

Analisis Performa Metode Logistic Regression Dalam Memprediksi Suhu Panel Surya Model Terapung Berbasis Arduino

Fajar¹, Habib Satria²,

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Medan Area, Medan, Indonesia

Email : ¹fajar13498@gmail.com

ARTICLE INFO

Article history:

Received: 10 June 2025

Revised: 28 June 2025

Accepted: 28 July 2025

Keywords:

Metode Logistic Regression

Prediksi Suhu Panel

Panel Surya Terapung

Arduino Uno

Konversi Energi

Published by

Impressio : Jurnal Teknologi dan Informasi

Copyright © 2025 by the Author(s) | This is an open-access article distributed under the Creative Commons Attribution which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



ABSTRACT

Energi surya merupakan salah satu sumber energi terbarukan dengan potensi besar di Indonesia karena letak geografisnya yang berada di daerah tropis dengan intensitas cahaya matahari tinggi sepanjang tahun. Namun, panel surya konvensional masih menghadapi kendala, seperti fluktuasi cuaca, perubahan posisi matahari, serta suhu berlebih pada sel surya yang menurunkan efisiensi konversi energi. Mengatasi hal ini, penelitian ini mengusulkan sistem panel surya terapung berbasis Arduino Uno. Metode Logistic Regression (LR) digunakan untuk memprediksi performa konversi energi dengan mempertimbangkan intensitas cahaya matahari dan suhu sel surya. Hasil evaluasi menggunakan Metode Logistic Regression (LR) dalam memprediksi suhu permukaan sel surya menunjukkan akurasi model sebesar 93,3%. Berdasarkan confusion matrix, pengujian diperoleh data precision 97% dan recall 95% dengan f1-score 0,96. Nilai macro average (precision 0,88, recall 0,91, f1-score 0,90) dan weighted average (precision 0,94, recall 0,93, f1-score 0,93), model bekerja sangat baik meskipun masih perlu perbaikan dalam mengenali kelas minoritas. Kemudian data pengujian konversi energi pada grafik daya panel menunjukkan fluktuasi seiring perubahan intensitas cahaya antara pukul 11:00 hingga 13:00 WIB, dengan daya puncak 114,2 Wp. Secara keseluruhan, sistem terbukti mampu menghasilkan daya listrik stabil dan optimal, sehingga potensial diterapkan untuk mendukung penyediaan energi berkelanjutan.

Solar energy is a renewable energy source with great potential in Indonesia due to its geographical location in tropical areas with high sunlight intensity throughout the year. However, conventional solar panels still face obstacles, such as weather fluctuations, changes in the sun's position, and excessive temperatures on solar cells that reduce energy conversion efficiency. To overcome this, this study proposes a floating solar panel system based on Arduino Uno. The Logistic Regression (LR) method is used to predict energy conversion performance by considering sunlight intensity and solar cell temperature. The evaluation results using the Logistic Regression (LR) method in predicting solar cell surface temperature show a model accuracy of 93.3%. Based on the confusion matrix, the test obtained 97% precision and 95% recall data with an f1-score of 0.96. The macro average value (precision 0.88, recall 0.91, f1-score 0.90) and weighted average (precision 0.94, recall 0.93, f1-score 0.93), the model works very well although it still needs improvement in recognizing minority classes. Energy conversion test data on the panel power graph then showed fluctuations with changes in light intensity between 11:00 AM and 1:00 PM WIB, with a peak power of 114.2 Wp. Overall, the system has proven capable of producing stable and optimal electrical power, making it potentially applicable to support sustainable energy provision.

Corresponding Author:

Fajar

Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, Universitas Medan Area Kolam St, No.1, 20223 Medan, Indonesia

Email: fajar13498@gmail.com

PENDAHULUAN

Pemanfaatan energi terbarukan di Indonesia merupakan salah satu isu strategis yang semakin mendapatkan perhatian serius, baik dari pemerintah maupun masyarakat luas. Hal ini tidak terlepas dari semakin menipisnya cadangan energi fosil seperti minyak bumi, batu bara, dan gas alam yang selama ini masih menjadi sumber energi utama (Gusti, 2023), (Liu et al., 2022), (Yao & Zhou, 2023). Selain itu, penggunaan energi fosil dalam jangka panjang terbukti menimbulkan dampak negatif, terutama berupa emisi gas rumah kaca yang berkontribusi terhadap pemanasan global dan perubahan iklim (Pastuszak & Węgierek, 2022), (Gul et al., 2016). Oleh karena itu, transisi menuju energi terbarukan menjadi langkah yang tidak dapat dihindarkan dalam upaya mewujudkan pembangunan berkelanjutan di Indonesia (Mungkin et al., 2023). Salah satu keunggulan utama energi surya adalah ketersediaannya yang melimpah, bersifat ramah lingkungan, dan dapat dimanfaatkan secara terdesentralisasi, bahkan di wilayah yang sulit dijangkau jaringan listrik konvensional (Pimentel Da Silva & Branco, 2018), (Marques Lameirinhas et al., 2022). Namun, penerapan teknologi panel surya konvensional masih menghadapi berbagai tantangan, antara lain fluktuasi cuaca yang tidak menentu, perubahan sudut datang sinar matahari sepanjang hari, serta permasalahan panas berlebih pada modul panel surya yang justru menurunkan efisiensi konversi energi listrik (Li et al., 2022), (Sutanto et al., 2024). Keterbatasan tersebut semakin terasa di daerah dengan tingkat penyinaran yang bervariasi, misalnya Sumatera Utara, di mana kondisi cerah dengan intensitas tinggi pada siang hari sering kali diselingi mendung atau hujan pada waktu tertentu. Oleh karena itu, diperlukan suatu inovasi teknologi untuk memaksimalkan potensi energi surya agar lebih efisien dan berkelanjutan (Anand et al., 2021), (Alsagri, 2022), (Hermoso et al., 2023). Salah satu solusi yang dapat dikembangkan adalah integrasi sistem panel surya terapung dalam menentukan konversi energi agar lebih maksimal (Treviño Rodríguez et al., 2023), (Rahaman et al., 2023), (Adrianti et al., 2023).

