

Pemodelan *Buck-Boost Converter* dengan Kendali *Artificial Neural Network* untuk Pengisian Baterai pada Sistem *Photovoltaic*

Sri Dewi Yuliana Atmajaya¹, I Nyoman Wahyu Satiawan¹, Supriono¹, Ida Bagus Fery Citarsa¹

¹Department of Electrical Engineering, University of Mataram, Jl. Majapahit 62, Mataram, Lombok NTB, INDONESIA

ARTICLE INFO

Article history:

Received February 12, 2023
Revised February 21, 2023
Accepted February 28, 2023

Keywords:

Photovoltaic;
Buck-Boost Converter;
PI (Proportional Integratif);
Artificial Neural Network;
Battery;

ABSTRACT

Indonesia has a huge potential for solar energy due to its territory is located on the equator. Solar energy is converted into electrical energy through solar panels or photovoltaic (PV). The electrical energy generated by PV can be directly used to supply loads or stored in a battery. This research investigates the design of a battery charging system controlled by Artificial Neural Networks (ANN). The battery charging system is modeled using Matlab/Simulink. ANN is trained using input and output data obtained from the system controlled by PI. ANN is trained with Back Propagation algorithm. The results show that the Buck-Boost Converter is able to maintain a relatively constant battery charging voltage, between 12.93 V - 14.01 V, at a PV output voltage between 14.01 V - 15.72 V. Meanwhile, the response performances generated by PI control and ANN are the same, the largest value of overshoot is 4.99% and the maximum settling time is 7.16 s. Response performance of the system controlled by PI and ANN tends to be the same. This is caused by the process training of ANN is not optimal because the limited training data used in this research.

Indonesia memiliki potensi energi surya yang sangat besar karena wilayahnya terletak di daerah katulistiwa. Energi surya dikonversi menjadi energi listrik melalui panel surya atau fotovoltaik (PV). Energi listrik yang dihasilkan oleh PV dapat langsung dipergunakan untuk mencatu beban atau disimpan dalam sebuah baterai. Penelitian ini menyelidiki desain sistem pengisian baterai dengan kendali *Artificial Neural Networks* (ANN). Sistem pengisian baterai dimodelkan menggunakan Matlab / Simulink. ANN dilatih dengan menggunakan data masukan dan keluaran yang didapat dari sistem pengisian baterai yang dikontrol dengan PI. ANN dilatih dengan algoritma *backpropagation*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *Buck-Boost Converter* mampu mempertahankan tegangan pengisian baterai yang relatif konstan yakni diantara 12.93 V - 14.01 V, pada tegangan keluaran PV yang bernilai diantara 14,01 V - 15,72 V. Sedangkan respon performansi sistem yang dihasilkan dengan kendali PI dan ANN sama yaitu nilai *overshoot* terbesar senilai 4.99% dan nilai *settling time* maksimum sebesar 7.16 s. Unjuk kerja performansi respon dari sistem yg dikontrol dengan PI dan ANN cenderung sama. Hal ini disebabkan oleh proses training ANN yang belum optimal karena data latih yang digunakan masih terbatas.

Corresponding Author:

I Nyoman Wahyu Satiawan, Department of Electrical Engineering, University of Mataram
Jl. Majapahit 62, Mataram, Lombok NTB, INDONESIA
Email: nwahyus@unram.ac.id

1. PENDAHULUAN

Indonesia yang berada dalam wilayah khatulistiwa rata-rata setiap harinya mendapatkan intensitas penyinaran selama 10 sampai 12 jam. Energi surya dikonversi menjadi energi listrik melalui panel surya atau fotovoltaik. Energi listrik yang dihasilkan kemudian disalurkan ke beban dan sebagian disimpan dalam sebuah baterai [1].

