

PERANCANGAN *BUCK CONVERTER* BERBASIS *INTERFACE INTERNET OF THINGS* SISTEM *PHOTOVOLTAIC*

Meldo¹, Junaidi Akbar^{2*}, Amin Suyitno³

^{1,2,3} Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Buddhi Dharma

*Corresponding Author, email: junaedi.akbar@ubd.ac.id

ABSTRAK

DC-DC Converter adalah rangkaian elektronik yang mengubah sumber tegangan DC dari satu level ke level tegangan DC lainnya. Terdapat bagian regulator yang berfungsi untuk menurunkan tegangan sesuai dengan kebutuhan beban melalui pengaturan *duty cycle* yakni *buck converter*. Tujuan utamanya adalah untuk merancang sistem *dc-dc converter* yang mampu mencapai target efisiensi konversi daya minimal 85%, mempertahankan riak tegangan *output* di bawah 5%, serta memungkinkan pemantauan sistem secara *real-time*. Metode penelitian meliputi perancangan perangkat keras *Buck Converter* yang menggunakan komponen utama MOSFET IRFP260N dan dioda 60UP30DN dengan frekuensi *switching* 10 kHz yang dikendalikan sinyal PWM, didukung rangkaian filter CLC yang terdiri dari induktor 4,5 mH dan kapasitor 1000 μF dan 2200 μF . Pada sisi pemantauan, diterapkan sistem *IoT* berbasis mikrokontroler ESP32 yang terintegrasi dengan dua sensor PZEM017 melalui komunikasi RS485, serta pengembangan *dashboard* web untuk visualisasi data via protokol *WebSocket*. Hasil pengujian komprehensif menunjukkan bahwa sistem berhasil mencapai efisiensi konversi daya tertinggi sebesar 88,30% pada kondisi beban 30 Ω dengan *duty cycle* 90%, melampaui target yang ditetapkan. Riak tegangan *output* berhasil dipertahankan secara konsisten pada level 1000mV (*peak-to-peak*) yang setara dengan 2,82% dari tegangan *output*, sehingga memenuhi spesifikasi performa yang ditetapkan. Sistem *monitoring IoT* juga berhasil menampilkan data parameter kelistrikan secara *real-time* dengan akurasi pengukuran tegangan yang sangat baik. Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa *Buck Converter* dengan *interface* berbasis *IoT* yang dikembangkan telah terbukti efektif dalam meningkatkan kinerja sistem *Photovoltaic* melalui pencapaian efisiensi konversi yang tinggi, pengendalian riak tegangan yang optimal, serta penyediaan sistem pemantauan yang handal.

Kata kunci: *Buck Converter, Interface, IoT, Photovoltaic.*

I. PENDAHULUAN

Energi terbarukan terus dikembangkan untuk menggantikan energi dari fosil yang telah lama digunakan dan dikabarkan sudah hampir habis persediaannya (Maharani et al., 2024). Energi fosil sudah selayaknya digantikan dengan energi terbarukan untuk mendukung program energi yang lebih hijau dan ramah lingkungan seperti gelombang air laut, gerak angin, cahaya matahari dan panas bumi (Kurniawan et al., 2023).

Salah satu energi terbarukan yang dapat dikembangkan di Indonesia sebagai negara tropis adalah energi surya. Energi surya menjadi salah satu solusi penting dalam transisi menuju energi bersih. Selain mudah didapat energi surya juga lebih murah biaya pembangunannya dibandingkan energi terbarukan yang lain. Proses kerja Energi surya (*Photovoltaic*) mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik, Akan tetapi tegangan yang dihasilkan dari *photovoltaic* bersifat fluktuatif karena dipengaruhi oleh intensitas cahaya dan kondisi lingkungan (Nezhad et al., 2021).