Metode Logistic Regression atau LR digunakan sebagai pendekatan statistik untuk memprediksi performa konversi energi panel surya model terapung dengan memanfaatkan mikrokontroler arduino sebagai pengendali sensor dalam merekam data daya dari konversi energi saat pengukuran (Tina & Bontempo Scavo, 2022), (Zhang et al., 2024). Variabel-variabel yang dijadikan parameter meliputi intensitas cahaya matahari, daya panel surya, temperatur sel surya dan posisi tata letak panel. Logistic Regression dipilih karena mampu memberikan model prediktif yang sederhana namun efektif untuk mengklasifikasikan kondisi keluaran energi, misalnya pada tingkat efisiensi tinggi dan rendah, berdasarkan data pengukuran lapangan (Al Azhima et al., 2022), (Gunawan et al., 2020). Hasil evaluasi menunjukkan bahwa Logistic Regression memiliki tingkat akurasi yang baik dalam memetakan hubungan antara variabel masukan dengan keluaran energi yang dihasilkan (Santoso et al., 2021). Hal ini membuktikan bahwa model prediksi berbasis Logistic Regression dapat dijadikan dasar pengambilan keputusan dalam pengembangan sistem panel surya terapung, khususnya untuk merancang sistem kontrol otomatis yang lebih adaptif terhadap perubahan cuaca dan posisi matahari. Secara keseluruhan, penggunaan metode Logistic Regression dalam memprediksi performa panel surya terapung berbasis Arduino menawarkan pendekatan yang aplikatif dan dapat diandalkan. Dengan demikian, sistem panel surya terapung tidak hanya meningkatkan keluaran energi secara optimal, tetapi juga menjawab kebutuhan penyediaan listrik di wilayah terpencil, terluar, dan tertinggal (3T) yang sulit dijangkau oleh jaringan listrik konvensional. Penerapan model prediksi Logistic Regression pada sistem ini diharapkan dapat menjadi kontribusi nyata dalam mendorong pemanfaatan energi terbarukan di Indonesia menuju arah yang lebih berkelanjutan dan ramah lingkungan. Kemudian Integrasi antara inovasi teknologi panel surya terapung dengan pendekatan analisis prediktif Logistic Regression berbasis Arduino tidak hanya berfokus pada peningkatan efisiensi energi, tetapi juga mencerminkan upaya menuju sistem energi yang lebih adaptif, berkelanjutan, dan ramah lingkungan. Dengan semakin meningkatnya kebutuhan energi nasional, penerapan model prediksi ini diharapkan dapat menjadi salah satu langkah penting dalam mendorong kemandirian energi serta mendukung visi Indonesia menuju transisi energi hijau di masa depan. Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menerapkan metode Logistic Regression dalam memprediksi performa sistem panel surya terapung berbasis Arduino dengan mempertimbangkan variabel-variabel seperti intensitas cahaya, temperatur sel, serta daya keluaran

energi. Kontribusi utama penelitian ini adalah memberikan model prediktif yang sederhana namun efektif sebagai dasar pengambilan keputusan dalam pengembangan sistem panel surya terapung yang lebih efisien dan adaptif terhadap kondisi lingkungan. Adapun manfaat penelitian ini diharapkan dapat mendukung pemanfaatan energi terbarukan secara lebih optimal, khususnya dalam menyediakan pasokan listrik di wilayah terpencil, terluar, dan tertinggal, serta berkontribusi pada percepatan transisi energi berkelanjutan di Indonesia.

URAIAN TEORI

Panel Surya Terapung

Energi surya merupakan sumber energi terbarukan yang melimpah dan ramah lingkungan, dengan panel surya (photovoltaic) sebagai perangkat utama untuk mengubah cahaya matahari menjadi listrik (Tina et al., 2018). Inovasi panel surya terapung banyak dikembangkan karena menawarkan efisiensi lebih tinggi melalui pendinginan alami dari air serta pemanfaatan lahan yang lebih efektif (Dai et al., 2020), (Cazzaniga et al., 2018). Sistem monitoring berbasis arduino uno mendukung proses ini karena mampu membaca data dari sensor tegangan dan arus, menghitung daya listrik secara real-time, serta menampilkan atau mengirimkan data ke platform IoT untuk analisis lebih lanjut.

