekstraterrestrial [ $\text{MJ.m}^{-2}.\text{day}^{-1}$ ]

$n$  = Lama Penyinaran Matahari/LPM (*sunshine duration*) [jam]

$N$  = Panjang hari [jam]

Radiasi ekstraterrestrial adalah radiasi yang mungkin diterima tanpa keberadaan atmosfer. Jadi radiasi ekstraterrestrial merupakan radiasi surya di luar atmosfer bumi. Sedangkan bila telah memasuki atmosfer bumi, radiasi tersebut dinamakan radiasi terrestrial. Rasio antara radiasi surya global terhadap radiasi ekstraterrestrial biasa disebut dengan *Clearness Number* (CN) atau secara matematis ditulis:

$$\text{CN} = H_g / H_0 \quad (2)$$

Panjang hari ( $N$ ) adalah Lama Penyinaran Matahari maksimum yang boleh jadi pada suatu lokasi, harganya tergantung dari letak lintang ( $\phi$ ) dan sudut deklinasi ( $\delta$ ), dan dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$N = \frac{2}{15} a \cos(-\tan \phi, \tan \delta) \quad (3)$$

dengan :

$\phi$  = lintang lokasi

$\delta$  = sudut deklinasi dan dituliskan sebagai :

$$\delta = 23,45 \sin \left[ 360 \left( \frac{284 + h_n}{365} \right) \right] \quad (4)$$

dengan  $h_n$  = hari ke  $n$  dalam setahun (1 s/d 365) / *Julian day*.

Data intensitas radiasi surya global ( $H_g$ ) diperoleh dari hasil pengukuran menggunakan *pyranometer* Eppley. Pengukuran dilakukan di kantor LIPI Bandung. Sedangkan data Lama Penyinaran Matahari/LPM ( $n$ ) diperoleh dari Stasiun Geofisika BMKG Bandung. Kedua jenis data tersebut merupakan kumpulan data hasil pengukuran selama 10 tahun, yaitu tahun 1994 s/d 2003 untuk Kota Bandung yang terletak pada  $06^\circ 55'$  LS,  $107^\circ 36'$  BT dengan ketinggian 791 meter diatas permukaan laut (dpl).

Intensitas radiasi ekstraterrestrial  $H_0$  dihitung menggunakan persamaan 1, sedangkan panjang hari ( $N$ ) dan sudut deklinasi ( $\delta$ ) masing-masing dihitung menggunakan persamaan 3 dan 4. Perhitungan rasio ( $H_g/H_0$ ) dan ( $n/N$ ) kemudian dilakukan untuk keperluan membuat grafik. Untuk mengetahui hubungan antara radiasi surya global dengan LPM Kota Bandung, maka berdasarkan persamaan 1 dibuat grafik antara ( $H_g/H_0$ ) dan ( $n/N$ ). Konstanta dan slope grafik merupakan harga 'a' dan 'b' pada persamaan 1.

Untuk menghitung  $H_{\text{prediksi}}$  (memprediksi intensitas radiasi surya global), maka harga 'a' dan 'b' dimasukkan dalam persamaan 1 dengan data LPM ( $n$ ) hasil pengukuran stasiun BMKG Bandung. Penyimpangan (deviasi) harga  $H_{\text{prediksi}}$  (hasil prediksi) terhadap  $H_g$  hasil pengukuran dapat dievaluasi secara statistik menggunakan *Mean Bias Error* (MBE) dan *Root Mean Square Error* (RMSE), dengan persamaan:

$$MBE(\%) = 100 \left( \frac{1}{H_m} \right) \left( \sum \frac{H_{i,\text{prediksi}} - H_{i,g}}{M} \right) \quad (5)$$

$$RMSE(\%) = 100 \left( \frac{1}{H_m} \right) \left( \sum \frac{H_{i,\text{prediksi}} - H_{i,g}}{M} \right)^{1/2} \quad (6)$$

