SNESTIK
Seminar Nasional Teknik Elektro, Sistem Informasi, dan Teknik Informatika
https://ejurnal.itats.ac.id/snestik dan https://snestik.itats.ac.id

Informasi Pelaksanaan :
SNESTIK V - Surabaya, 26 April 2025
Fakultas Teknik Elektro dan Teknologi Informasi, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya

Informasi Artikel:
DOI : 10.31284/p.snestik.2025.7548

Prosiding ISSN 2775-5126

Fakultas Teknik Elektro dan Teknologi Informasi-Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya
Gedung A-ITATS, Jl. Arief Rachman Hakim 100 Surabaya 60117 Telp. (031) 5945043
Email : snestik@itats.ac.id

Analisa Optimalisasi Kebutuhan Energi Listrik Menggunakan Metode Artificial Neural Network di Kampus ITATS

Dicky Anindita Darma, Riny Sulistyowati, dan Nasyith Hananur R
Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya
e-mail: dicky.anindita@gmail.com

ABSTRACT

The State Electricity Company network and on-grid solar cells utilize electrical energy in a hybrid system. This research aimed to overcome the need for electrical energy at ITATS by adding the penetration of rooftop solar power plants that combined electricity from the State Electricity Company and On-Grid solar panels. To determine the potential use of renewable energy, this research applied the Artificial Neural Network (ANN) method to predict the potential electrical energy from the Solar Power Plant. The researcher developed a data logger device to collect the necessary environmental data and used Pvsyst to measure the total potential of the Solar Power Plant. We used the logger data as input for the ANN model, which was trained using a data ratio of 75% for training and 25% for testing. The ANN model used has a high level of accuracy with a MAPE of 5%, which supported the system's effectiveness in reducing campus electricity consumption. Pvsyst simulation showed an average performance ratio (PR) efficiency of 0.778 and a ratio with a data logger of 1038. The results showed that the penetration of rooftop solar power plants successfully provided 32% electrical energy savings on Monday through Friday and generated an energy surplus of 1830% on Saturday and Sunday.

Keywords: *On-Grid Solar Power Plant; Artificial Neural Network (ANN); Pvsyst; Performance Ratio (PR); Energy Saving*

ABSTRAK

Pemanfaatan energi listrik dalam sistem hybrid menggunakan jaringan PLN dan On-grid solar cell. Penelitian ini bertujuan untuk mengatasi kebutuhan energi listrik di kampus ITATS dengan menambahkan penetrasi PLTS atap yang menggabungkan listrik PLN dan panel surya On-Grid. Untuk mengetahui potensi penggunaan energi terbarukan, penelitian ini menerapkan metode Artificial Neural Network (ANN) untuk

memprediksi potensi energi listrik dari PLTS. Dengan mengembangkan perangkat data logger untuk mengumpulkan data lingkungan yang diperlukan serta penggunaan Pvsyst untuk mengukur potensi PLTS secara total. Data logger tersebut kemudian digunakan sebagai input untuk model ANN, yang dilatih menggunakan rasio data sebesar 75% untuk pelatihan dan 25% untuk pengujian. Model ANN yang digunakan memiliki tingkat akurasi tinggi dengan MAPE sebesar 5%, sehingga mendukung efektivitas sistem dalam menurunkan konsumsi listrik kampus. Simulasi Pvsyst menunjukkan efisiensi performance ratio (PR) rata rata sebesar 0,778 dan ratio dengan data logger sebesar 1038. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penetrasi PLTS atap ini berhasil memberikan penghematan energi listrik sebesar 32% pada hari Senin sampai Jumat dan menghasilkan surplus energi sebesar 1830% pada hari Sabtu dan Minggu.

Kata kunci: PLTS On-Grid; Artificial Neural Network (ANN); Pvsyst; Performance Ratio (PR); Penghematan Energi.