Metode LR

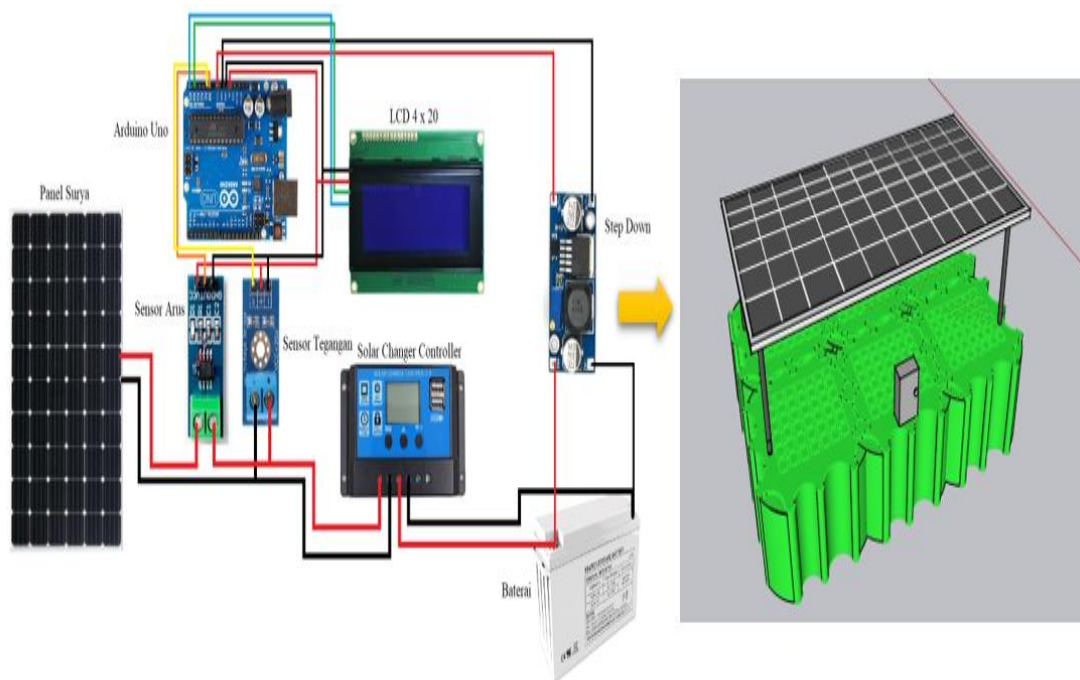
Metode Logistic Regression merupakan salah satu pendekatan dalam machine learning yang digunakan untuk memprediksi probabilitas suatu peristiwa biner (dua kelas) (Dreiseitl & Ohno-Machado, 2002). Fungsi utama dari logistic regression adalah memodelkan hubungan antara variabel independen (prediktor) dan variabel dependen biner dengan memanfaatkan fungsi sigmoid (Yun, 2021). Dalam konteks energi surya, metode ini dapat digunakan untuk memprediksi keberhasilan atau kegagalan konversi energi, misalnya dalam menentukan daya keluaran panel surya berada di atas atau di bawah ambang batas tertentu berdasarkan parameter input seperti intensitas cahaya, tegangan, arus, dan suhu lingkungan. Analisis performa logistic regression dalam penelitian ini dilakukan terhadap data hasil monitoring panel surya terapung yang dikumpulkan melalui Arduino Uno, di mana parameter-parameter listrik seperti tegangan, arus, dan daya dijadikan variabel input, sementara output berupa status konversi energi (efisien atau tidak efisien) menjadi variabel target. Performa logistic regression dapat dievaluasi dengan menggunakan ukuran akurasi, presisi, recall, dan F1-score, sehingga metode ini mampu memberikan gambaran mengenai kemampuan sistem dalam memprediksi performa konversi energi panel surya terapung secara akurat singkat. Metode Logistic Regression digunakan untuk memprediksi probabilitas suatu peristiwa biner dengan memanfaatkan fungsi sigmoid, seperti dalam menentukan apakah konversi energi panel surya efisien atau tidak berdasarkan variabel input meliputi intensitas cahaya, tegangan, arus, dan suhu. Data hasil monitoring melalui Arduino Uno dijadikan dasar analisis, dengan evaluasi performa menggunakan akurasi, presisi, recall, dan F1-score. Dengan demikian, metode ini mampu memberikan gambaran mengenai kemampuan sistem dalam memprediksi performa konversi energi panel surya terapung secara lebih akurat.

Metode Logistic Regression dipilih dalam penelitian ini karena memiliki keunggulan dalam menyederhanakan hubungan kompleks antara variabel lingkungan dengan performa konversi energi panel surya terapung berbasis Arduino. Berbeda dengan metode machine learning lain yang lebih kompleks, Logistic Regression relatif ringan secara komputasi, mudah diimplementasikan pada perangkat terbatas seperti Arduino, serta mampu memberikan interpretasi yang jelas terkait pengaruh setiap variabel input terhadap keluaran energi. Salah satu faktor penting yang dianalisis adalah suhu panel surya, karena kenaikan temperatur sel dapat menurunkan efisiensi konversi energi secara signifikan. Dengan Logistic Regression, hubungan antara suhu panel dan tingkat efisiensi energi dapat dimodelkan secara biner (efisien atau tidak efisien), sehingga hasil prediksi tidak hanya membantu

memahami kondisi panel surya terapung secara real-time, tetapi juga dapat dijadikan dasar dalam perancangan sistem kontrol yang adaptif terhadap fluktuasi cuaca dan perubahan suhu lingkungan.

METODE PENELITIAN

Rancangan dalam pengambilan pengukuran data output konversi energi panel surya menggunakan metode eksperimen dengan merancang dan menguji sistem panel surya terapung berdasarkan mikrokontroler arduino uno. Perangkat keras terdiri dari panel surya, solar charge controller, baterai, arduino uno, sensor arus, sensor tegangan, LCD 20x4, serta modul step down. Panel surya dipasang pada rangka apung yang terbuat dari pelampung plastik, sehingga dapat mengapung di atas permukaan air dan memperoleh pendinginan alami. Perangkat lunak dibuat menggunakan arduino IDE dengan tahapan inialisasi sensor, pembacaan arus dan tegangan secara real-time, perhitungan daya, serta penampilan data pada LCD. Sistem ini dirancang agar mampu melakukan monitoring parameter listrik secara otomatis. Pengujian dilakukan dengan mengukur intensitas cahaya, tegangan, arus, dan daya pada beberapa rentang waktu. Data hasil pengujian dianalisis untuk mengetahui hubungan intensitas cahaya terhadap keluaran daya panel surya serta mengevaluasi stabilitas sistem dalam proses pengisian baterai. Desain rangkaian panel surya terapung akan digunakan dalam pengukuran di tunjukkan pada Gambar 1.



