

PREDIKSI DAYA PANEL SURYA KAPASITAS 50 W_p MENGGUNAKAN MODEL REGRESI LINIER MAJEMUK

THE PREDICTION OF SOLAR PANEL POWER WITH CAPACITY OF 50 W_p USING MULTIPLE LINEAR REGRESSION MODEL

Radian Indra Mukromin* dan Muhammad Khamim Asy'ari

Departemen Teknik Fisika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya

Diterima: 25 Maret 2020

Direvisi: 26 Juni 2020

Disetujui: 7 Desember 2020

ABSTRAK

Sistem monitoring daya listrik pada panel surya penting dilakukan. Hal ini disebabkan daya listrik panel surya dapat mempengaruhi performansi pengisian baterai dan keandalan dari panel surya. Sifat stokastik dari temperatur panel surya dan iradiasi surya mengakibatkan fluktuasi daya listrik, sehingga diperlukan sistem prediksi daya panel surya. Sistem prediksi dapat dirancang untuk mendapatkan model prediksi daya panel surya secara matematik menggunakan model regresi linier majemuk. Model dibangun untuk sistem prediksi dengan menggunakan data latih dari keluaran panel surya. Variasi yang diberikan adalah jenis variabel masukan untuk membangun model. Variabel masukan model terdiri dari temperatur panel surya, iradiasi surya, dan kombinasi dari keduanya. Pengujian data dilakukan dengan menggunakan uji korelasi majemuk, uji signifikansi regresi linier majemuk, dan uji signifikansi koefisien regresi. Hasil perancangan sistem prediksi terbaik adalah kombinasi temperatur panel surya dan iradiasi surya sebagai variabel masukan. Nilai MSE (*mean square error*) terkecil sebesar 9,83 untuk data latih dan 22,73 untuk data uji.

Kata kunci: daya, iradiasi surya, regresi linier majemuk, panel surya, prediksi, temperatur.

ABSTRACT

*The electric power monitoring system on solar panels is important to do. This is because the electric power of the solar panels can affect the battery charging performance and reliability of the solar panels. The stochastic properties of solar panel temperature and solar irradiation result in fluctuations of electric power, therefore a solar panel power prediction system is required. The prediction system can be designed to obtain a solar panel power prediction model mathematically using multiple linear regression models. The model was built for a prediction system using training data from the output of the solar panels. The variation given was the type of input variable for building the model. The model input variables consisted of solar panel temperature, solar irradiation, and a combination of the two. Data testing was performed using multiple correlation test, multiple linear regression significance test, and regression coefficient significance test. The best prediction system design was a combination of solar panel temperature and solar irradiation as input variables. The smallest MSE (*mean square error*) values were 9.83 for the training data and 22.73 for the test data.*

Keywords: power, solar irradiation, multiple linear regression, solar panel, prediction, temperature.

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang terletak pada garis katulistiwa sehingga Indonesia memiliki potensi sumber energi surya yang cukup besar. Rata-rata intensitas radiasi surya di Indonesia mencapai 4,8 kWh/m²/hari dengan rata-rata iradiasi surya sebesar 1000 Watt/m² [1,2]. Surabaya merupakan salah satu kota di

Jawa Timur yang memiliki nilai rata-rata iradiasi surya yang cukup tinggi. Iradiasi surya merupakan energi radiasi insiden di permukaan per luas area dengan satuan watt per meter persegi (W/m²). Iradiasi surya di Jawa Timur cenderung stabil dari 4,70-5,95 kWh/m² selama pengamatan pada bulan Januari 2019 hingga Desember 2019 [3]. Faktor-faktor lingkungan lainnya seperti letak geografis dan temperatur

*Corresponding author

Email: indraradian@gmail.com

DOI: <http://dx.doi.org/10.37209/jtbbt.v10i2.166>

udara menjadikan Surabaya berpotensi mendapatkan iradiasi surya yang cukup tinggi [4,5,6].