PENDAHULUAN

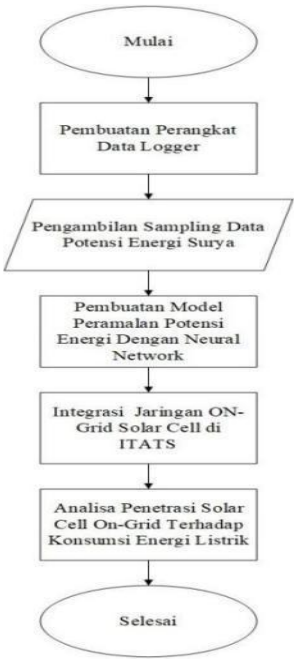
Indonesia sebagai negara berkembang dengan populasi yang besar dan pertumbuhan ekonomi yang makin meningkat membutuhkan sumber energi baru terbarukan yang dapat memenuhi kebutuhan pasokan energi listrik. Penggunaan sumber daya alam yang sekarang menyebabkan dampak polusi udara dan efek gas rumah kaca. Dalam hal ini, maka menjadi tantangan tersendiri agar energi baru terbarukan dapat menjadi minat bagi setiap orang agar memberikan solusi terbaik terhadap kebutuhan energi listrik [1-3].

Pemanfaatan energi panas matahari dalam sistem *hybrid* yang terdiri dari PLN (Perusahaan Listrik Negara) dan *On-Grid solar cell* ini menjadi hal yang utama dalam meningkatkan efisiensi energi baru terbarukan dan mengurangi dampak pencemaran lingkungan dari produksi energi listrik konvensional. Melalui PLTS On-Grid, maka diharapkan mampu mengganti sebagian energi listrik yang selama ini digunakan[4-7].

Panel surya *On-Grid* merupakan salah satu solusi energi baru terbarukan yang akhir akhir ini menjadi populer di kalangan masyarakat. Selain untuk menghemat biaya pengeluaran, pemasangan panel surya *On- Grid* diharapkan dapat mengurangi ketergantungan terhadap sumber daya alam yang saat ini digunakan oleh PT PLN di Indonesia [8-9]. Dengan menggunakan sistem *On-Grid* PLN dan *solar cell* dapat lebih optimal untuk energi baru terbarukan dengan mempertimbangkan sistem *On-Grid* dari PLN dan panel surya yang bertahan cukup lama dengan penyinaran matahari menggunakan metode *Artificial Neural Network* (ANN) [10-11]. Metode ANN mampu mengolah berbagai input secara kompleks untuk menghasilkan output yang akurat dan sesuai dengan tujuan yang diharapkan[4]. Berdasarkan penelitian terbaru pada tahun 2023 ini, potensi energi yang dapat dibangkitkan dari energi panas matahari di Surabaya utara yaitu sebesar 50,6 kW [12-13].

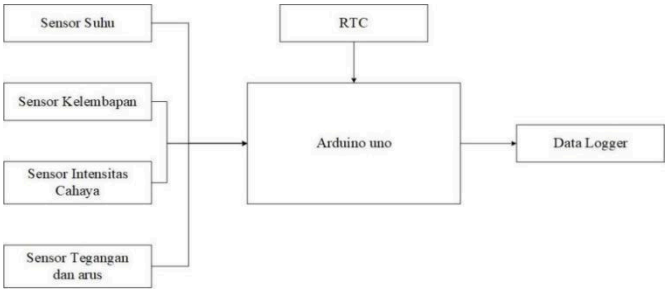
Perancangan atau penelitian sistem *hybrid* ini harus segera dilakukan agar memenuhi target dari peraturan pemerintah 79 tahun 2014 sebesar 23% pada tahun 2025 dalam pemasangan energi baru terbarukan agar dapat mengurangi biaya operasional yang akan diimplementasikan di kampus Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya dalam jangka panjang, maka pemahaman akan potensi energi yang dihasilkan dapat dimanfaatkan dengan baik lagi. Selain itu, potensi penghematan energi listrik memiliki manfaat dalam mengurangi biaya listrik dari PLN. Untuk itu perlu mengetahui berapa daya yang dibutuhkan dalam suplai energi listrik yang diperlukan kampus Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya dalam menyelesaikan penelitian ini.