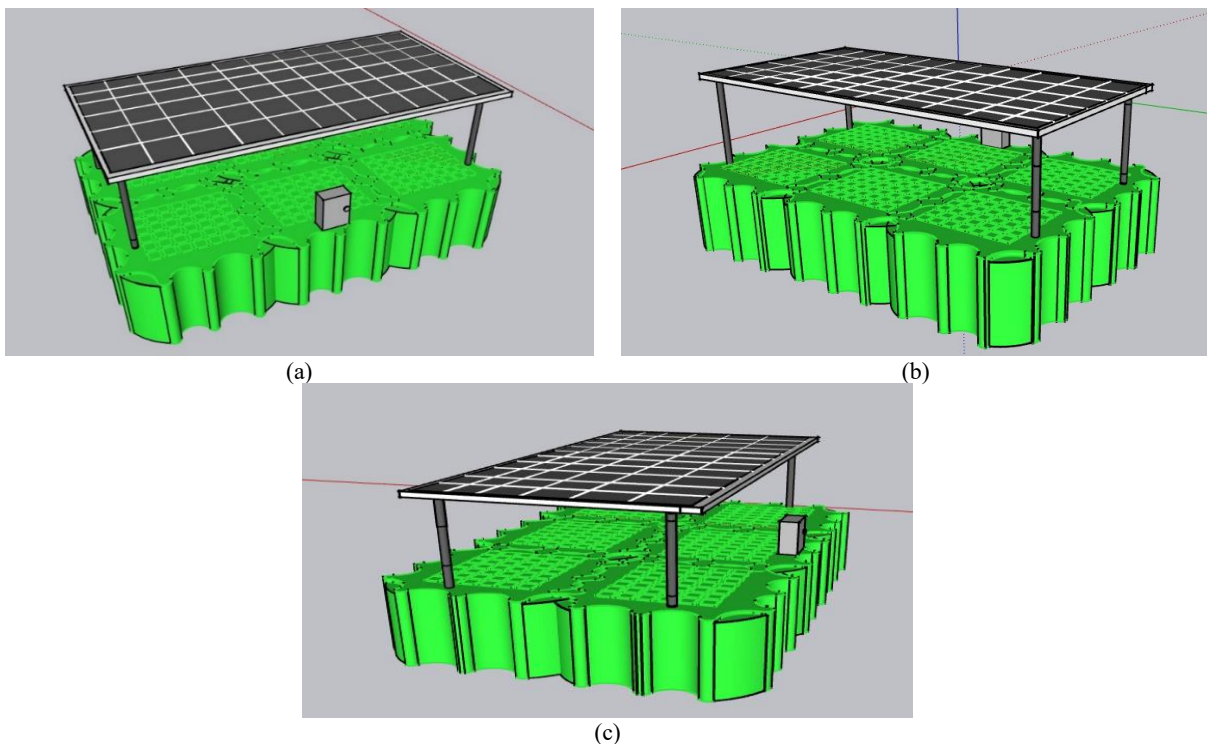
Gambar 1 Rancangan sistem panel surya terapung berbasis Arduino Uno

Pada Gambar 1 di atas memperlihatkan rancangan sistem panel surya terapung berbasis arduino uno yang berfungsi untuk menghasilkan, menyimpan, dan memantau energi listrik dari sumber energi matahari. Panel surya berperan sebagai komponen utama yang mengubah energi cahaya menjadi energi listrik. Keluaran dari panel surya kemudian dihubungkan dengan sensor arus dan sensor tegangan yang digunakan untuk memantau parameter listrik. Data hasil pengukuran dikirimkan ke mikrokontroler arduino uno untuk diproses, kemudian ditampilkan melalui LCD 20x4 sehingga pengguna dapat memantau kondisi sistem secara real-time. Energi listrik dari panel surya juga dihubungkan dengan solar charge controller yang berfungsi mengatur proses pengisian baterai agar lebih stabil dan mencegah kerusakan akibat kelebihan arus maupun tegangan. Baterai berfungsi sebagai media penyimpanan energi

sehingga listrik tetap tersedia meskipun tidak ada cahaya matahari. Pada bagian output, digunakan modul step down yang berfungsi menurunkan tegangan sesuai kebutuhan beban.

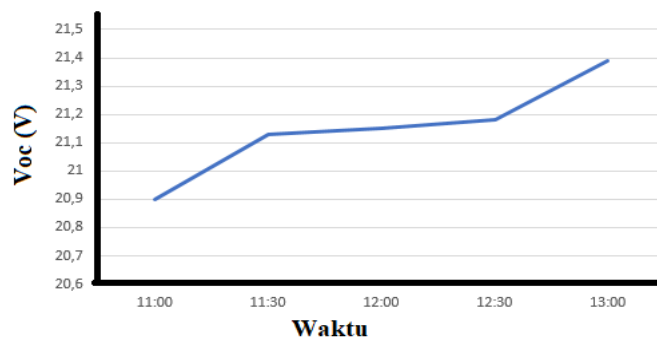
HASIL PENELITIAN

Alat panel surya terapung yang telah dirancang berhasil dibuat dan diimplementasikan di lokasi pengujian. Sistem terdiri atas modul panel surya, rangka pelampung, sistem pengisian baterai otomatis, serta mikrokontroler sebagai pusat kendali. Seluruh komponen dirakit dan diuji untuk memastikan berfungsi sesuai rancangan. Panel surya terapung berdasarkan tata letak pelampung ditunjukkan pada Gambar 2 di bawah.



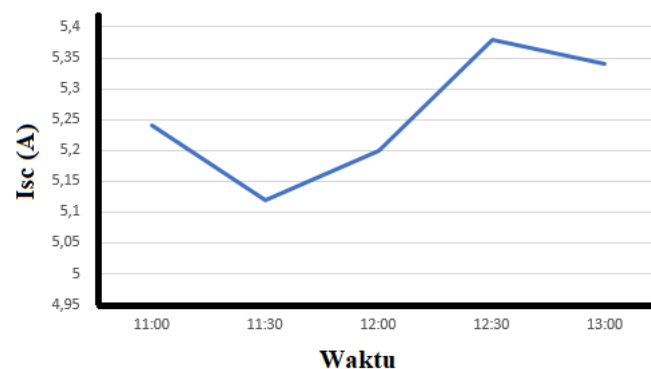
Gambar 2 Rancangan panel surya terapung berdasarkan tata letak pelampung.

Hasil model pengembangan dan desain yang akan digunakan dalam menentukan hasil pengujian, panel surya terapung dapat mengapung dengan stabil di atas permukaan air berkat penggunaan rangka pelampung. Sistem tetap seimbang meskipun terjadi riak atau gelombang kecil pada permukaan air. Posisi panel surya juga dapat disesuaikan agar penyerapan energi matahari lebih optimal. Setelah rancangan dilakukan kemudian dilakukan pengambilan data langsung dengan hasil pengukuran output tegangan panel surya terapung di tunjukan pada Gambar 3 berikut.