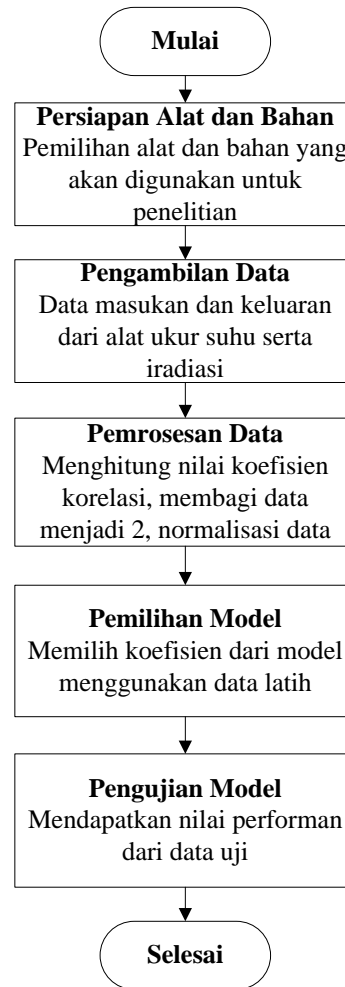
Teknologi panel surya merupakan alat yang dapat mengkonversi energi surya berupa iradiasi surya menjadi energi listrik sehingga potensi energi surya yang cukup besar dapat dimanfaatkan. Proses konversi dari iradiasi surya menjadi energi listrik dinamakan *photovoltaic*. Elektron dan *hole* dapat dihasilkan melalui penyerapan cahaya dalam bentuk partikel foton pada permukaan sel surya [7].

Sistem monitoring daya listrik pada panel surya sangat diperlukan, karena selain mempengaruhi performansi pengisian baterai [8], juga untuk mengetahui keandalan panel surya [9]. Daya listrik yang dihasilkan oleh panel surya sangat dipengaruhi oleh dua variabel masukan yaitu temperatur panel surya dan iradiasi surya. Terdapatnya sifat stokastik dari temperatur panel surya dan iradiasi surya mengakibatkan daya listrik yang dihasilkan panel surya dapat berubah-ubah, sehingga diperlukan suatu sistem prediksi untuk memantau daya listrik yang dikeluarkan panel surya berdasarkan temperatur panel surya dan iradiasi [10].

Pada penelitian ini dibuat rancangan sistem prediksi untuk memantau daya keluaran panel surya melalui model matematika, sedangkan pada penelitian sebelumnya dilakukan prediksi daya panel surya menggunakan jaringan syaraf tiruan [11]. Beberapa model matematika yang sering digunakan untuk merancang sistem prediksi diantaranya regresi linier majemuk, jaringan syaraf tiruan, serta sistem logika *fuzzy* [12,13]. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan model prediksi daya panel surya secara matematik menggunakan model regresi linier majemuk. Pemodelan melalui regresi linier majemuk dipilih karena sederhana dan mudah, komputasi pada kontroler ringan serta memiliki kelebihan dalam hal keluasaan metode pendekatan [12,14]. Evaluasi dari kinerja model dapat ditentukan menggunakan MSE (*mean square error*).

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Metode Penelitian

Persiapan Alat dan Bahan

Alat dan bahan terdiri dari sebuah panel surya dengan kapasitas 50 Wp, termometer infrared sebagai alat ukur temperatur di panel surya, piranometer sebagai alat ukur iradiasi surya, dan multimeter sebagai alat ukur tegangan dan arus keluaran panel surya. Spesifikasi panel surya dan spesifikasi alat ukur masing-masing ditunjukkan pada Tabel 1 dan Tabel 2.

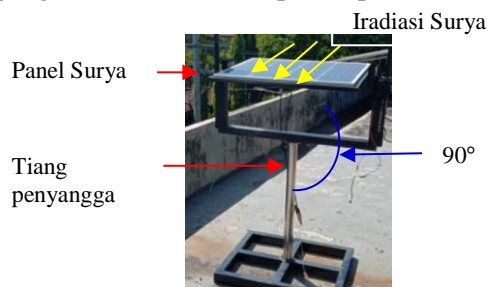
Tabel 1. Spesifikasi Panel Surya

Deskripsi	<i>Monocrystalline</i>
Ukuran	670 × 540 × 30 mm
Tegangan keluaran	17,5 V
Arus keluaran	2,86 A
Daya Maksimal	50 W

Tabel 2. Spesifikasi Alat Ukur

	Termometer Infrared	Piranometer	Multimeter
Tipe	N600	Cma Series	Dekko 198T
Range	-30 °C - 350 °C	310-2800 nm	0,04-1000V / 0,4-10A
Accuracy	±1,5%	±1,0%	±0,5%