METODE PENELITIAN



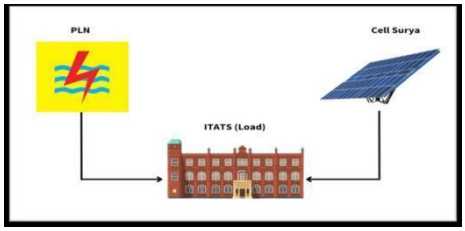
Gambar 1. Diagram Alir penelitian

Diagram Alir Penelitian
Pembuatan Perangkat Data Logger



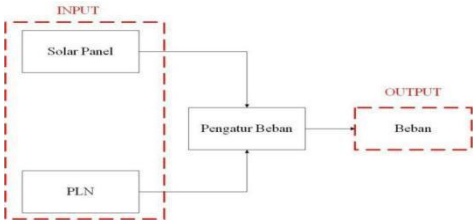
Gambar 2. Skema Rangkaian Data Logger Solar Cell

A. Integrasi Jaringan ON-Grid Solar Cell *di ITATS*



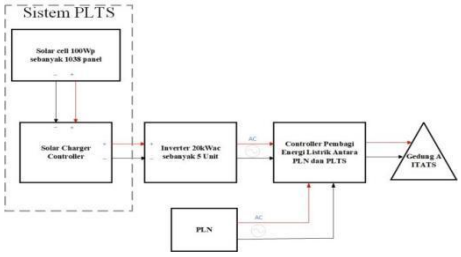
Gambar 3.Rangkaian Hybrid PLN dan Solar Cell On-Grid

Pada gambar 2 diatas merupakan suatu rangkaian *hybrid* yang dipilih sebagai energi alternatif yang akan menghasilkan energi listrik. Pada rangkaian ini yang menjadi pembahasan utama yaitu *solar cell* yang akan mengonversikan radiasi panas matahari menjadi energi listrik yang disebut proses *photovoltaic.*



Gambar 4. Blok Diagram Kombinasi Solar Cell Dan PLN di ITATS

Pada gambar 3 daya listrik dari *solar cell* dan PLN dapat dikombinasikan melalui pengatur beban agar *output* yang dihasilkan bisa seimbang dengan beban yang dibutuhkan.

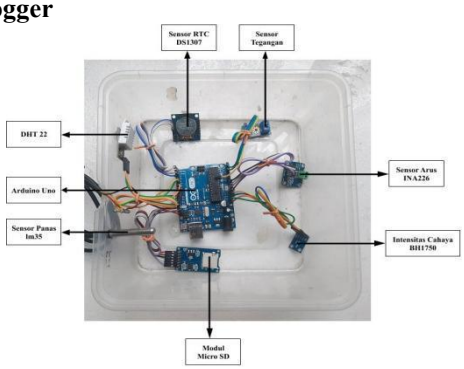


Gambar 5. Blok Diagram PLTS On-Grid terkoneksi jaringan PLN

Pada gambar 4 tersebut, menunjukkan diagram sistem pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) on-grid yang terhubung ke Gedung A ITATS. dengan adanya controller pembagi energi listrik, maka distribusi daya antara energi listrik dari PLN dan PLTS dapat dikelola dengan baik. Jika energi listrik yang dihasilkan PLTS tidak mencukupi beban dari gedung A ITATS maka energi listrik dari PLN secara otomatis akan memberikan pasokan energi listrik

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Rancangan Data Logger



Gambar 6. Perangkat Pengambilan Data Logger

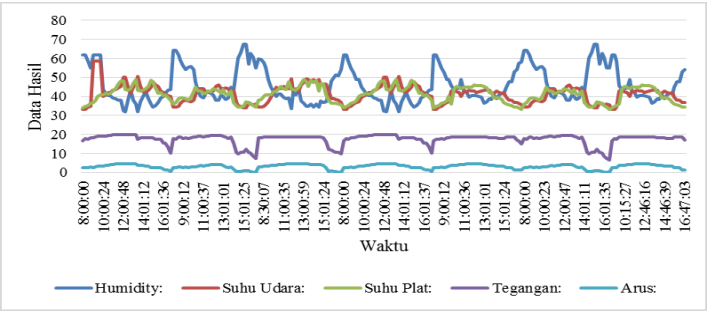
Hasil Data Logger

Berdasarkan hasil yang dilakukan setelah merancang alat untuk mendapatkan data logger, maka bisa dilihat pada Tabel 1 di bawah ini. Dengan sistem pengambilan data yang telah ditentukan maka setiap 15 menit akan menghasilkan data yang sesuai dengan yang diharapkan.

Tabel 1. Hasil Data Logger.