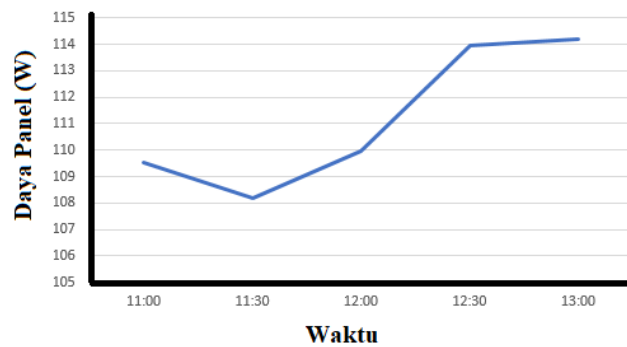
Gambar 3 Grafik pengujian output tegangan pada panel surya terapung

Pada Gambar 3 grafik Voc hasil pengujian yang ditunjukkan, tegangan open circuit (Voc) panel surya terapung mengalami kenaikan secara bertahap pada rentang waktu 11:00 WIB hingga 13:00 WIB. Pada pukul 11:00 Siang, nilai tegangan tercatat sebesar 20,9 V, kemudian meningkat menjadi sekitar 21,1V pada pukul 11:30 Wib. Selanjutnya, antara pukul 11:30 hingga 12:30 WIB, kenaikan tegangan relatif kecil, yakni hanya sekitar 0,1 V sehingga menunjukkan kondisi yang cukup stabil akibat intensitas cahaya matahari yang konstan. Peningkatan yang lebih signifikan terjadi pada pukul 13:00, dengan nilai Voc mencapai 21,4 V yang merupakan nilai tertinggi selama periode pengujian. Hasil ini menunjukkan bahwa tegangan panel surya terapung cenderung meningkat seiring bertambahnya intensitas cahaya matahari, serta membuktikan bahwa sistem mampu bekerja dengan baik dan stabil saat ditempatkan di atas permukaan air. Selanjutnya pengambilan data langsung dengan hasil pengukuran output arus panel surya terapung di tunjukan pada Gambar 4 berikut.



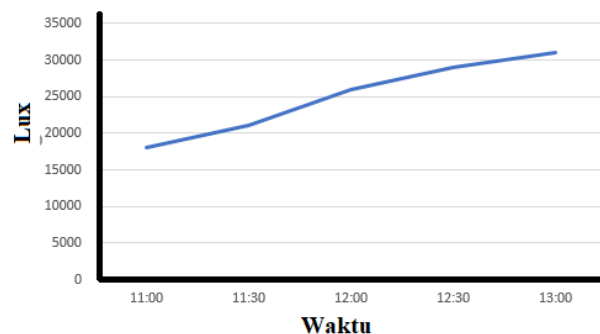
Gambar 4 Grafik pengujian output arus pada panel surya terapung.

Pada Gambar 4, grafik hasil pengujian yang ditunjukkan, arus hubung singkat (Isc) panel surya terapung mengalami fluktuasi pada rentang waktu 11:00 hingga 13:00 WIB. Pada pukul 11:00, nilai Isc tercatat sekitar 5,23 A, kemudian sedikit menurun pada pukul 11:30 menjadi 5,11 A. Penurunan ini dapat disebabkan oleh adanya perubahan intensitas cahaya matahari akibat kondisi cuaca yang sesaat berawan. Setelah itu, nilai arus kembali meningkat secara bertahap, yaitu 5,20 A pada pukul 12:00, hingga mencapai puncak sebesar 5,38 A pada pukul 12:30. Namun pada pukul 13:00 terjadi sedikit penurunan dengan nilai Isc sebesar 5,33 A. Secara umum, hasil pengujian menunjukkan bahwa arus hubung singkat panel surya terapung cenderung meningkat seiring bertambahnya intensitas cahaya matahari, meskipun terdapat sedikit fluktuasi akibat faktor eksternal seperti perubahan kondisi atmosfer. Hal ini menandakan bahwa sistem panel surya terapung mampu merespon dengan baik terhadap variasi cahaya matahari di lingkungan pengujian. Selanjutnya pengambilan data langsung dengan hasil pengukuran output daya panel surya terapung di tunjukan pada Gambar 5 berikut.



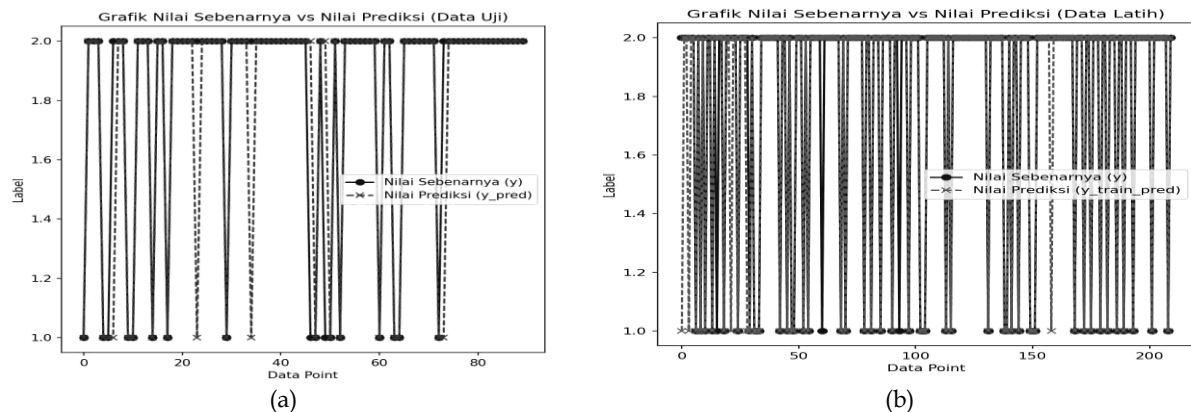
Gambar 5 Grafik pengujian output daya pada panel surya terapung.