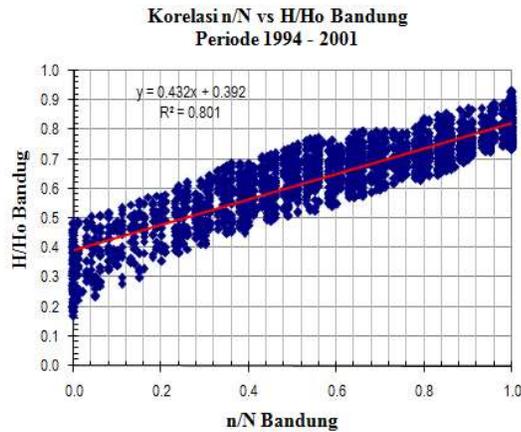
dengan  $i = 1, 2 \dots M$ ;  $M$  adalah total jumlah data pengukuran;  $H_m$  adalah harga rata-rata radiasi surya global sebanyak  $M$  pengukuran. Pengukuran intensitas radiasi surya global dilakukan di kantor LIPI Bandung ( $06^\circ 55'$  LS,  $107^\circ 36'$  BT) menggunakan *pyranometer* Eppley selama 10 tahun, yaitu tahun 1994 s/d 2003.

Bila MBE bernilai positif, maka model tersebut '*over estimate*' terhadap hasil pengukuran, sebaliknya bila negatif, model tersebut '*under estimate*' terhadap hasil pengukuran. Besar kecilnya harga MBE dan RMSE menunjukkan kesesuaian antara radiasi surya global hasil prediksi terhadap hasil pengukuran [14-17].

### 3. Hasil dan Pembahasan

Untuk mengetahui hubungan antara radiasi surya global dengan LPM Kota Bandung, maka berdasarkan persamaan 1 perlu dibuat grafik antara radiasi surya global ( $H_g/H_0$ ) dan LPM ( $n/N$ ). Dengan demikian perlu dihitung terlebih dahulu intensitas radiasi ekstraterrestrial  $H_0$  menggunakan persamaan 1, panjang hari ( $N$ ) menggunakan persamaan 3 dan sudut deklinasi ( $\delta$ ) menggunakan

persamaan 4. Langkah selanjutnya adalah menghitung rasio antara radiasi surya global terhadap radiasi ekstraterrestrial ( $CN = H_g/H_0$ ) dan rasio LPM relatif terhadap panjang hari ( $n/N$ ). Grafik dibuat dengan memplot  $H_g/H_0$  pada sumbu y (ordinat) dan ( $n/N$ ) pada sumbu x (absis) seperti pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Grafik Hubungan Radiasi Surya Global vs LPM

Berdasarkan grafik pada Gambar 1 diperoleh persamaan  $Y = 0,43 \cdot X + 0,39$ , dengan  $R^2 = 0,8$ . Bila dituliskan dalam bentuk korelasi Angstrom, maka persamaan tersebut ditulis sebagai:

$$\frac{H_g}{H_0} = 0,39 + 0,43 \left( \frac{n}{N} \right) \quad (7)$$

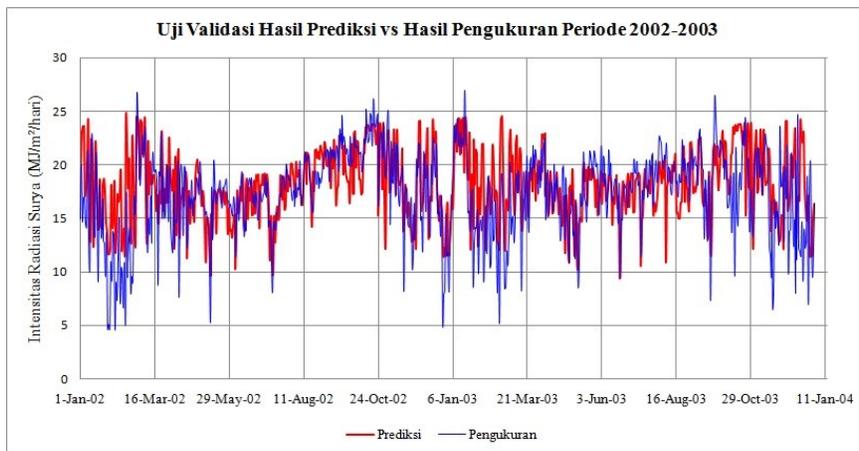
Persamaan 7 tersebut merepresentasikan hubungan antara radiasi surya global dan LPM yang diusulkan untuk Kota Bandung, Jawa Barat selanjutnya disebut **model prediksi Bandung**. Harga konstanta regresi 'a' pada model prediksi Bandung tersebut menggambarkan transmisi atmosfer total (*the overall atmospheric transmission*) pada kondisi langit berawan, yaitu 0,39. Artinya transmisi radiasi surya di atmosfer Bandung pada kondisi langit berawan rendah. Sedangkan slope grafik 'b' yaitu 0,43. Harga 'a' biasanya berkisar antara 0,14 – 0,54 dan 'b' berkisar antara 0,18 – 0,73. Bila harga 'a' kecil, maka harga 'b' akan besar, demikian pula sebaliknya.

Penjumlahan 'a + b' menggambarkan transmisi atmosfer total pada kondisi langit bening. Untuk daerah yang beriklim basah (banyak terdapat uap air dan partikel pengotor) umumnya hasil penjumlahan 'a + b' tersebut sekitar 0,65. Sedangkan untuk daerah beriklim kering (atmosfer bersih) harga 'a + b' tersebut sekitar 0,80. Untuk Kota Bandung hasil penjumlahan 'a + b' adalah 0,82, yang berarti ada dua kemungkinan. Kemungkinan pertama, Kota Bandung memang beriklim basah sedangkan kemungkinan kedua, kondisi atmosfer Kota Bandung berawan dan kotor yang disebabkan oleh partikel debu (pengotor) dan gas  $CO_2$ . Pada kondisi demikian, maka komponen radiasi surya baur akan lebih dominan dibandingkan komponen radiasi surya langsung.

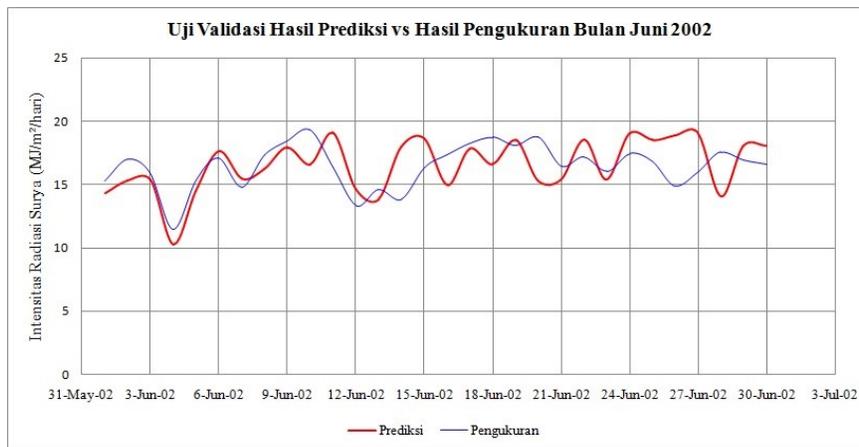
Kondisi paling ekstrim terjadi bila setengah permukaan bola langit tertutup awan (*overcast sky*), pada kondisi ini matahari tidak dapat dilihat. Dengan demikian, radiasi surya yang jatuh di Kota Bandung lebih didominasi komponen radiasi surya baur, yang disebabkan oleh kondisi atmosfer yang berawan. Kebeningan Atmosfer di Bandung menunjukkan bahwa langit cerah hanya terjadi

pada bulan Juni, Juli, Agustus dan September di mana Bilangan Kebeningannya lebih dari 0,5. Model Bandung tersebut mempunyai koefisien regresi  $r = 0,89$  ( $R^2 = 0,801$ ) yang menunjukkan kuatnya hubungan antara radiasi surya global (dinyatakan dalam rasio  $H_g/H_0$ ) dan LPM (dinyatakan dalam rasio  $n/N$ ). Dengan demikian, hubungan antara radiasi surya global dan LPM memang benar adanya dan kuat. Oleh karena itu, model Bandung tersebut dapat diusulkan sebagai model prediksi, namun demikian model ini perlu divalidasi terlebih dahulu.