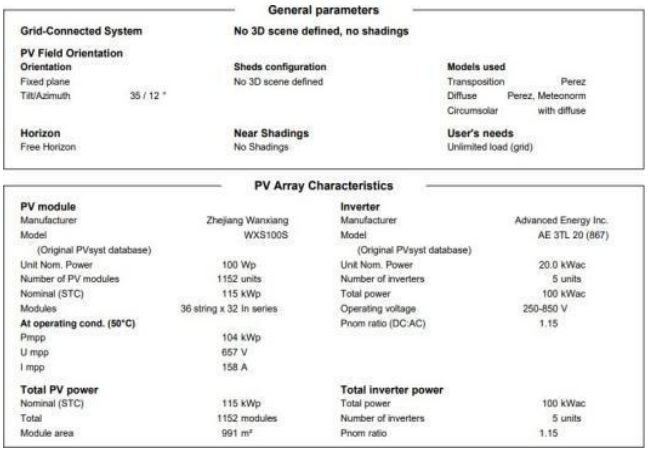
Hari	Tanggal	Jam	Kelem-Bapan (%)	Suhu Udara (C)	Suhu Plat (C)	Intensitas Cahaya (Lx)	Tegangan (V)	Arus (A)
Senin	15/01/2024	8:00:01	59,60	34,30	38,13	40801,66	18,3	3,1
Senin	15/01/2024	8:15:04	59,50	34,30	38,56	48695,00	18,3	3,1
Senin	15/01/2024	8:30:07	57,70	34,70	39,88	54612,50	18,5	3,5
Senin	15/01/2024	8:45:10	55,40	35,70	40,75	54612,50	18,5	3,5
Senin	15/01/2024	9:00:13	48,80	37,30	40,75	54612,50	18,5	3,5
Senin	15/01/2024	9:15:16	44,90	39,50	40,75	54612,50	18,5	3,7
Senin	15/01/2024	9:30:19	42,40	41,90	42,38	54612,50	18,5	3,7
Senin	15/01/2024	9:45:22	40,20	44,70	42,81	54612,50	18,5	3,7
Senin	15/01/2024	10:00:25	41,30	44,20	43,56	54612,50	18,7	4,1
Senin	15/01/2024	10:15:28	41,20	44,20	45,25	54612,50	18,7	4,1
Senin	15/01/2024	10:30:31	39,70	45,30	43,88	54612,50	18,7	4,1
Senin	15/01/2024	10:45:34	38,80	44,70	43,81	54612,50	18,8	4,5
Senin	15/01/2024	11:00:37	39,10	44,10	47,81	54612,50	18,8	4,5
Senin	15/01/2024	11:15:40	33,50	49,40	43,81	54612,50	18,8	4,7
Senin	15/01/2024	11:30:43	42,20	43,00	43,69	54612,50	18,8	4,7
Senin	15/01/2024	11:45:46	40,90	43,90	43,31	54612,50	18,8	4,7
Senin	15/01/2024	12:00:49	44,00	42,50	44,56	54612,50	18,6	4,4
Senin	15/01/2024	12:15:52	37,70	46,20	46,75	54612,50	18,6	4,4
Senin	15/01/2024	12:30:55	36,40	47,40	48,81	54612,50	18,6	4,4
Senin	15/01/2024	12:45:58	34,80	49,40	47,81	54612,50	18,6	4,4
Senin	15/01/2024	13:01:01	34,70	49,00	45,31	54612,50	18,6	4,4
Senin	15/01/2024	13:16:04	36,00	48,10	48,69	54612,50	18,5	4,3
Senin	15/01/2024	13:31:07	34,40	49,00	47,25	54612,50	18,5	4,3
Senin	15/01/2024	13:46:10	36,00	47,80	48,31	54612,50	18,5	4,3
Senin	15/01/2024	14:01:13	34,30	49,00	42,69	47714,16	18,5	4,3
Senin	15/01/2024	14:16:16	37,50	45,90	46,81	54612,50	18,5	4,3
Senin	15/01/2024	14:31:19	37,00	46,50	46,44	54612,50	18,2	3,8
Senin	15/01/2024	14:46:22	37,10	46,50	40,94	15620,00	16,3	2,5
Senin	15/01/2024	15:01:25	41,30	42,80	38,13	5829,17	12,3	0,5
Senin	15/01/2024	15:16:28	48,20	39,00	36,56	9087,50	11,6	0,7
Senin	15/01/2024	15:31:31	50,20	38,80	36,56	8939,17	11,1	0,6
Senin	15/01/2024	15:46:34	51,20	38,30	36,44	8315,83	10,7	0,5
Senin	15/01/2024	16:01:37	51,10	38,00	36,13	9251,67	10,4	0,2

Pada Tabel 1 diatas ini merupakan sampling 1 hari dari data yang dihasilkan oleh data logger. Data logger yang telah diambil tersebut akan digunakan untuk membuat grafik dan dapat diamati secara *real time*. Dari grafik tersebut maka dapat dilihat bagaimana perubahan cuaca dapat mempengaruhi energi yang diproduksi oleh *solar cell*.