Pada Gambar 5, grafik daya panel hasil pengujian yang ditampilkan, daya keluaran panel surya terapung menunjukkan pola fluktuasi yang dipengaruhi oleh intensitas cahaya matahari pada rentang waktu 11:00 hingga 13:00 WIB. Pada pukul 11:00, daya panel tercatat sekitar 109 W, kemudian menurun pada pukul 11:30 menjadi 108 W. Penurunan daya ini sejalan dengan berkurangnya arus hubung singkat yang juga terukur pada jam yang sama, kemungkinan disebabkan oleh tertutupnya sinar matahari oleh awan. Setelah itu, daya panel kembali meningkat secara bertahap, yaitu 110 W pada pukul 12:00, hingga mencapai nilai puncak sebesar 114 W pada pukul 12:30. Pada pukul 13:00, daya panel sedikit meningkat lagi mencapai 114,2 W yang merupakan nilai tertinggi selama periode pengujian. Secara umum, tren daya panel surya terapung meningkat seiring dengan naiknya intensitas cahaya matahari, dan hasil ini membuktikan bahwa sistem mampu menghasilkan daya listrik yang stabil serta optimal saat kondisi radiasi matahari berada dalam keadaan maksimum. Selanjutnya pengambilan data langsung dengan hasil pengukuran output intensitas cahaya matahari pada permukaan panel surya terapung di tunjukan pada Gambar 6 berikut.



Gambar 6 Grafik pengujian output intensitas cahaya matahari pada suhu permukaan panel surya terapung.

Pada Gambar 6, grafik fluktuasi hasil pengujian yang ditampilkan, suhu pada intensitas cahaya matahari yang diterima panel surya terapung menunjukkan peningkatan signifikan pada rentang waktu 11:00 hingga 13:00 WIB. Pada pukul 11:00, nilai intensitas cahaya tercatat sekitar 18.000 lumen, kemudian meningkat menjadi 21.000 lumen pada pukul 11:30. Selanjutnya, intensitas terus bertambah secara konsisten seiring bertambahnya waktu, yaitu sekitar 26.000 lumen pada pukul 12:00, lalu naik menjadi 29.000 lumen pada pukul 12:30. Puncak pengukuran terjadi pada pukul 13:00 dengan nilai intensitas mencapai 31.000 lumen. Hasil ini menunjukkan bahwa peningkatan intensitas cahaya matahari berbanding lurus dengan kenaikan tegangan, arus, dan daya keluaran panel surya terapung. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa variasi kinerja panel sangat dipengaruhi oleh fluktuasi intensitas cahaya yang diterima selama pengujian. Setelah data semua diterima kemudian data dari konversi energi panel surya dilakukan pengolahan data menggunakan pengujian Metode Logistic Regression ditunjukkan pada Gambar 7 berikut



Gambar 7 Grafik perbandingan nilai sebenarnya dan nilai prediksi pada data uji dan data latih menggunakan Metode Logistic Regression (LR) untuk memprediksi performa suhu konversi energi panel surya

Pada analisis Gambar 7 (a), menunjukkan perbandingan antara nilai sebenarnya (y) dan nilai prediksi (y_pred) pada data uji dalam bentuk grafik. Sumbu horizontal (x-axis) merepresentasikan data point atau jumlah sampel uji, sedangkan sumbu vertikal (y-axis) merepresentasikan label kelas dengan nilai 1 dan 2. Garis berwarna hitam dengan lingkaran menandakan nilai sebenarnya, sementara garis putus-putus dengan tanda silang menunjukkan nilai prediksi dari model. Dari grafik terlihat bahwa sebagian besar nilai prediksi sesuai dengan nilai sebenarnya, meskipun terdapat beberapa titik data yang tidak tepat atau meleset dari label aslinya. Hal ini menggambarkan performa model dalam melakukan klasifikasi pada data uji, di mana model cukup baik dalam memprediksi mayoritas data namun masih terdapat sejumlah kesalahan klasifikasi.

Kemudian pada Gambar 7 (b), memperlihatkan grafik perbandingan antara nilai sebenarnya (y) dan nilai prediksi (y_train_pred) pada data latih. Sumbu horizontal menunjukkan data point atau jumlah sampel dalam data latih, sedangkan sumbu vertikal menunjukkan label kelas dengan nilai 1 dan 2. Garis penuh dengan simbol lingkaran merepresentasikan nilai sebenarnya, sedangkan garis putus-putus dengan tanda silang menunjukkan hasil prediksi model. Dari grafik terlihat bahwa mayoritas prediksi pada data latih sangat sesuai dengan nilai sebenarnya, meskipun masih terdapat beberapa titik yang tidak tepat. Hal ini menunjukkan bahwa model mampu mempelajari pola data latih dengan baik, sehingga prediksi yang dihasilkan sebagian besar akurat, walaupun tetap ada sedikit kesalahan klasifikasi.

PEMBAHASAN

Hasil Pengujian dilakukan untuk mengetahui performa panel surya terapung dalam menghasilkan energi listrik berdasarkan parameter tegangan open circuit (Voc), arus hubung singkat (Isc), daya keluaran panel, serta intensitas cahaya matahari. Data pengukuran diambil pada rentang waktu pukul 11:00 hingga 13:00 WIB dengan interval 30 menit. Hasil pengukuran tegangan open circuit (Voc) menunjukkan adanya kenaikan dari 20,9 V pada pukul 11:00 menjadi 21,4 V pada pukul 13:00. Kenaikan ini menandakan bahwa panel surya mampu merespon peningkatan intensitas cahaya matahari dengan baik. Arus hubung singkat (Isc) juga memperlihatkan pola yang sejalan, meskipun mengalami sedikit fluktuasi. Pada awal pengukuran tercatat 5,23 A, sempat turun menjadi 5,11 A pada pukul 11:30, lalu meningkat hingga mencapai puncaknya pada 12:30 sebesar 5,38 A, sebelum sedikit menurun kembali menjadi 5,33 A pada pukul 13:00. Daya keluaran panel surya terapung memperlihatkan tren peningkatan yang signifikan, dengan nilai awal 109 W pada pukul 11:00, sempat menurun menjadi 108 W pada 11:30, lalu meningkat secara bertahap hingga mencapai nilai tertinggi sebesar 114 W pada pukul 12:30–13:00. Kenaikan daya ini erat kaitannya dengan pertambahan intensitas cahaya matahari yang diterima panel. Berdasarkan grafik intensitas cahaya (lumen), terlihat bahwa pada pukul 11:00 nilai intensitas masih berada di angka 18.000 lm, kemudian terus meningkat hingga mencapai 31.000 lm pada pukul 13:00. Secara keseluruhan, hasil pengujian menunjukkan adanya hubungan yang jelas antara fluktuasi