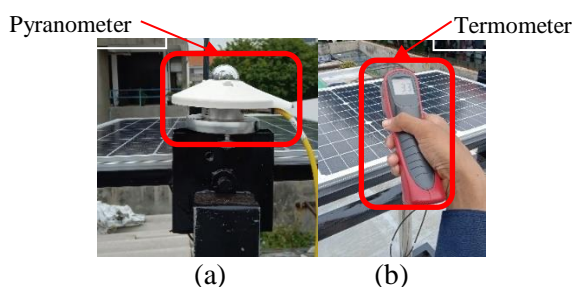
Penempatan panel surya berada pada posisi tegak lurus terhadap ketinggian atau membentuk sudut sebesar 90° terhadap tiang penyangga. Sudut yang dipilih sebesar 90° karena posisi pengambilan data berada di zona tropis sehingga panel surya bisa mendapatkan iradiasi surya sepanjang tahun [15]. Posisi panel surya dan pengambilan data ditampilkan pada Gambar 2.



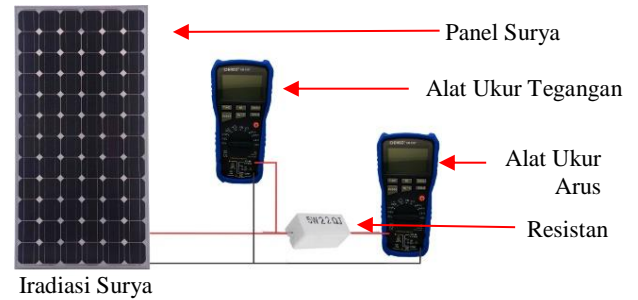
Gambar 2. Posisi Penempatan Panel Surya

Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan dengan cara pengukuran langsung. Pengukuran yang dilakukan meliputi pengukuran tegangan, arus, temperatur panel surya, dan iradiasi surya. Pengukuran arus dilakukan dengan menambahkan resistor sebagai beban sebesar 0,22 Ω. Pengambilan data untuk variabel iradiasi surya dan temperatur surya ditampilkan pada Gambar 3 sedangkan skema pengukuran arus dan tegangan keluaran panel surya ditampilkan pada Gambar 4.



Gambar 3. Pengambilan Data untuk Variabel (a) Iradiasi Surya, (b) Temperatur Panel Surya



Gambar 4. Skema Pengukuran Arus dan Tegangan pada Keluaran Panel Surya

Pengambilan data dilakukan pada pukul 08.00 hingga 15.30 WIB untuk hari pertama dan pukul 09.00 hingga 14.55 WIB untuk hari kedua dengan interval masing-masing pengukuran selama 5 menit. Pengambilan data dilakukan selama dua hari, sehingga terdapat dua kelompok data. Kelompok data pertama digunakan untuk membangun model dan kelompok data kedua digunakan untuk menguji model.

Pemrosesan Data

Pembuatan sistem prediksi daya keluaran panel surya menggunakan regresi linier majemuk. Regresi linier majemuk memiliki jumlah variabel bebas X , serta k yang dikaitkan dengan variabel terikat. Nilai k dikaitkan dengan variabel terikat dari Y . Bentuk umum dari model untuk regresi linier majemuk ditunjukkan pada persamaan (1) [16].

$$\hat{Y} = a_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + \dots + b_k X_k \quad (1)$$

a_0 adalah konstanta dan koefisien b_1, b_2, \dots, b_k bisa ditentukan berdasarkan n unit data X_1, X_2, \dots, X_k , dan Y diperoleh dari penelitian. Penelitian ini menyangkut daya keluaran panel surya (Y) dalam watt yang dikaitkan dengan temperatur di panel surya (X_1) dan iradiasi (X_2). Bentuk persamaan linier diwakili oleh persamaan (2).

$$\hat{Y} = a_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 \quad (2)$$

Koefisien a_0, b_1 , dan b_2 , dihitung dengan metode persamaan deviasi. Metode ini lebih sederhana jika dibandingkan untuk metode eliminasi. Koefisien regresi dihitung dengan menggunakan persamaan (3) - (5).