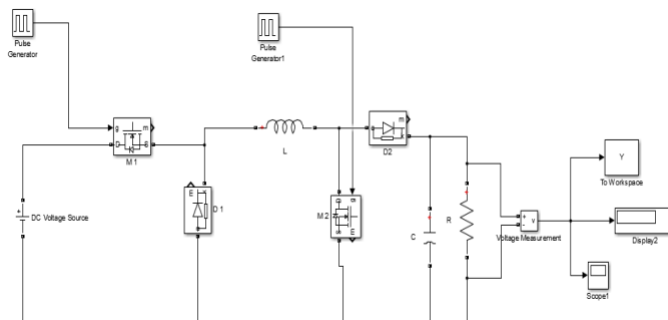
Untuk mengubah nilai keluaran baterai menjadi nilai tertentu diperlukan *buck-boost converter* dikarenakan tegangan keluarannya PV dapat bernilai lebih besar atau lebih kecil daripada tegangan pengisian baterai. Untuk mengatur stabilitas tegangan pengisian, *buck-boost converter* perlu dikendalikan menggunakan kendali seperti PI [6]. Namun demikian, sistem kendali PI memiliki permasalahan yaitu untuk menentukan K_p dan K_i [3]. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, pada penelitian ini, *buck-boost converter* dikendalikan menggunakan ANN. ANN merupakan salah satu bagian dari teknologi AI (*Artificial Intelligence*) yang semakin banyak dipergunakan pada berbagai aplikasi. ANN diharapkan dapat menggantikan dan memperbaiki unjuk kerja dari kendali PI. Keluaran dan masukan kendali PI akan menjadi dataset pelatihan dari kendali ANN. Pelatihan kendali menggunakan ANN *backpropagation* dimana dilakukan 2 tahap perhitungan yaitu perhitungan maju yang dilakukan untuk menghitung *error* antara *output artificial neural network* dengan target yang diinginkan, dan yang berikutnya adalah perhitungan mundur yang menggunakan *error* yang telah didapatkan untuk memperbaiki bobot pada semua neuron yang ada [4]. Pada penelitian ini fungsi aktivasi yang digunakan yaitu fungsi aktivasi *tansig* dan *purelin*/linier. Untuk mendapatkan masukan dan keluaran pengendali PI digunakan blok *To workspace* yang ada di *Simulink* [5]. Ketika *Simulink* dijalankan maka input dan target akan terbaca di *workspace*, kemudian memasukkan data inputan dan target pada menu *select data* dan selanjutnya mengklik *next* dan *mentraining* ANN pada menu *train* dan akan dihasilkan proses *training*, setelah itu memilih *next* dan akan muncul *deploy solution* kemudian memilih *simulink diagram* dan akan muncul ANN yang sudah jadi. Baterai akan terhubung dengan *buck-boost converter* agar tegangan pengecasan baterai sesuai dengan *set point* ANN yaitu 14 V. Baterai yang digunakan pada penelitian ini yaitu baterai jenis *lead acid* 12 V 10 Ah, dengan *State of Charge* (SOC) baterai sebesar 80%. SOC baterai tidak boleh 100% dikarenakan dapat mempengaruhi *lifetime* baterai.

2. METODOLOGI

Pada penelitian ini dilakukan model simulasi *buck-boost converter* dengan pengendali *artificial neural network* untuk mengisi baterai pada sistem *photovoltaic* di *simulink matlab*. Sebelum membuat model keseluruhan terlebih dahulu membuat model dan menguji satu per satu komponen yang digunakan seperti *buck-boost converter* dengan kendali PI, kendali PI dengan *photovoltaic*, dan sistem keseluruhan.