Untuk menguji validitas model yang diusulkan tersebut, maka dilakukan uji model untuk memprediksi intensitas radiasi surya global ( $H_{prediksi}$ ) Kota Bandung berdasarkan data LPM Kota Bandung periode 2002-2003 menggunakan model tersebut. Hasil uji validitas model tersebut disajikan dalam bentuk grafik seperti dapat dilihat pada Gambar 2 dan Gambar 3.



**Gambar 2.** Korelasi antara  $H_{prediksi}$  yang dihitung menggunakan model prediksi Bandung dan  $H_{pengukuran}$  Kota Bandung periode 2002-2003.



**Gambar 3.** Korelasi antara  $H_{prediksi}$  yang dihitung menggunakan model prediksi Bandung dan  $H_{pengukuran}$  Kota Bandung bulan Juni 2002.

Berdasarkan hasil perhitungan MBE dan RMSE masing-masing menggunakan persamaan 5 dan 6, diperoleh hasil, bahwa MBE = -0,01% dan RMSE = 0,03% serta bias error 5%. Kecilnya harga MBE, RMSE dan bias error tersebut menunjukkan adanya kesesuaian (kecocokan) antara radiasi surya

global hasil prediksi ( $H_{\text{prediksi}}$ ) terhadap radiasi surya global hasil pengukuran ( $H_{\text{pengukuran}}$ ). Tanda negatif pada MBE menunjukkan bahwa model tersebut tergolong '*under estimate*' terhadap hasil pengukuran, namun masih berada di dalam rentang yang dapat diterima. Artinya radiasi surya global hasil prediksi ( $H_{\text{prediksi}}$ ) nilainya lebih kecil dibanding radiasi surya global hasil pengukuran ( $H_{\text{pengukuran}}$ ) dengan selisih nilai yang kecil. Selain itu, Gambar 2 menunjukkan hasil Uji Validasi antara radiasi surya global hasil prediksi dibandingkan dengan hasil pengukuran untuk periode 2002-2003. Untuk menunjukkan kesesuaian antara radiasi surya global hasil prediksi dibandingkan dengan hasil pengukuran dalam rentang waktu yang lebih pendek (periode bulanan), maka dipilih hasil Uji Validasi bulan Juni 2002 seperti ditunjukkan pada Gambar 3. Uji Validasi tersebut menunjukkan hasil bahwa hasil prediksi menggunakan model prediksi Bandung adalah valid.

Dengan melihat hasil uji model diatas, maka validitas model telah teruji dengan hasil yang sangat memuaskan, sehingga patut untuk diusulkan sebagai model prediksi. Dengan diperolehnya model prediksi yang menyatakan hubungan antara intensitas radiasi surya dan Lama Penyinaran Matahari (LPM) untuk Kota Bandung tersebut, maka tujuan utama dalam tulisan ini dapat dicapai. **Model prediksi Bandung** tersebut diharapkan bermanfaat tidak hanya bagi para perencana dan perancang/desainer peralatan energi surya tetapi juga para perencana dan desainer dalam berbagai bidang, antara lain: klimatologi, hidrologi, biologi/pertanian, dan arsitektur. Diharapkan hasil rumusan tersebut dapat diaplikasikan langsung dalam prediksi/peramalan ketersediaan energi surya di tempat lain yang memiliki kondisi yang mirip dengan Kota Bandung.