$$a_0 = \bar{Y} - b_1 \bar{X}_1 - b_2 \bar{X}_2 \quad (3)$$

$$b_1 = \frac{(\sum x_2^2)(\sum x_1 y) - (\sum x_1 x_2)(\sum x_2 y)}{(\sum x_1^2)(\sum x_2^2) - (\sum x_1 x_2)^2} \quad (4)$$

$$b_2 = \frac{(\sum x_1^2)(\sum x_2 y) - (\sum x_1 x_2)(\sum x_1 y)}{(\sum x_1^2)(\sum x_2^2) - (\sum x_1 x_2)^2} \quad (5)$$

Persamaan untuk nilai deviasi ditunjukkan dalam persamaan (6) - (10)

$$\sum y^2 = \sum Y^2 - \frac{(\sum Y)^2}{n} \quad (6)$$

$$\sum x^2 = \sum X^2 - \frac{(\sum X)^2}{n} \quad (7)$$

$$\sum x_i y = \sum X_i Y - \frac{(\sum X_i)(\sum Y)}{n} \quad (8)$$

$$\sum x_i x_j = \sum X_i X_j - \frac{(\sum X_i)(\sum X_j)}{n} \quad (9)$$

\bar{Y} adalah rata-rata dari data keluaran, \bar{X} adalah rata-rata dari masukan data, dan n adalah jumlah data.

Pengujian Data

Pengujian data terdiri dari uji korelasi majemuk, uji signifikansi regresi linier majemuk, dan uji signifikansi koefisien regresi linier. Uji korelasi digunakan untuk menunjukkan arah dan kekuatan hubungan antara dua variabel bebas bersama atau lebih dengan satu variabel terikat. Uji signifikansi regresi linier majemuk ditujukan untuk menentukan signifikansi nilai b melalui uji hipotesis.

Uji korelasi majemuk

Perhitungan korelasi majemuk untuk dua prediktor, $R_y(1,2)$ dilakukan setelah mendapatkan regresi koefisien dengan persamaan (10).

$$R_y(1,2) = \sqrt{\frac{b_1 \sum x_1 y + b_2 \sum x_2 y}{\sum y^2}} \quad (10)$$

Uji signifikansi regresi majemuk

Perhitungan uji signifikansi regresi linier majemuk dapat menggunakan analisis tabel varians dengan persamaan (11) - (19)

$$\text{sum of square (reg)} = b_1 \sum x_1 y + b_2 \sum x_2 y \quad (11)$$

$$\text{sum of square (T)} = \sum y^2 \quad (12)$$

$$\text{sum of square (res)} = \sum y^2 - \left(b_1 \sum x_1 y + b_2 \sum x_2 y \right) \quad (13)$$

$$\text{df (reg)} = k \quad (14)$$

$$\text{df (res)} = n - k - 1 \quad (15)$$

$$\text{df (T)} = n - 1 \quad (16)$$

$$\text{mean square (reg)} = \frac{\text{sum of square (reg)}}{\text{dk (reg)}} \quad (17)$$

$$\text{mean square (res)} = \frac{\text{sum of square (res)}}{\text{dk (res)}} \quad (18)$$

$$F = \frac{\text{mean square (reg)}}{\text{mean square (res)}} \quad (19)$$

Uji signifikansi koefisien regresi linier majemuk digunakan untuk menghitung korelasi antara X_1 dan X_2 dengan persamaan (20) - (25).

$$r_{xy} = \frac{N \sum XY - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{\{N \sum X^2 - (\sum X)^2\} \{N \sum Y^2 - (\sum Y)^2\}}} \quad (20)$$

$$s^2_{y.12} = \frac{\text{sum of square (res)}}{(n - k - 1)} \quad (21)$$

$$s_{b1} = \sqrt{\frac{s^2_{y.12}}{\sum x_1^2 (1 - r^2_{xy})}} \quad (22)$$

$$s_{b2} = \sqrt{\frac{s^2_{y.12}}{\sum x_2^2 (1 - r^2_{xy})}} \quad (23)$$

$$t_1 = \frac{b_1}{s_{b1}} \quad (24)$$

$$t_2 = \frac{b_2}{s_{b2}} \quad (25)$$

Pengujian Model

Pengujian model adalah tahap akhir dari proses perancangan sistem prediksi. Model yang digunakan untuk memeriksa kedekatan antara model dan data pengukuran. Penelitian ini menggunakan mean square error sebagai kriteria model kinerja. MSE ditunjukkan dalam persamaan (26) [11].