intensitas cahaya dengan performa panel surya terapung. Semakin tinggi intensitas cahaya matahari, maka semakin besar nilai Voc, Isc, dan daya yang dihasilkan. Penurunan kecil pada arus dan daya di jam tertentu diduga disebabkan oleh faktor eksternal seperti tertutupnya sinar matahari oleh awan. Sistem panel surya terapung terbukti bekerja secara stabil selama pengujian dan mampu menghasilkan energi listrik dengan baik sesuai kondisi radiasi matahari. Hal ini juga menunjukkan bahwa penempatan panel di atas permukaan air memberikan kinerja yang cukup optimal karena suhu panel relatif lebih terjaga sehingga efisiensi konversi energi tetap baik.

Berdasarkan grafik perbandingan antara nilai sebenarnya dan nilai prediksi pada data latih maupun data uji, dapat dilihat bahwa model klasifikasi yang digunakan mampu menghasilkan prediksi dengan tingkat akurasi yang cukup tinggi. Pada grafik data latih, prediksi model hampir seluruhnya sesuai dengan label sebenarnya, ditunjukkan dengan garis putus-putus (prediksi) yang mayoritas berhimpit dengan garis penuh (nilai sebenarnya). Hal ini menunjukkan bahwa model berhasil mempelajari pola data latih dengan baik sehingga mampu mengenali mayoritas kelas dengan benar. Meskipun demikian, masih terdapat beberapa titik data latih yang tidak tepat terklasifikasi, yang ditunjukkan dengan adanya deviasi antara simbol lingkaran dan silang. Sementara itu, pada grafik data uji, pola prediksi juga menunjukkan hasil yang cukup baik, meskipun kesalahan klasifikasi terlihat sedikit lebih banyak dibandingkan data latih. Hal ini merupakan kondisi yang wajar karena data uji belum pernah dikenali sebelumnya oleh model, sehingga tingkat kesalahan relatif lebih tinggi dibandingkan dengan data latih. Namun secara keseluruhan, model masih mampu memberikan prediksi yang mendekati nilai sebenarnya, yang menunjukkan bahwa generalisasi model cukup baik dan tidak terjadi overfitting secara signifikan. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa model yang digunakan cukup andal dalam melakukan klasifikasi, baik pada data latih maupun data uji. Perbedaan kecil pada akurasi keduanya justru memperlihatkan bahwa model memiliki kemampuan generalisasi yang seimbang, meskipun masih terdapat ruang untuk perbaikan, misalnya melalui optimasi parameter atau penambahan jumlah data latih agar prediksi semakin konsisten.

PENUTUP

Panel surya terapung mampu berfungsi dengan baik dan menghasilkan energi listrik sesuai dengan variasi intensitas cahaya matahari yang diterima. Nilai tegangan open circuit (Voc) meningkat dari 20,9 V hingga 21,4 V, arus hubung singkat (Isc) berada pada kisaran 5,11 A – 5,38 A, serta daya keluaran panel mencapai nilai maksimum 114 W pada pukul 12:30–13:00 WIB. Fluktuasi intensitas cahaya matahari berpengaruh langsung terhadap kinerja panel. Semakin tinggi intensitas cahaya (hingga 31.000 lm), semakin besar daya listrik yang dihasilkan. Sistem terapung bekerja stabil selama pengujian, dan keberadaan air di sekitar panel berpotensi membantu menjaga suhu panel agar tidak terlalu panas sehingga efisiensi konversi energi tetap baik. Hasil evaluasi model pada data uji menunjukkan bahwa model memiliki kinerja yang cukup baik dengan tingkat akurasi sebesar 93,3%. Berdasarkan confusion matrix, model mampu mengklasifikasikan data dengan benar pada sebagian besar kasus, terutama pada kelas 2 dengan precision 97% dan recall 95%, sehingga f1-score mencapai 0,96. Namun, performa pada kelas 1 masih lebih rendah dengan precision 79% dan recall 88%, menunjukkan bahwa model masih sering salah dalam memprediksi kelas minoritas. Secara keseluruhan, nilai macro average (precision 0,88, recall 0,91, f1-score 0,90) dan weighted average (precision 0,94, recall 0,93, f1-score 0,93) mengindikasikan bahwa model bekerja sangat baik, meskipun masih perlu perbaikan dalam menangani ketidakseimbangan kelas agar hasil prediksi lebih seimbang.

REFERENSI

Adrianti, Agung, T. K., Nasir, M., & Anugrah, P. (2023). A 48-MW floating photovoltaic design and integration to a grid. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, 30(3). <https://doi.org/10.11591/ijeecs.v30.i3.pp1331-1338>