2.1. Perancangan *buck-boost converter*

Model *buck-boost converter* dimodelkan menggunakan *matlab/ simulink*, parameter yang perlu dihitung dalam perancangan *buck-boost converter* yaitu nilai induktor (L) dan kapasitor (C). Model *buck-boost converter* dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Model *Buck-boost converter*

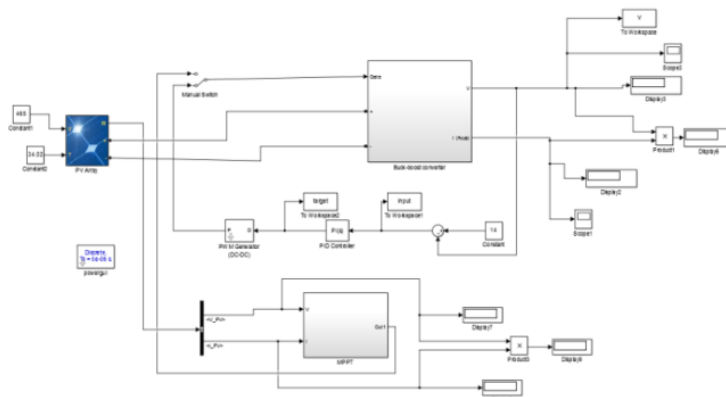
Untuk menghitung nilai L_{min} dan C maka diperlukan nilai V_{in} , R, D, V_o , ΔV_o . Parameter *buck-boost converter* seperti nilai L_{min} dan C dihitung dengan menggunakan persamaan 1 dan 2.

$$L_{min} = \frac{R(1-D)^2}{2f} \quad (1)$$

$$C = \frac{D}{\left(\frac{\Delta V_o}{V_o}\right) Rf} \quad (2)$$

2.2. Perancangan kendali pi dengan *photovoltaic*

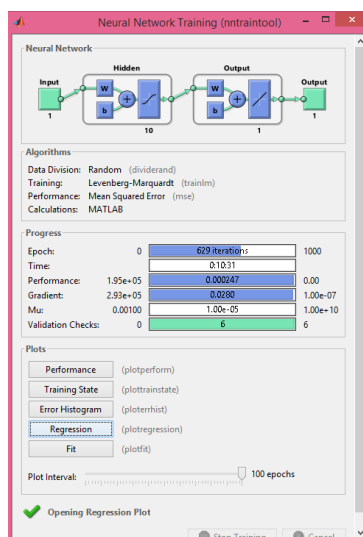
Pada perancangan ini *photovoltaic* untuk mendapatkan tegangan masukan dari *buck-boost converter* dan untuk mengendalikan tegangan keluaran *buck-boostconverter* digunakan kendali PI. Untuk menentukan parameter K_p dan K_i digunakan metode *trial and error*, sehingga diperoleh nilai $K_p = 9$ dan $K_i = 6$. Model sistem dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Rangkaian kendali PI dengan *photovoltaic*

2.3. Perancangan ANN

Masukan dan keluaran pengendali PI digunakan sebagai dataset ANN yang berfungsi untuk melatih ANN dengan metode *backpropagation* dengan menggunakan blok *To workspace* yang ada di *simulink*. Ketika *simulink* dijalankan maka input dan target akan terbaca di *workspace*, kemudian memasukkan data inputan dan target pada menu *select data* dan selanjutnya mengklik *next*. Selanjutnya *training* ANN pada menu *train* dan akan dihasilkan proses *training*, dengan *setpoint* dan *plant* yang sama maka ANN diharapkan mampu memiliki unjuk kerja yang sama dengan PI. Hasil Training ANN dapat dilihat pada Gambar 3.

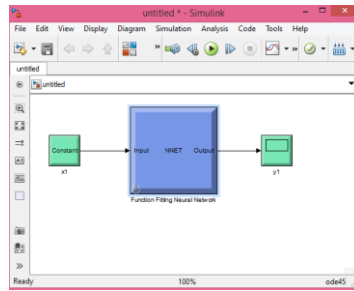


Gambar 3. Hasil Training *Artificial Neural Network*

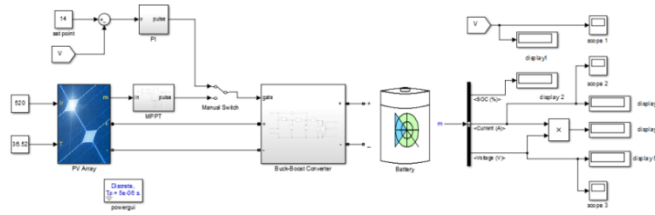
Setelah proses *training* kemudian memilih *next* dan akan muncul *deploy solution* dan memilih *simulink diagram* selanjutnya akan muncul ANN yang sudah jadi. ANN yang sudah jadi dapat dilihat pada Gambar 4.