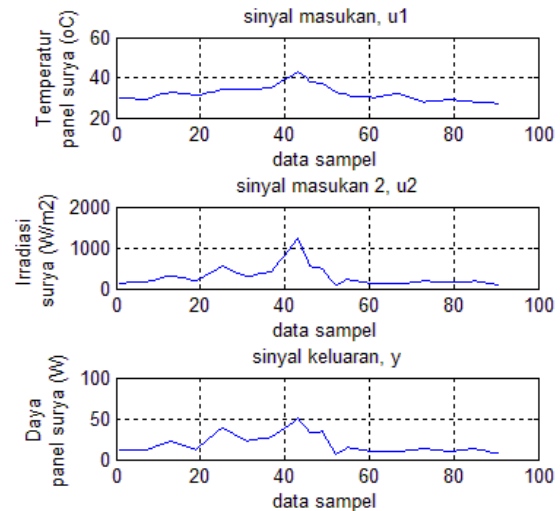
$$MSE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (Y - \hat{Y})^2 \quad (26)$$

Y adalah data keluaran, \hat{Y} adalah data keluaran latih, dan N adalah jumlah data.

HASIL DAN PEMBAHASAN

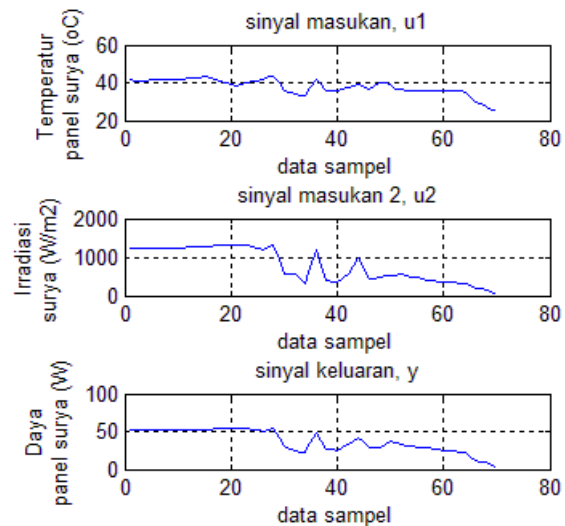
Hasil Pengambilan Data

Hasil pengukuran sebagai data latih dan data uji ditunjukkan pada Gambar 5-6. Data iradiasi surya dan temperatur panel surya memiliki pola yang sesuai dengan data daya panel surya. Hubungan antara kedua variabel masukan dan keluaran perlu dibuktikan melalui uji korelasi. Gambar 5 menunjukkan data yang akan digunakan untuk mencari persamaan regresi linier majemuk. Hasil pengukuran daya terbesar terlihat pada data ke 43. Data ke 43 menunjukkan bahwa variabel temperatur dan iradiasi surya mempengaruhi hasil dari daya panel surya. Makin besar variabel temperatur dan variabel iradiasi maka variabel daya pada panel surya makin besar sedangkan makin kecil variabel temperatur dan variabel iradiasi surya maka variabel daya pada panel surya makin kecil. Penelitian sebelumnya menjelaskan hubungan antara temperatur terhadap daya dan efisiensi maksimum berbanding terbalik sehingga ada hubungan antara variabel temperatur dan variabel iradiasi terhadap daya panel surya [10].



Gambar 5. Data Latih dengan Variabel (a) Temperatur Panel Surya, (b) Iradiasi Surya, (c) Daya Panel Surya.

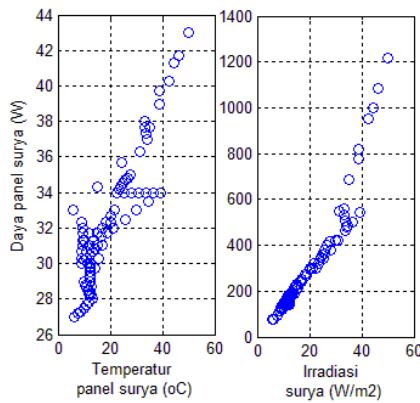
Gambar 5 menunjukkan bahwa variabel temperatur dan variabel iradiasi mempengaruhi daya panel surya sehingga data tersebut akan digunakan untuk pemodelan regresi majemuk



Gambar 6. Data Uji dengan Variabel (a) Temperatur Panel Surya, (b) Iradiasi Surya, (c) Daya Panel Surya.