DC-DC Converter adalah rangkaian elektronik yang mengubah sumber tegangan DC dari satu level tegangan DC ke level tegangan DC lainnya. *DC-DC Converter* juga banyak digunakan pada perangkat pendukung dalam pembangkitan energi terbarukan, seperti pengubah tegangan keluaran dari perangkat energi terbarukan seperti *photovoltaic* (PV) (Bindi et al., 2022). Dalam *DC-DC Converter* terdapat bagian yang berfungsi sebagai regulator yang menurunkan tegangan *output photovoltaic* yang efisien agar sesuai dengan kebutuhan beban melalui pengaturan *duty cycle* yakni *buck converter* (Indrasari et al., 2023). Namun implementasi pengubah tegangan ini masih memiliki keterbatasan seperti efisiensi dibawah 80% akibat perubahan tegangan yang fluktuatif (Akinsipe et al., 2021).

Integrasi berbasis *interface internet of things* diusulkan dalam penelitian ini. menggunakan *website* lokal untuk memantau *input* dan *output* dari tegangan, arus, daya dan penelitian ini juga dilengkapi dengan potensiometer untuk mengatur *duty cycle* agar mendapatkan efisiensi yang tinggi 85% sehingga membuat pemanfaatan energi terbarukan dapat dimanfaatkan secara maksimal.

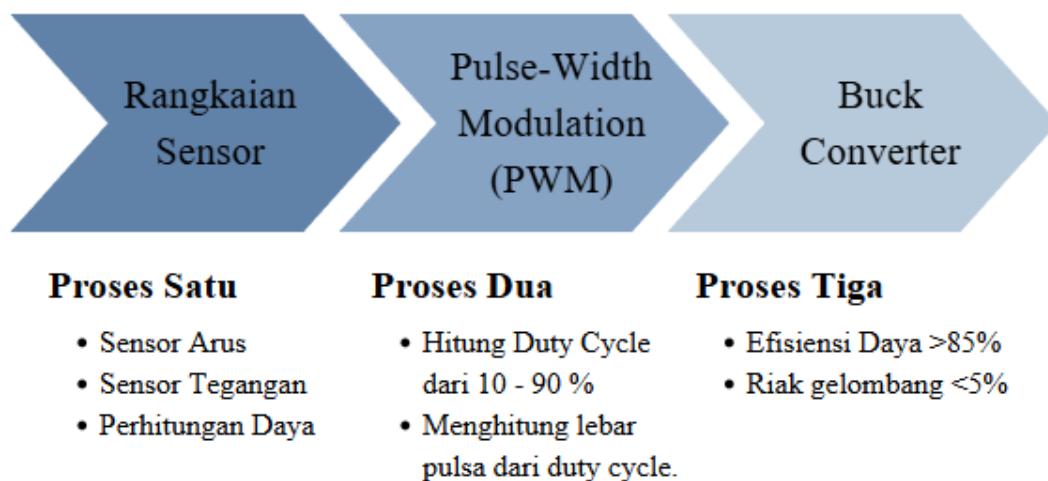
Berdasarkan latar belakang tersebut, tujuan dari penelitian ini adalah merancang sistem *buck converter* yang mampu menurunkan tegangan *output photovoltaic* dengan efisiensi konversi minimal 85% dan riak gelombang akibat operasi penyaklaran pada MOSFET di bawah 5% dan juga mengembangkan sistem *memonitoring* rangkaian berbasis IoT yang mencakup pengukuran *input* dan *output* tegangan, arus dan daya secara langsung. Manfaat dari penelitian ini antara lain adalah pemahaman mendalam mengenai prinsip *buck converter* hingga keefisiensinya dan menguasai implementasi menggunakan protokol *Internet of Things* untuk memantau secara langsung. Batasan dari penelitian ini terletak pada

penggunaan *buck converter* untuk menurunkan tegangan output *photovoltaic*, pemanfaatan sensor PZEM017 dan mikrokontroler serta integrasi dengan website lokal sebagai antarmuka pengguna. Pengujian dilakukan dalam konteks pengujian efisiensi penurunan tegangan dan riak gelombang berdasarkan PWM yang diatur dari potensiometer.

II. METODOLOGI

Pada penelitian ini akan dilakukan beberapa pengujian terhadap rangkaian yang dirancang seperti pengujian sensor, PWM dan rangkaian *buck converter* itu sendiri. Pengujian sensor ini dilakukan dengan melihat kesesuaian hasil bacaan dari sensor yang ditampilkan pada *dashboard* dengan hasil pengukuran alat ukur multimeter. Pengujian ini akan menghitung tegangan, arus dan daya dengan menggunakan dua buah voltmeter, dua buah amperemeter dan pengoperasian perkalian pada menghitung daya.