2.4. Perancangan Pengisian baterai pada *system photovoltaic* menggunakan kendali PI dan ANN

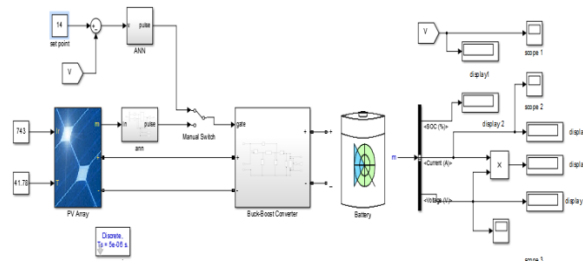
Pada perancangan ini kendali PI konvensional diganti dengan kendali ANN. Dataset ANN didapatkan dari masukan dan keluaran kendali PI menggunakan blok *To Workspace*. *Photovoltaic* digunakan untuk mendapatkan tegangan masukan dari *Buck-Boost Converter* dan tegangan keluarannya akan dikendalikan oleh kendali ANN. Rangkaianya dapat dilihat pada Gambar 5 dan Gambar 6.



Gambar 4. Model Simulink Artificial neural Network



Gambar 5. Pengisian baterai pada sistem photovoltaic menggunakan kendali PI



Gambar 6. Pengisian baterai pada sistem photovoltaic menggunakan kendali PI

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Spesifikasi Panel Surya

Jenis panel surya yang digunakan yaitu *Trinasolar 325PEG14*, data spesifikasi panel surya dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Spesifikasi Panel Surya [7]

| Parameter | Nilai |
|--------------------------------|--------------|
| Merek | Trinasolar |
| Kode | TSM-325PEG14 |
| Daya maksimum (Pmaks) | 325 W |
| Tegangan daya maksimum (Vmp) | 37.4 Volt |
| Arus daya maksimum (Imp) | 8.68 A |
| Tegangan saluran terbuka (Voc) | 45.6 V |
| Arus hubung singkat (Isc) | 9.27 A |
| Sekering seri maksimum | 15 A |
| Seleksi daya | 0-5 W |

Nilai listrik saat STC AM=1.5 radiasi matahari=1000 W/m² Temperatur=25°C

3.2. Parameter buck-boost converter.

Nilai keseluruhan parameter *buck-boost converter* dapat dilihat pada Tabel 2

Tabel 2. Parameter keseluruhan *buck-boost converter*.

| Parameter | Nilai |
|--|--------------|
| Tegangan masukan (V_{in}) | 24 V |
| <i>Duty Cycle (D)</i> | 0.5 |
| Resistor (R) | 100 Ω |
| <i>Frekuensi</i> | 5000 Hz |
| <i>Ripple tegangan (ΔV_o)</i> | 1% |
| Induktor minimal (L_{min}) | 0.0025 H |
| Kapasitor (C) | 0.001 F |

3.3. Spesifikasi Baterai

Baterai yang digunakan yaitu baterai jenis *lead acid*, adapun data spesifikasi baterai dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Spesifikasi Baterai [2]

| Parameter | Nilai |
|---|----------------------|
| Merek | PowerStar |
| Kode | PS12-10S |
| Tegangan nominal | 12 Volt |
| Kapasitas | 10 Ah |
| Waktu penggunaan | 20 HR (Jam) |
| Penggunaan Siklus (<i>Cycle use</i>) | 14.4 - 15.0 V (25°C) |
| Penggunaan sedia (<i>Standby use</i>) | 13.5 – 13.8 V (25°C) |