Gambar 6 menunjukkan dua data input yang mempengaruhi keluaran daya panel surya yaitu input berupa variabel temperatur berpengaruh tidak signifikan dan variabel iradiasi berpengaruh signifikan.

Analisis Korelasi



Gambar 7. Plot Pencar (*Scatter Plot*) (a) Daya Panel Surya terhadap Temperatur Panel Surya, (b) Daya Panel Surya terhadap Iradiasi Surya.

Gambar 7 menunjukkan bahwa terdapat hubungan antara daya keluaran panel surya dengan iradiasi surya dan temperatur di panel surya. Nilai koefisien korelasi sebesar 0,905 untuk iradiasi dan 0,803 untuk temperatur di panel surya. Nilai 0,905 dan 0,803 termasuk dalam kategori korelasi sangat kuat sehingga keduanya dapat digunakan sebagai masukan untuk memprediksi nilai daya yang dikeluarkan panel surya. Nilai determinasi dan korelasi ditunjukkan pada Tabel 2 dan Tabel 3.

Tabel 2. Koefisien Determinasi

Analisa Korelasi Tunggal		
Variabel	Temperatur Panel Surya	Iradiasi Surya
Daya Panel Surya	0,803	0,906
Analisa Korelasi Majemuk		
Variabel	Temperatur Panel Surya dan Iradiasi Surya	
Daya Panel Surya	0,912	

Tabel 3. Koefisien Korelasi

Analisa Korelasi Tunggal		
Variabel	Temperatur Panel Surya	Iradiasi Surya
Daya Panel Surya	0,896	0,952
Analisa Korelasi Majemuk		
Variabel	Temperatur Panel Surya dan Iradiasi Surya	
Daya Panel Surya	0,955	

Nilai koefisien determinasi untuk analisis korelasi majemuk sebesar 0,955, menunjukkan bahwa 95,5% daya keluaran panel surya (Y) dapat dijelaskan oleh variabel temperatur di panel surya (X₁) dan iradiasi surya (X₂). Nilai korelasi majemuk memiliki nilai tertinggi 0,955 apabila dibandingkan dengan nilai korelasi tunggal. Perhitungan signifikansi regresi linier mejemuk hasil pengujian ditunjukkan dalam tabel analisis variansi pada Tabel 4.

Tabel 4. Analisis Variansi

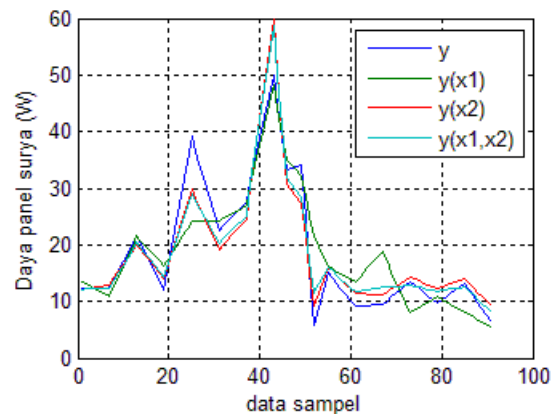
Model	Sum of squares	df	Mean square	F
Regression	9296,31	2	4648,16	457,37
Residual	894,32	88	10,16	
Total	10190,64	90		

Hasil persamaan regresi linier dan regresi linier mejemuk ditampilkan dalam persamaan (27)-(29). Hasil persamaan kemudian dibandingkan dengan data latih dan data pengujian untuk menghitung nilai MSE. Hasil grafik perbandingan untuk data latih dan data uji ditunjukkan pada Gambar 8 dan Gambar 9.