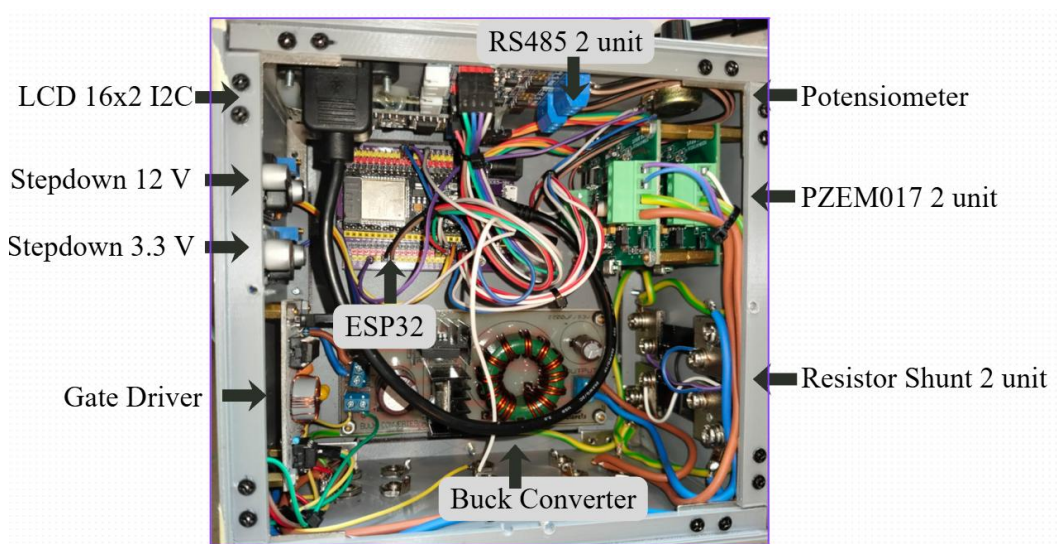
Tahapan selanjutnya adalah dengan menguji *Pulse-width modulation* (PWM) dimulai dari 10%; 20%; 30%; 40%; 50%; 60%; 70%; 80% hingga 90%. Kemudian akan diamati bentuk gelombang yang terjadi dari mikrokontroler yang dapat diamati pada osiloskop. PWM disini juga sangat berpengaruh pada *duty cycle* yang mana akan berfokus pada pengeluaran arus dari mikrokontroler dan dari jalur *gate driver*. Terakhir pengujian rangkaian *buck converter* dengan cara mengupayakan bahwa efisiensi di nilai 85% dan riak gelombang tegangan di nilai 5%.