3.4. Pengisian Baterai pada system *photovoltaic* menggunakan kendali PI dan ANN.

Pada pengujian keseluruhan ini dilakukan sebanyak 2 kali pengujian yaitu yang pertama pengisian baterai pada sistem *photovoltaic* menggunakan kendali PI, selanjutnya pengisian baterai pada sistem *photovoltaic* menggunakan kendali ANN. Pada pengujian ini mendapatkan data pengisian baterai dan respon sistem yang sama. Untuk hasil keseluruhan tegangan baterai dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil pengisian baterai pada sistem *Photovoltaic* menggunakan pengendali PI dan ANN (*Irradiance* dan temperatur bervariasi).

| <i>Irradiance</i> (W/m ²) | Temperatur (°C) | V_{input} (V) | V_{out} (V) | I_{input} (A) | I_{output} (A) | P_{in} (W) | P_{out} (W) | Efisiensi (%) | Waktu pengisian (jam) |
|--|--------------------|--------------------|------------------|--------------------|---------------------|-----------------|------------------|---------------|-----------------------|
| 309 | 31.69 | 14.02 | 12.93 | 2.866 | 2.737 | 40.02 | 35.39 | 88.27 | 4.05 |
| 465 | 34.02 | 14.47 | 13.24 | 4.317 | 4.184 | 62.47 | 55.38 | 88.93 | 2.39 |
| 520 | 36.52 | 14.62 | 13.34 | 4.832 | 4.698 | 70.66 | 62.66 | 89.15 | 2.12 |
| 635 | 39.96 | 14.93 | 13.53 | 5.908 | 5.773 | 88.19 | 78.11 | 89.06 | 1.73 |
| 743 | 41.78 | 15.20 | 13.70 | 6.917 | 6.78 | 105.1 | 92.88 | 88.93 | 1.47 |
| 820 | 44.53 | 15.39 | 13.82 | 7.642 | 7.503 | 117.6 | 103.7 | 88.79 | 1.33 |
| 960 | 40.09 | 15.72 | 14.02 | 8.946 | 8.806 | 140.6 | 123.4 | 87.76 | 1.13 |

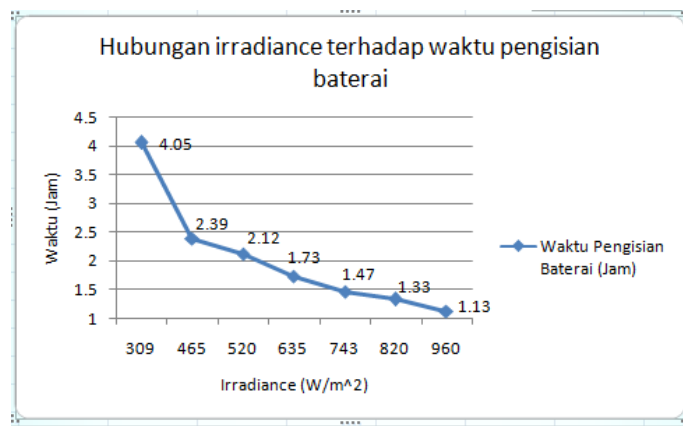
Dari Tabel 4 dapat diketahui bahwa tegangan input dari panel surya yang dihasilkan yaitu 14.02-15.72 V maka tegangan baterai saat pengisian yaitu 12.93, 13.24, 13.34, 13.53, 13.70, 13.82, dan 14.01 V, dengan

tegangan baterai rata-rata yaitu 13.51 V. Semakin besar nilai *irradiance* maka daya *input* dan daya *output* akan semakin besar. Daya rata-rata pada saat pengisian baterai adalah 78.78 W dengan tegangan baterai rata-rata 13.51 V dan arus rata-rata pengisian yaitu 5.80 A. Efisiensi daya rata-rata yang didapatkan yaitu 88.69 %. Untuk menghitung waktu pengisian baterai digunakan persamaan 3.