$$Y = 2,682X_1 - 66,974 \tag{27}$$

$$Y = 0,044X_2 + 5,881 \tag{28}$$

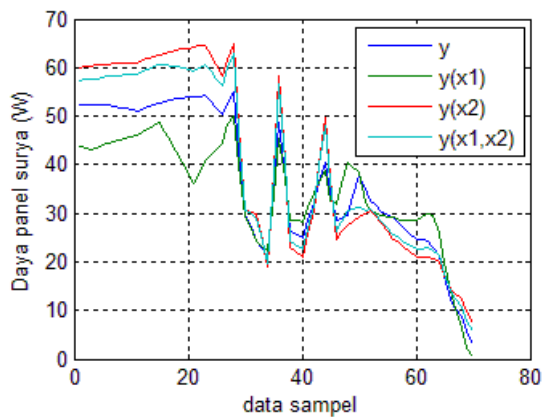
$$Y = 0,571X_1 + 0,036X_2 - 10,029 \tag{29}$$



Gambar 8. Grafik Perbandingan Data Latih

Gambar 8 menunjukkan bahwa grafik y(x₁,x₂) (daya panel surya prediksi) yang dipengaruhi input x₁ (temperatur) dan input x₂ (iradiasi) lebih mendekati grafik y (daya panel surya sebenarnya) dibandingkan dengan grafik y(x₁) yang dipengaruhi input x₁ (temperatur) dan grafik y(x₂) yang dipengaruhi input x₂ (iradiasi). Nilai MSE dari hasil perbandingan ketiga grafik

prediksi terhadap nilai daya panel surya sebenarnya untuk data latih ditampilkan pada Tabel 5.



Gambar 9. Grafik Perbandingan Data Uji

Gambar 9 menunjukkan perbandingan grafik prediksi menggunakan data uji. Grafik y merupakan data panel surya sebenarnya. Perbandingan dari ketiga grafik prediksi menunjukkan bahwa grafik $y(x1,x2)$ (daya panel surya prediksi) yang dipengaruhi input $x1$ (temperatur) dan input $x2$ (iradiasi) lebih mendekati grafik y seperti pada Gambar 8, jika dibandingkan dengan grafik $y(x1)$ dan grafik $y(x2)$. Nilai MSE dari hasil perbandingan ketiga grafik prediksi terhadap nilai daya panel surya sebenarnya untuk data uji ditampilkan pada Tabel 6.

Tabel 5. Hasil MSE Data Latih

Variabel Masukan	Variabel Keluaran	MSE
Temperatur Panel Surya	Daya Panel Surya	22,02
Iradiasi Surya	Daya Panel Surya	10,56
Temperatur Panel Surya dan Iradiasi Surya	Daya Panel Surya	9,83

Tabel 6. Hasil MSE Data Uji

Variabel Masukan	Variabel Keluaran	MSE
Temperatur Panel Surya	Daya Panel Surya	41,06
Iradiasi Surya	Daya Panel Surya	45,38
Temperatur Panel Surya dan Iradiasi Surya	Daya Panel Surya	22,73

Nilai MSE terkecil untuk data latih adalah 9,83 seperti pada penelitian sebelumnya MSE yang di pakai untuk data latih sebesar 9,92 [11]. Nilai MSE pada penelitian sebesar 9,83 diperoleh pada kombinasi temperatur panel surya dan iradiasi surya sebagai variabel masukan. Nilai MSE terkecil juga diperoleh pada kombinasi temperatur panel surya dan iradiasi surya sebagai variabel masukan untuk data uji dengan nilai MSE sebesar 22,73. Kombinasi variabel masukan berupa temperatur panel surya dan iradiasi surya dengan model regresi majemuk dapat digunakan untuk memprediksi nilai keluaran daya pada panel surya.