#### 4. Kesimpulan

Telah diperoleh model prediksi yang menyatakan hubungan antara intensitas radiasi surya dan Lama Penyinaran Matahari (LPM) untuk Kota Bandung (**model prediksi Bandung**) sesuai tujuan utama dalam tulisan ini, yaitu berupa persamaan linear (persamaan (7)). Model Prediksi Bandung tersebut mempunyai koefisien regresi  $r = 0,89$  yang menunjukkan kuatnya hubungan antara radiasi surya global (dinyatakan dalam rasio  $H_g/H_0$ ) dan LPM (dinyatakan dalam rasio  $n/N$ ). Setelah divalidasi, model tersebut menunjukkan adanya kesesuaian (kecocokan) antara radiasi surya global hasil prediksi ( $H_{\text{prediksi}}$ ) terhadap radiasi surya global hasil pengukuran ( $H_{\text{pengukuran}}$ ). Hal tersebut ditunjukkan dengan kecilnya harga MBE, RMSE dan bias error, masing-masing adalah -0,01%, 0,03% dan 5%. Tanda negatif pada MBE menunjukkan bahwa model tersebut tergolong '*under estimate*' terhadap hasil pengukuran, namun masih berada di dalam rentang yang dapat diterima.

Radiasi surya yang jatuh di Kota Bandung lebih didominasi komponen radiasi surya baur, yang disebabkan oleh kondisi atmosfer yang berawan. Kebeningan Atmosfer di Bandung menunjukkan bahwa langit cerah hanya terjadi pada bulan Juni, Juli, Agustus dan September di mana Bilangan Kebeningannya lebih dari 0,5. Berdasarkan hasil perhitungan dan analisa, maka model prediksi Bandung diusulkan sebagai model prediksi yang dapat digunakan untuk memprediksi intensitas radiasi surya global terutama pada lokasi-lokasi yang tidak tersedia data maupun tidak ada pengukuran dan memiliki kondisi yang mirip dengan Kota Bandung. Diharapkan hasil tersebut bermanfaat tidak hanya bagi para perencana dan perancang/desainer peralatan energi surya tetapi juga para perencana dan desainer dalam berbagai bidang, diantaranya yaitu klimatologi, hidrologi, pertanian, dan arsitektur.

#### Ucapan terima kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Pimpinan Proyek Kompetitif Pengembangan Iptek LIPI, Koordinator Sub-Bidang Energi Baru & Terbarukan-Proyek Kompetitif Pengembangan Iptek LIPI,

Kepala Pusat Penelitian Tenaga Listrik dan Mekatronik – LIPI dan semua pihak yang telah membantu terlaksananya kegiatan ini, sehingga dapat selesai tepat pada waktunya.