$$\begin{aligned} \text{Waktu (h)} &= \frac{\text{Kapasitas Baterai (Ah)}}{\text{Kuat Arus (A)}} \\ &= \frac{10 \text{ Ah}}{2.737 \text{ A}} \\ &= 3.65 \text{ jam} \\ &= 4 \text{ jam } 5 \text{ menit.} \end{aligned} \quad (3)$$

Pengisian baterai kapasitas 12 Volt 10 Ah dengan *photovoltaic* dengan *irradiance* 309 W/m² maka membutuhkan waktu selama 4 jam 5 menit untuk baterai penuh. Untuk mempercepat pengisian baterai arus yang digunakan harus besar akan tetapi dapat memperpendek umur baterai.

Hubungan *irradiance* terhadap lama waktu pengisian baterai dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Grafik hubungan *irradiance* terhadap waktu pengisian baterai.

Gambar 7 menunjukkan bahwa semakin besar *irradiance* yang diberikan maka waktu pengisian baterai akan semakin singkat, hal ini dikarenakan *irradiance* yang semakin besar akan mendapatkan nilai arus *output* yang semakin besar juga sehingga waktu untuk pengisian baterai akan semakin singkat sesuai persamaan 4.

Respon performansi sistem pengisian baterai menggunakan kendali PI dan ANN dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Respon performansi sistem pengisian baterai dengan *photovoltaic* menggunakan kendali PI dan ANN.

| <i>Irradiance</i> (W/m ²) | Temperatur (°C) | <i>V input</i> (V) | <i>V out</i> (V) | <i>Overshoot</i> (%) | <i>Settling time</i> (s) |
|---------------------------------------|-----------------|--------------------|------------------|----------------------|--------------------------|
| 309 | 31.69 | 14.02 | 12.93 | 4.99 | 7.01 |
| 465 | 34.02 | 14.47 | 13.24 | 2.59 | 7.16 |
| 520 | 36.52 | 14.62 | 13.34 | 1.83 | 7.13 |
| 635 | 39.96 | 14.93 | 13.53 | 0.39 | 7.00 |
| 743 | 41.78 | 15.20 | 13.70 | 0 | 6.81 |
| 820 | 44.53 | 15.39 | 13.82 | 0 | 6.65 |
| 960 | 40.09 | 15.72 | 14.01 | 0 | 6.34 |