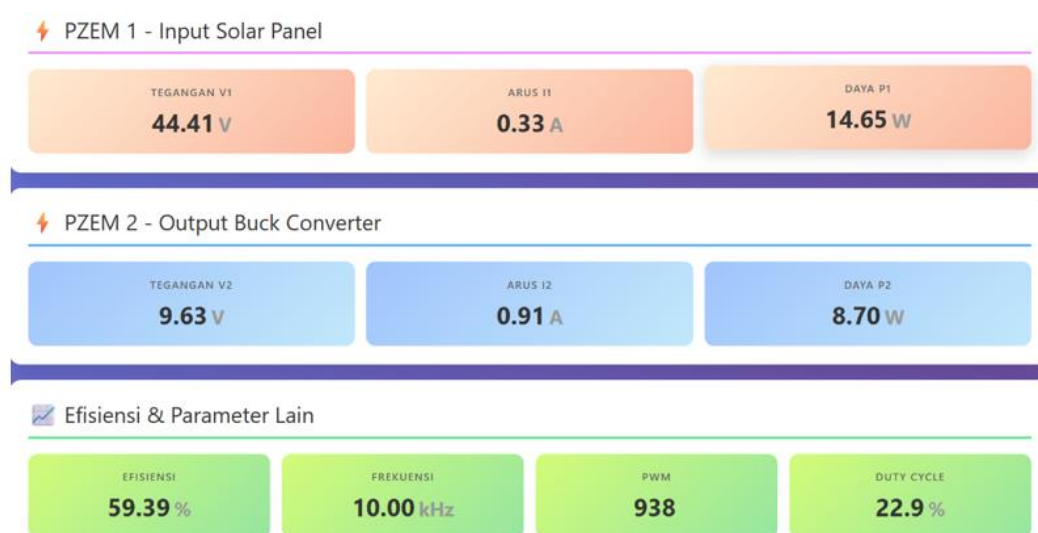
Gambar 1. Diagram Alur Penelitian

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada pembuatan perangkat keras dimulai dari penyusunan skematik rangkaian dan menghubungkan seluruh komponen baik esensial dan pembantu seperti *photovoltaic*, *buck converter*, sensor, mikrokontroler, LCD dan Beban resistif menjadi sebuah satu-kesatuan rangkaian *monitoring*. Hasil integrasi antara ESP32, Server dan Website ditampilkan sebagai hasil *monitoring* menggunakan internet yang sama dengan ESP32. Proses akan berlangsung dengan alur yang sesuai ditentukan sebelumnya yang mana dari hasil bacaan sensor akan dikirim ke ESP32 yang dapat dilihat di serial monitor dan data tersebut dikirim kembali ke *console webiste* agar dapat ditampilkan di *dashboard* IoT yang telah dibuat.

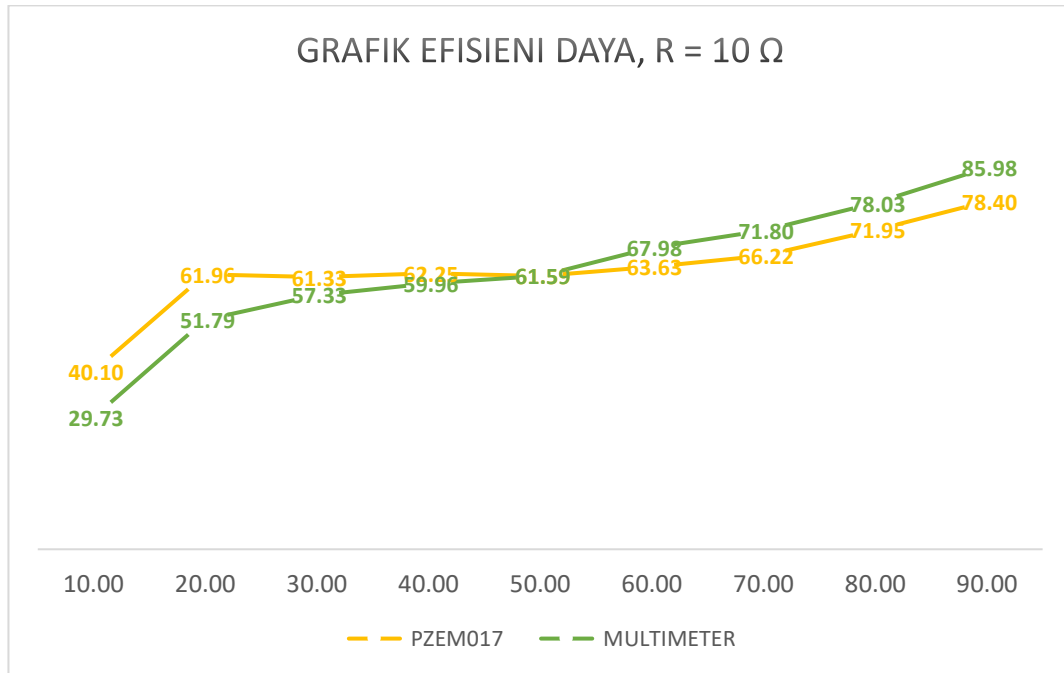


Gambar 2. Perangkat Keras *Buck Converter* (Tampak Atas)