KESIMPULAN

Model prediksi daya panel surya dapat dibuat menggunakan regresi linier majemuk. Kombinasi dari temperatur panel surya dan iradiasi surya sebagai variabel masukan dapat meningkatkan nilai dari koefisien korelasi menjadi 0,955. Nilai MSE sebesar 9,83 untuk data latih dan 22,73 untuk data uji dengan temperatur panel surya dan iradiasi surya sebagai variabel masukan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. Amin, N. Harun, and A. Suyuti, "Studi Potensi Energi Terbarukan di Kawasan Timur Indonesia Berbasis Analisis Retscreen International," *J. Insipro (Information Syst. Process.*, vol. 2, no. 2, pp. 1–14, 2017.
- [2] H. Suyanto, "Kajian Potensi Energi Surya di Provinsi Nusa Tenggara Barat (NTB)," *Energi & Kelistrikan*, vol. 8, no. 2, pp. 67–136, 2016.
- [3] Asrori, Imam Mashudi and Suyanta, "Pengujian Rasio Kinerja Instalasi Panel Surya Tipe Silikon–Kristal pada Kondisi Cuaca Kota Malang," *J. Energi Dan Teknol. Manufaktur*, vol. 2, No.2, no. p-ISSN: 2620-8741, pp. 11–18, 2019.
- [4] F. F. Wibowo, M. Rokhmat, Aripriantoni, "Efek Penempatan Panel Surya terhadap Produksi Energi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Cirata 1 MW", *e-Proceeding of Engineering*, vol. 6, no. 2, pp. 5026–5033, 2019.
- [5] E. Tarigan, "Simulation and Feasibility Studies of Rooftop PV System for

- University Campus Buildings in Surabaya, Indonesia,” *Int. J. Renew. Energy Res.*, vol. 8, no. 2, pp. 895–908, 2018.
- [6] F. D. Kartikasari, E. Tarigan, and A. C. Torres, “Simulation and Experimental Results of a 3 kWp Rooftop PV System in Surabaya,” *JTERA (Jurnal Teknol. Rekayasa)*, vol. 4, no. 2, p. 219, 2019.
- [7] W. A. P. Idzani Muttaqin, Gusti Irhamni, “Analisa Rancangan Sel Surya dengan Kapasitas 50 Watt untuk Penerangan Parkiran Uniska,” *Tek. Mesin UNISKA*, vol. 01, no. 02, pp. 33–39, 2016.
- [8] A. Musyafa, I. Abadi, R. D. Noriyati, R. I. Mukromin, T. A. Rafi, and M. K. Asy, “Design and Implementation Monitoring System Based Internet Of Things (IoT) on Battery Charging - Photovoltaic Power Plant Using FLC” *Int. J. of Mechanical & Mechatronics Engineering*, no. 04, pp. 22–30, 2020.
- [9] L. Trisyathia and E. Suryani, “The Development of Photovoltaic Power Plant for Electricity Demand Fulfillment in Remote Regional of Madura Island using System Dynamics Model,” *Procedia Comput. Sci.*, vol. 124, pp. 232–238, 2018.
- [10] H. A. S and M. Bastomi, “Analisis Pengaruh Perubahan Temperatur Panel Terhadap Daya dan Efisiensi Keluaran Sel Surya Poycrystalline,” *Din. J. Ilm. Tek. Mesin*, vol. 11, no. 1, p. 33, 2019.
- [11] S. Amely Jumaat, F. Crocker, M. Helmy Abd Wahab, N. Hanis Mohammad Radzi, and M. Fakri Othman, “Prediction of Photovoltaic (PV) Output Using Artificial Neural Network (ANN) Based on Ambient Factors,” *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1049, no. 1, 2018.
- [12] M. K. Asy’Ari, A. Musyafa, R. D. Noriyati, and K. Indriawati, “Soft Sensor Design of Solar Irradiance Using Multiple Linear Regression,” *Proc. - 2019 Int. Semin. Intell. Technol. Its Appl. ISITIA 2019*, no. August, pp. 56–60, 2019.
- [13] T. Iryanto and M. A. Saputra, “Pemodelan Jaringan Saraf Tiruan untuk Prediksi Konsumsi Listrik Mesin Uji pada Laboratorium Otomotif,” *J. Teknol. Bahan dan Barang Tek.*, vol. 9, no. 2, p. 39, 2019.
- [14] F. Farsa, “Implementasi Metode Regresi Linier Berganda untuk Proyeksi Kebutuhan Listrik dalam Rangka Analisis Strategi Bisnis Di PT XYZ,” *Kilat*, vol. 8, no. 2, pp. 112–126, 2019.
- [15] N. Charles Soetyono Iskandar, "Sistem Listrik Tenaga Surya disain, dan Operasi Instalasi". Yogyakarta: CV BUDI UTAMA, 2018.
- [16] Y. Sutopo, A. Slamet, "Statistik Inferensial". Yogyakarta: Andi, 2017.