Dari Tabel 5 dapat diketahui bahwa semakin tinggi *irradiance* dan *temperature* maka tegangan *input* dan *output* akan semakin besar juga, sehingga respon sistem yang didapatkan yaitu *overshoot* yang didapatkan semakin kecil, sedangkan nilai *settling time* juga akan semakin kecil karena overshoot mempengaruhi nilai *settling time*. Respon performansi sistem yang dihasilkan dengan kendali PI dan ANN sama yaitu nilai *overshoot* sebesar 4.99%, 2.59%, 1.83%, 0.39%, 0% dan nilai *settling time* sebesar 7.01 s, 7.16 s, 7.13 s, 7.00 s, 6.81 s, 6.65 s, 6.34 s. Unjuk kerja sistem yang relative sama disebabkan oleh proses training ANN yang tidak optimal karena keterbatasan data latih yang digunakan.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan pengamatan dapat disimpulkan bahwa *Buck-Boost Converter* mampu mengendalikan tegangan pegisian baterai berkisar antara nilai 12.93 V sampai 14.01 V untuk tegangan keluaran PV yang nilai diantara 14,02 V dan 15,72 V. Unjuk kerja dari respon sistem yang dihasilkan dengan kendali PI dan ANN sama yaitu nilai *overshoot* sebesar 4.99%, 2.59%, 1.83%, 0.39%, 0%. Nilai *settling time* sebesar 7.01 s, 7.16 s, 7.13 s, 7.00 s, 6.81 s, 6.65 s, 6.34 s. Sistem kendali dengan ANN memerlukan data training yang lebih banyak dengan tingkat variasi yang lebih kompleks untuk menghasilkan respon yang lebih baik dibandingkan dengan performansi sistem yang dikendalikan dengan kontrol PI.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hidayat, K., Hasani, C.M., Mardiah, M.A. (2021). *Strategi Pengisian Baterai pada Sistem Panel Surya Standalone Berbasis kontrol PI Multi-Lopp*. *Jurnal Teknik Elektro*, Vol. 13, No. 1. pp.25-29.
- [2] [Http://www.lazada.co.id](http://www.lazada.co.id), diakses pada 20 Agustus 2022.
- [3] Afif, M. F, (2018), *Rancang Bangun Kontrol PID Berbasis PSO Pada DC-DC Buck-Boost Converter Generator Turbin Angin*, Tugas Akhir Jurusan Teknik Fisika, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh November.
- [4] Dhivya, B.S, Khrisman.V. (2013). *Neural Network Controller For Boost Converter*. *ICCCPCT*, vol. 4. No.1. pp.1-8.
- [5] Jaya, H., Idris, M.M., Sabar. (2018). *Kecerdasan Buatan*, Fakultas MIPA Universitas Negeri Makassar, Makassar.
- [6] Julianto, J. Rajagukguk, A. (2020). *Rancang Bangun Buck-Boost Berbasis Arduino pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya 8x10 Wp*. *Jom FTEKNIK*, Vol.2. No.2. pp.1-9.
- [7] Vena Energi. 2022. "Web." 2022. <https://www.venaenergy.com>.

BIOGRAPHY OF AUTHORS



Sri Dewi Yuliana Atmajaya lahir di Lombok tengah, Nusa Tenggara Barat, Indonesia Tahun 2000. Sri Dewi mendapatkan gelar Sarjana Teknik di Jurusan Teknik Elektro Universitas Mataram pada Tahun 2023, dengan judul Tugas Akhir Pemodelan *Buck-Boost converter* dengan kendali *Artificial Neural Network*(ANN) untuk pengisian baterai pada *system photovoltaic*. Email: yanaatma@gmail.com



I Nyoman Wahyu Satiawan lahir di Singaraja Bali Indonesia, 1970, mendapatkan gelar Sarjana teknik di Universitas Udayana Bali pada tahun 1996, gelar Master of Science dan gelar Doktor di Liverpool John Moore University masing-masing Tahun 2001 dan Tahun 2021. Dr. Satiawan adalah Dosen di Jurusan Teknik Elektro sejak Tahun 1998. Bidang Penelitian yang ditekuni meliputi pengembangan converter daya dan kendali motor. Email: nwahyus@unram.ac.id



Supriono lahir di Medan, Sumatra Utara, Indonesia, pada tahun 1971. Dia memperoleh gelar Sarjana Teknik di Universitas Sumatra Utara, gelar Master Teknik di Universitas Gajah Mada. Supriono adalah Dosen di Jurusan Teknik Elektro sejak Tahun 2000. Bidang penelitian yang ditekuni meliputi bidang elektronika daya, pengendalian kecepatan motor, dan Koordinasi relai. Email : supriono@gmail.com



Ida Bagus Fery Citarsa adalah dosen di Jurusan Teknik Elektro, Universitas Mataram, sejak Tahun 1988. Citarsa mendapatkan gelar Sarjana Teknik di Jurusan Teknik Elektro, Institut Teknologi Nasional (ITN) Malang pada Tahun 1997 dan mendapatkan gelar Master Teknik di Universitas Gajah Mada pada Tahun 2001. Bidang penelitian yang ditekuni meliputi Bidang Konversi Daya untuk pengembangan Energi Terbarukan. Email: gusmanperi@yahoo.com