Gambar 7. Hasil Grafik Pengambilan Data

***Hasil Data* Pvsyst**



General parameters

Grid-Connected System	**No 3D scene defined, no shadings**	
PV Field Orientation		
Orientation	**Sheds configuration**	**Models used**
Fixed plane	No 3D scene defined	Transposition Perez
Tilt/Azimuth 35 / 12 °		Diffuse Perez, Meteonorm
		Circumsolar with diffuse
Horizon	**Near Shadings**	**User's needs**
Free Horizon	No Shadings	Unlimited load (grid)

PV Array Characteristics

PV module		**Inverter**	
Manufacturer	Zhejiang Wanxiang	Manufacturer	Advanced Energy Inc.
Model	WXS100S	Model	AE 3TL 20 (867)
(Original PVsyst database)		(Original PVsyst database)	
Unit Nom. Power	100 Wp	Unit Nom. Power	20.0 kWac
Number of PV modules	1152 units	Number of inverters	5 units
Nominal (STC)	115 kWp	Total power	100 kWac
Modules	36 string x 32 In series	Operating voltage	250-850 V
At operating cond. (50°C)		Pnom ratio (DC:AC)	1.15
Pmpp	104 kWp		
U mpp	657 V		
I mpp	158 A		
Total PV power		**Total inverter power**	
Nominal (STC)	115 kWp	Total power	100 kWac
Total	1152 modules	Number of inverters	5 units
Module area	991 m²	Pnom ratio	1.15

Gambar 7. Parameter Hasil Dari Pvsyst

Pada gambar 7 menunjukkan bahwa modul PV memiliki daya nominal sebesar 100 Wp per modul, dengan total 1.152 modul yang terpasang dan menghasilkan daya nominal sebesar 115 kWp. Sistem ini juga menggunakan *inverter* dengan daya nominal 20.0 kWac per unit dan total daya *inverter* sebesar 100 kWac dari lima unit *inverter* yang digunakan. *Inverter* ini beroperasi dengan tegangan sekitar 250-850 V. Dari gambar tersebut juga menunjukkan bahwa total luas area modul yang digunakan di dalam sistem ini adalah 991 m^2.

Tabel 2. Balances and main results

No.	Bulan	E-Array (kWh)	E-Grid (kWh)	PR (Ratio)
1.	Januari	10931	10669	0.786
2.	Februari	11138	10880	0.790
3.	Maret	13083	12782	0.786
4.	April	15174	14831	0.776
5.	Mei	16704	16330	0.775
6.	Juni	17290	16904	0.777
7.	Juli	17982	17580	0.775
8.	Agustus	17481	17091	0.775
9.	September	15732	15377	0.770
10.	Oktober	15088	14748	0.772
11.	November	12024	11746	0.783
12.	Desember	11124	10859	0.783
13.	Year	173752	169800	0.778

EArray menunjukkan energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya sebelum dikirim ke *inverter*. Nilai *EArray* tertinggi tercatat pada Juli, yaitu 17.982 kWh. *E_Grid* menunjukkan energi listrik yang dikirim ke jaringan setelah melalui *inverter*, dengan nilai lebih rendah dari *EArray* karena kerugian energi selama proses konversi. Nilai *E_Grid* tertinggi juga tercatat pada Juli dengan 17.580 kWh. PR (*Performance Ratio*) mengukur efisiensi sistem *photovoltaic* dengan membandingkan *E_Grid* dan radiasi matahari (*Globlnc*). Nilai PR yang lebih tinggi menunjukkan kinerja yang lebih efisien. Berdasarkan data tahunan e_array jika dirata rata maka didapatkan energi rata rata perbulan sebesar 14479 kWh dan 482,64 kWh perhari.