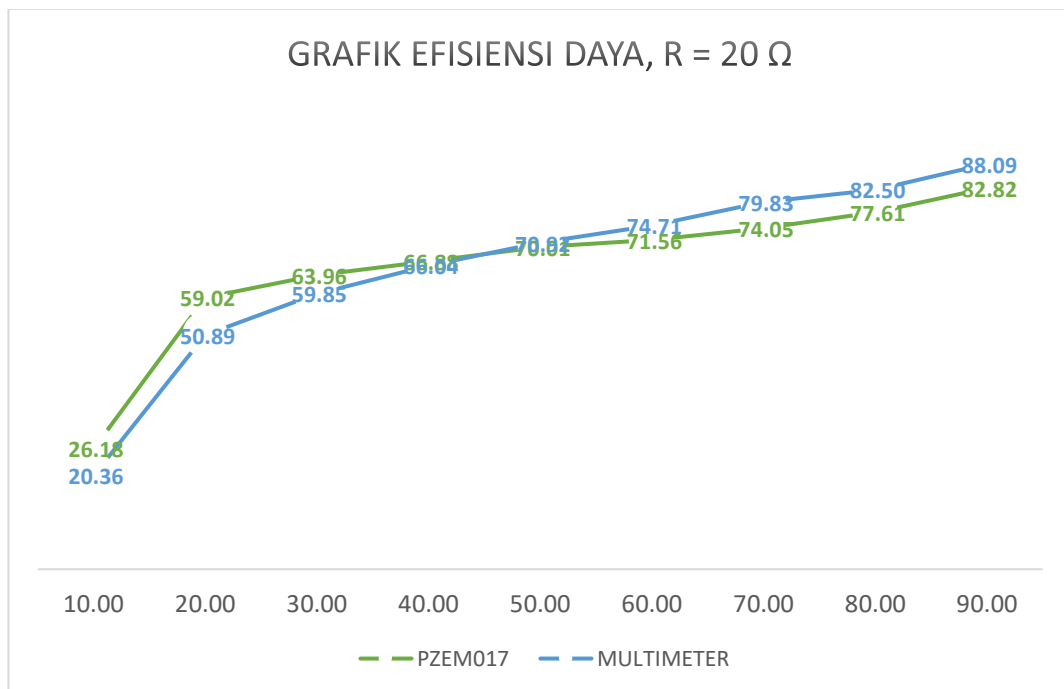


Gambar 3. Hasil Tampilan pada *Website Dashboard IoT*.

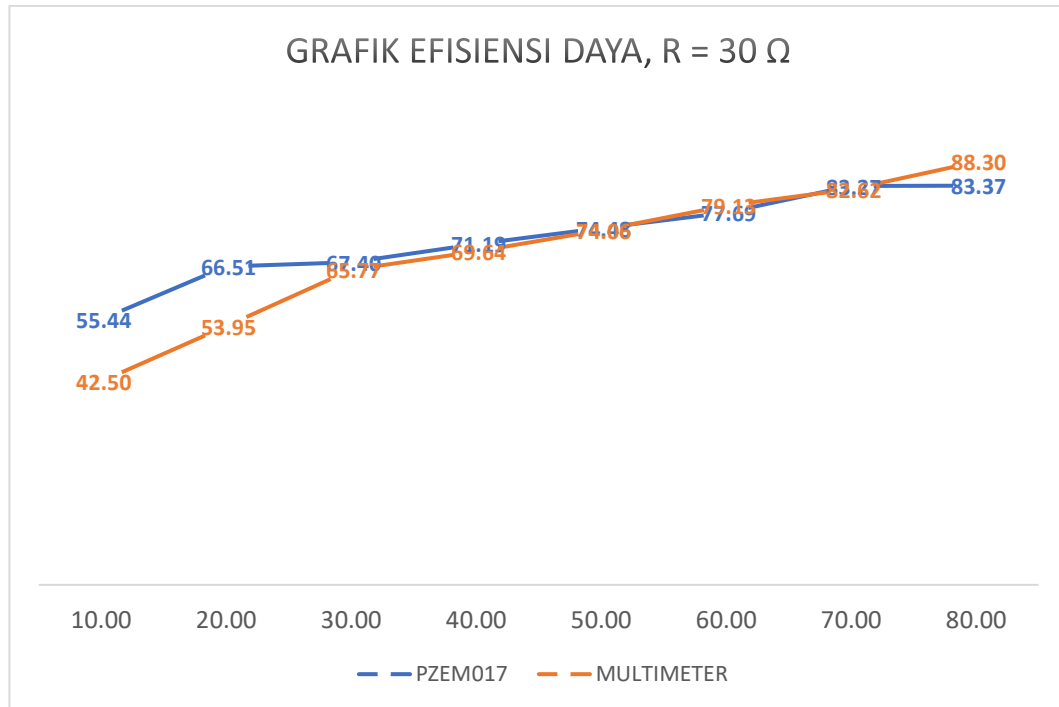
Berikut merupakan hasil perbandingan berbagai parameter yang diukur seperti tegangan, arus, daya dan efisiensi berdasarkan besarnya hambatan beban yang digunakan.