- Al Azhima, S. A. T., Darmawan, D., Arief Hakim, N. F., Kustiawan, I., Al Qibtiya, M., & Syafei, N. S. (2022). Hybrid Machine Learning Model untuk memprediksi Penyakit Jantung dengan Metode Logistic Regression dan Random Forest. *Jurnal Teknologi Terpadu*, 8(1). <https://doi.org/10.54914/jtt.v8i1.539>
- Alsagri, A. S. (2022). Photovoltaic and Photovoltaic Thermal Technologies for Refrigeration Purposes: An Overview. In *Arabian Journal for Science and Engineering* (Vol. 47, Issue 7). <https://doi.org/10.1007/s13369-021-06534-2>
- Anand, B., Shankar, R., Murugavelh, S., Rivera, W., Midhun Prasad, K., & Nagarajan, R. (2021). A review on solar photovoltaic thermal integrated desalination technologies. In *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (Vol. 141). <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.110787>
- Cazzaniga, R., Cicu, M., Rosa-Clot, M., Rosa-Clot, P., Tina, G. M., & Ventura, C. (2018). Floating photovoltaic plants: Performance analysis and design solutions. In *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (Vol. 81). <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.05.269>
- Dai, J., Zhang, C., Lim, H. V., Ang, K. K., Qian, X., Wong, J. L. H., Tan, S. T., & Wang, C. L. (2020). Design and construction of floating modular photovoltaic system for water reservoirs. *Energy*, 191. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.116549>
- Dreiseitl, S., & Ohno-Machado, L. (2002). Logistic regression and artificial neural network classification models: A methodology review. *Journal of Biomedical Informatics*, 35(5–6). [https://doi.org/10.1016/S1532-0464\(03\)00034-0](https://doi.org/10.1016/S1532-0464(03)00034-0)
- Gul, M., Kotak, Y., & Muneer, T. (2016). Review on recent trend of solar photovoltaic technology. *Energy Exploration and Exploitation*, 34(4). <https://doi.org/10.1177/0144598716650552>
- Gunawan, M. I., Sugiarto, D., & Mardianto, I. (2020). Peningkatan Kinerja Akurasi Prediksi Penyakit Diabetes Mellitus Menggunakan Metode Grid Search pada Algoritma Logistic Regression. *Jurnal Edukasi Dan Penelitian Informatika (JEPIN)*, 6(3). <https://doi.org/10.26418/jp.v6i3.40718>
- Gusti, K. W. (2023). Perbandingan Metode Support Vector Machine dan Logistic Regression untuk Klasifikasi Bencana Alam. *Informatik : Jurnal Ilmu Komputer*, 19(2). <https://doi.org/10.52958/iftk.v19i2.6355>
- Hermoso, V., Bota, G., Brotons, L., & Morán-Ordóñez, A. (2023). Addressing the challenge of photovoltaic growth: Integrating multiple objectives towards sustainable green energy development. *Land Use Policy*, 128. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2023.106592>
- Li, P., Gao, X., Li, Z., & Zhou, X. (2022). Effect of the temperature difference between land and lake on photovoltaic power generation. *Renewable Energy*, 185. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2021.12.011>
- Liu, Z., Jin, Z., Li, G., Zhao, X., & Badiel, A. (2022). Study on the performance of a novel photovoltaic/thermal system combining photocatalytic and organic photovoltaic cells. *Energy Conversion and Management*, 251. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2021.114967>
- Marques Lameirinhas, R. A., Torres, J. P. N., & de Melo Cunha, J. P. (2022). A Photovoltaic Technology Review: History, Fundamentals and Applications. In *Energies* (Vol. 15, Issue 5). <https://doi.org/10.3390/en15051823>
- Mungkin, M., Satria, H., Maizana, D., Isa, M., Syafii, & Puriza, M. Y. (2023). Analysis of the feasibility of adding a grid-connected hybrid photovoltaic system to reduce electrical load. *International Journal of Power Electronics and Drive Systems*, 14(2). <https://doi.org/10.11591/ijpeds.v14.i2.pp1160-1171>
- Pastuszak, J., & Węgierek, P. (2022). Photovoltaic Cell Generations and Current Research Directions for Their Development. In *Materials* (Vol. 15, Issue 16). <https://doi.org/10.3390/ma15165542>
- Pimentel Da Silva, G. D., & Branco, D. A. C. (2018). Is floating photovoltaic better than conventional photovoltaic? Assessing environmental impacts. *Impact Assessment and Project Appraisal*, 36(5). <https://doi.org/10.1080/14615517.2018.1477498>
- Rahaman, M. A., Chambers, T. L., Fekih, A., Wiecheteck, G., Carranza, G., & Possetti, G. R. C. (2023). Floating photovoltaic module temperature estimation: Modeling and comparison. *Renewable Energy*, 208. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2023.03.076>
- Santoso, A. K. S., Noviriandini, A., Kurniasih, A., Wicaksono, B. D., & Nuryanto, A. (2021). KLASIFIKASI PERSEPSI PENGGUNA TWITTER TERHADAP KASUS COVID-19 MENGGUNAKAN METODE

- LOGISTIC REGRESSION. *Jurnal Informatika Kaputama (JIK)*, 5(2). <https://doi.org/10.59697/jik.v5i2.247>
- Sutanto, B., Iacovides, H., Nasser, A., Cioncolini, A., Afgan, I., Indartono, Y. S., Prasetyo, T., & Wijayanta, A. T. (2024). Design and analysis of passively cooled floating photovoltaic systems. *Applied Thermal Engineering*, 236. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2023.121801>
- Tina, G. M., & Bontempo Scavo, F. (2022). Energy performance analysis of tracking floating photovoltaic systems. *Heliyon*, 8(8). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e10088>
- Tina, G. M., Cazzaniga, R., Rosa-Clot, M., & Rosa-Clot, P. (2018). Geographic and technical floating photovoltaic potential. *Thermal Science*, 22. <https://doi.org/10.2298/tsci170929017t>
- Treviño Rodríguez, K., Sánchez Vázquez, A. I., Ruiz Valdés, J. J., Ibarra Rodríguez, J., Paredes Figueroa, M. G., Porcar García, S., Carda Castelló, J. B., & Álvarez Méndez, A. (2023). Photovoltaic Glass Waste Recycling in the Development of Glass Substrates for Photovoltaic Applications. *Materials*, 16(7). <https://doi.org/10.3390/ma16072848>
- Yao, H., & Zhou, Q. (2023). Research status and application of rooftop photovoltaic Generation Systems. In *Cleaner Energy Systems* (Vol. 5). <https://doi.org/10.1016/j.cles.2023.100065>
- Yun, H. (2021). Prediction model of algal blooms using logistic regression and confusion matrix. *International Journal of Electrical and Computer Engineering*, 11(3). <https://doi.org/10.11591/ijece.v11i3.pp2407-2413>
- Zhang, C., Dai, J., Ang, K. K., & Lim, H. V. (2024). Development of compliant modular floating photovoltaic farm for coastal conditions. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 190. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2023.114084>