Ratio *Pengambilan Langsung dan Pvsyst*

Berdasarkan pengambilan data secara langsung, daya (DC) puncak yang telah di

dapatkan yaitu sebesar 93 Wp, dengan energi sebesar 13,95 kWh dalam 1 bulan. Dari persamaan 1 maka dapat dihitung seperti persamaan 1.

$$\boldsymbol{energi\ (kWh) = Daya(W)\ x\ Waktu}$$

$$energi\ (kWh) = 93\ Wp\ x\ 5\ Jam = 0{,}465 kWh$$

Dengan asumsi panel surya beroperasi efektif selama 5 jam per hari maka total energi yang dapat dihasilkan dalam 1 hari yaitu 0,465kWh. Dengan hasil ini maka dapat dihitung *ratio* antara pengambilan langsung dan *pvsyst* dengan total energi per hari berdasarkan perhitungan dari persamaan 2 dibawah ini.

$$Ratio = \frac{Energi\ Pvsyst}{Energi\ Pengambilan\ Langsung} \qquad (2)$$

$$= \frac{482{,}63}{0{,}465} = 1038$$

Dengan beban listrik yang selama ini dipasok oleh PLN dapat dikurangi dengan pemasangan PLTS jika dilihat pada gambar 4.14. Setelah pemasangan PLTS dapat dilihat bahwa *net load* mengalami penurunan pasokan listrik Dari PLN. Kondisi ini dapat menguntungkan jika terus menerus dilakukan dalam jangka Panjang. Selain pasokan listrik dari PLN yang berkurang, pemakaian listrik dalam jangka panjang akan menguntungkan karena pasokan listrik dari PLTS menggunakan energi yang ramah lingkungan dan lebih stabil. Selain itu penghematan energinya dapat dihitung menggunakan persamaan 2. seperti di bawah ini. Berdasarkan perhitungan tersebut, maka dapat diartikan bahwa penghematan energi listrik setelah pemasangan PLTS sebesar 27% dalam 1 hari. Maka dalam 21 hari dapat dilihat pada di bawah ini.

Tabel 3. Persentase Penghematan Energi

Hari	Beban (kWh)	PLTS (kWh)	Net Load (kWh)	Persentase (%)
1	1393,77	379,47	1014,29	27
2	1393,77	351,70	1042,07	25
3	1393,77	154,04	1239,72	11
4	1393,77	289,02	1104,74	21
5	1393,77	401,06	992,71	29
6	24,60	287,06	262,46	1167
7	24,60	428,73	404,13	1743
8	1393,77	83,80	1309,96	6
9	1393,77	450,14	943,63	32
10	1393,77	316,81	1076,95	23
11	1393,77	352,09	1041,68	25
12	1393,77	451,63	942,13	32
13	24,60	97,19	72,59	395
14	24,60	450,14	425,54	1830
15	1393,77	451,26	942,51	32
16	1393,77	316,68	1077,08	23
17	1393,77	428,73	965,04	31
18	1393,77	451,26	942,51	32
19	1393,77	450,14	943,63	32
20	24,60	316,81	292,21	1288
21	24,60	398,02	373,42	1618
Rata rata				401%

Pada Tabel 2 diatas dapat dilihat bahwa dalam Senin sampai Jumat penghematan energi listrik terbesar dalam 1 hari adalah 32% dengan rata rata mencapai 401% dalam 21 hari. Sedangkan dalam waktu Sabtu minggu terdapat kelebihan energi listrik yang dapat dialirkan ke gedung lain agar penghematan energi listrik dapat dimanfaatkan lebih optimal, sehingga dapat menghasilkan penghematan yang signifikan dalam total konsumsi energi listrik.

$$Penghematan\ Energi = \frac{PLTS}{Beban} \times 100\%$$
$$= \frac{379,47}{1393.77} \times 100\%$$
$$= 27\%$$

KESIMPULAN

Percobaan ini menunjukkan bahwa simulasi Pvsyst dengan faktor lingkungan menghasilkan performance ratio 0,778, mencerminkan efisiensi PLTS On-Grid di ITATS. Data logger yang dirancang akurat dalam akuisisi data real-time, mendukung analisis kebutuhan energi dan sistem hybrid. Model peramalan Artificial Neural Network dengan MAPE 5-6% efektif memprediksi konsumsi energi. Simulasi Pvsyst menunjukkan estimasi energi 1038 kali lebih besar dari Neural Network, menegaskan pentingnya simulasi dalam menentukan potensi PLTS. Sistem hybrid PLN-PLTS menghemat energi hingga 32% pada hari kerja, dengan surplus akhir pekan, menghasilkan efisiensi pemanfaatan energi hingga 401% dalam 21 hari.