#### Daftar Pustaka

1. Haslizhen Hoesin, Yusuf Suryo Utomo dan Isril Haen, *Model Matematis Perkiraan Radiasi Surya Pada Stasiun Pengukuran Lama Penyinaran Matahari*, Prosiding Seminar Nasional Rekayasa Kimia dan Proses 2005, Jur. Teknik Kimia UNDIP, Semarang, p. A-4/1-6, 2004.
2. Hoyoung Choi, Seongkwan Hong, Anseop Choi and Minki Sung, *Toward the accuracy of prediction for energy savings potential and system performance using the daylight responsive dimming system*, Journal of Energy and Buildings 133, pp. 271–280, 2016.
3. K. Chiteka and C.C. Enweremadu, *Prediction of global horizontal solar irradiance in Zimbabwe using artificial neural networks*, Journal of Cleaner Production 135, pp. 701-711, 2016.
4. Lamin O. Jobe, *Methods for Estimating Daily Solar Radiation Using Climatological Data*, AEP Conference On Renewable Energy Development in Africa, pp. 107 – 117, 1985.
5. Louis E. Akpabio, Sunday E. Etuk, *Relationship Between Global Solar Radiation and Sunshine Duration for Onne, Nigeria*, Turkey J. Physics 27, pp. 161–167, 2003.
6. Malik, F. dan Kurisman, *Pemetaan Intensitas Radiasi Surya di Pulau Jawa*, Simposium Fizik, Universiti Kebangsaan Malaysia, pp. 1-6, 1979.
7. P.G. Kosmopoulos, S. Kazadzis, K. Lagouvardos, V. Kotroni, and A. Bais, *Solar energy prediction and verification using operational model forecasts and ground-based solar measurements*, Journal of Energy 93, Part 2, pp. 1918-1930, 2015.
8. S. Belaid and A. Mellit, *Prediction of daily and mean monthly global solar radiation using support vector machine in an arid climate*, Journal of Energy Conversion and Management 118, pp. 105–118, 2016.
9. Siwei Lou, Danny H.W. Li, Joseph C. Lam and Wilco W.H. Chan, *Prediction of diffuse solar irradiance using machine learning and multivariable regression*, Journal of Applied Energy 181, pp. 367–374, 2016.
10. Yassine Charabi, Adel Gastli and Sultan Al-Yahyai, *Production of solar radiation bankable datasets from high-resolution solar irradiance derived with dynamical downscaling Numerical Weather prediction model*, Journal of Energy Reports 2, pp. 67–73, 2016.
11. Yusuf Suryo Utomo, Isril Haen dan Haslizhen Hoesin, *Pemodelan Matematis Untuk Analisis Radiasi Surya di Permukaan Bumi Daerah Khatulistiwa (15LS - 15LU)*, Prosiding Seminar Nasional Rekayasa Kimia dan Proses 2004, Jur. T. Kimia UNDIP, Semarang p. D-7/1-6, 2004.
12. Yusuf Suryo Utomo, Isril Haen dan Haslizhen Hoesin, *Analisis Konversi Data Lama Penyinaran Matahari untuk Pembuatan Peta Radiasi Surya*, Prosiding Seminar Nasional Perkembangan Riset di Bidang Industri, kerjasama Pusat Studi Ilmu Teknik dengan Jur T. Kimia & T. Mesin Fak. Teknik UGM Yogyakarta, p. KP 36-41, 2005.
13. Yusuf Suryo Utomo, Isril Haen dan Haslizhen Hoesin, *Analisis dan Kompilasi Data Intensitas Radiasi Surya untuk Pembuatan Peta Radiasi Surya*, Prosiding Seminar Nasional Perkembangan Riset di Bidang Industri, kerjasama Pusat Studi Ilmu Teknik dengan Jur T. Kimia & T. Mesin Fak. Teknik UGM Yogyakarta, p. KP-31-35, 2005.
14. Yusuf Suryo Utomo, Isril Haen dan Haslizhen Hoesin, *Aspek Strategis Kegiatan Pemetaan Radiasi Surya Wilayah Indonesia*, Prosiding Seminar Nasional Rekayasa Kimia dan Proses 2005, Jur. Teknik Kimia UNDIP, Semarang p. A-7/1-6, 2005.
15. Yusuf Suryo Utomo, Isril Haen dan Haslizhen Hoesin, *Pemanfaatan Peta Radiasi Surya dalam rangka Implementasi Teknologi Berbasis Energi Surya*, Prosiding Seminar Nasional Rekayasa Kimia dan Proses 2005, Jur. Teknik Kimia UNDIP, Semarang p. P-11/1-5, 2005.
16. Yusuf Suryo Utomo, Isril Haen dan Haslizhen Hoesin, *Solar Radiation Map of Indonesia*, Proceeding The International Energy Conference in conjunction with the 7<sup>th</sup> ASTW SCNCER, BPPT Jakarta p. 1-6, 2005.
17. Yusuf Suryo Utomo, *Pemetaan Radiasi Surya Wilayah Indonesia: Ground Check Radiasi Surya Kota Palangka Raya (Kalimantan Tengah)*, Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia UNPAR 2006 Jurusan Teknik Kimia UNPAR Bandung p. E15-19, 2006.