DAFTAR PUSTAKA

[1]. D. H. Sinaga, W. Pangaribuan, M. A. R. Sembiring, And A. H. Syahrir, "Desain Sistem Cadangan Energi Listrik Menggunakan Tenaga Surya Pada Gedung Teknik Elektro Ft – Unimed," J. Ins. Prof., Vol. 2, No. 1, 2022, Doi: 10.24114/Jip.V2i1.28325.
[2]. R. Sulistyowati Et Al., "Manajemen Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya On-Grid," Snestik Semin. Nas. Tek. Elektro, Sist. Informasi, Dan Tek. Inform., Pp. 297–306, 2023.
[3]. D. Almanda And M. A. Z. Muttaqin, "Analisa Dan Perbandingan Plts On Grid Yang Terpasang Di Atap Gedung Utama Pt Subur Semesta Dengan Plts On Grid Yang Bergerak Mengikuti Arah Matahari," Resist. (Elektronika Kendali Telekomun. Tenaga List. Komputer), Vol. 3, No. 2, P. 57, 2020, Doi: 10.24853/Resistor.3.2.57-60.
[4]. M. Agam And U. T. Kartini, "Peramalan Daya Listrik Plts On Grid Pada Rumah Tinggal Menggunakan Metode K-Nearest Neighbor Decomposition Feed Forward Neural Network Berdasarkan Data Meteorologi," Tek. Elektro, Vol. 9, No. October, Pp. 241–249, 2019.
[5]. F. Anwar And T. Rijanto, "Analisis Perencanaan Plts On Grid Menggunakan Helioscope (Studi Kasus Plts On Grid 40 Kwp Di Gedung Asrama Putri Universitas Airlangga)," Vol. 4, No. 2, Pp. 724–737, 2023.
[6]. D. A. Panunggul, M. S. Boedoyo, And N. A. Sasongko, "Analisa Pemanfaatan Energi Terbarukan Di Universitas Pertahanan Sebagai Pendukung Keamanan Pasokan Energi (Studi Kasus: Energi Surya Dan Angin)," J. Ketahanan Energi, Vol. 4, No. 2, Pp. 75–91, 2018.
[7]. M. A. Auliq, F. Fitriana, And S. Robitoh, "Studi Implementasi ' Smart Grid Solar Pv System' Di Gedung G Universitas Muhammadiyah Jember," J. Tek. Elektro Dan Komputasi, Vol. 2, No. 2, Pp. 87–95, 2020, Doi: 10.32528/Elkom.V2i2.3444.
[8]. M. Ali, R. Siregar, W. Sunanda, And G. B. Putra, "Perencanaan Sistem Hybrid Photovoltaic Dan Pln Di Universitas Bangka Belitung," Vol. 6, No. 2, Pp. 56–60, 2019.
[9]. P. Magister, B. Keahlian, T. Sistem, D. T. Elektro, And F. T. Elektro, "Islanding Detection Pada Sistem Grid-Photovoltaic Yang Terdistribusi Menggunakan Metode Artificial Neural Network," 2018.
[10]. O. Niswatul And A. Tindriyani, "Implementasi Neural Network Pada Matlab Untuk Peramalan Konsumsi Beban Listrik Kabupaten Ponorogo Jawa Timur Skripsi Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Pendidikan Prodi Pendidikan Teknik Elektro," 2017.
[11]. M. N. Adiwana And U. T. Kartini, "Desain Photovoltaic Dan Peramalan Jangka Pendek Radiasi Sinar Matahari Menggunakan Metode Feed-Forward Neural Network," J. Tek. Elektro, Vol. 9, No. 1, Pp. 757–764, 2020.
[12]. Riny Sulistyowati, Dedet Candra Riawan, Mochamad Ashari, Clustering Based Optimal Sizing and Placement of PV-DG Using Neural Network, 2017.
[13]. Wayan Arsa Suteja And Adi Surya Antara, "Analisis Sensor Arus Invasive Acs712 Dan Sensor Arus Non Invasive Sct013 Berbasis Arduino," Protek J. Ilm. Tek. Elektro, Vol. 8, No. 1, Pp. 13–21, 2021, Doi: 10.33387/Protk.V8i1.2116.