Gambar 4. Grafik Efisiensi Daya PZEM017 vs Multimeter 10 Ω



Gambar 5. Grafik Efisiensi Daya PZEM017 vs Multimeter 20 Ω



Gambar 6. Grafik Efisiensi Daya PZEM017 vs Multimeter 30 Ω

Tren peningkatan efisiensi Berdasarkan data pengukuran V_{in} , I_{in} , V_{out} , dan I_{out} yang telah dihitung serta divisualisasikan ke dalam grafik, terlihat bahwa efisiensi pada seluruh beban cenderung rendah pada *duty cycle* kecil, khususnya pada rentang PWM 10–30%, di mana efisiensi masih berada pada kisaran 15–40%. Kondisi ini terjadi karena pada siklus kerja rendah, MOSFET hanya menghantarkan dalam waktu singkat sehingga energi yang ditransfer ke beban masih terbatas, sementara rugi *switching* dan rugi konduksi tetap dominan. Ketika PWM dinaikkan ke rentang menengah, yaitu 40–70%, efisiensi mulai meningkat secara lebih stabil hingga berada pada kisaran 60–75%, menunjukkan bahwa transfer daya telah berlangsung lebih efektif seiring menurunnya rugi *switching*. Perbaikan performa yang paling terlihat terjadi pada PWM tinggi, khususnya pada 80% dan 90%, di mana efisiensi mencapai nilai tertinggi untuk ketiga jenis beban. Pada PWM 90%, efisiensi keluaran yang diukur menggunakan multimeter berkisar antara 85–88%, dengan beban 30 Ω menunjukkan nilai tertinggi yaitu sekitar 88.30%, sedangkan beban 10 Ω menunjukkan nilai yang lebih rendah karena arus yang lebih besar menyebabkan rugi daya yang lebih signifikan pada MOSFET, induktor, dan dioda.

IV. SIMPULAN

Sistem *buck converter* yang dirancang berhasil menurunkan tegangan *output photovoltaic* mencapai efisiensi konversi daya tertinggi sebesar 88.30% pada beban 30Ω dan *duty cycle* 90%, memenuhi target minimal 85%. Riak tegangan *output* berhasil dipertahankan konsisten pada 1000 mV *peak-to-peak* (sekitar 2.85%) meskipun riak *input* mencapai 3000-4000 mV, membuktikan kemampuan sistem dalam menjaga dan melindungi beban dari kerusakan akibat tegangan berlebih.

Sistem *monitoring* berbasis *IoT* menggunakan ESP32, dua sensor PZEM017, modul RS485, dan *dashboard website* lokal telah terintegrasi dengan baik dan berhasil memantau parameter kelistrikan secara *real-time* meliputi tegangan (V_{in} , V_{out}), arus (I_{in} , I_{out}), daya (P_{in} , P_{out}), *duty cycle*, dan efisiensi.

DAFTAR PUSTAKA

- Akinsipe, O. C., Moya, D., & Kaparaju, P. (2021). Design and economic analysis of off-grid solar PV system in Jos-Nigeria. *Journal of Cleaner Production*, 287, 125055. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125055>
- Bindi, M., Corti, F., Aizenberg, I., Grasso, F., Lozito, G. M., Luchetta, A., Piccirilli, M. C., & Reatti, A. (2022). Machine Learning-Based Monitoring of DC-DC Converters in Photovoltaic Applications. *Algorithms*, 15(3). <https://doi.org/10.3390/a15030074>
- Hercog, D., Lerher, T., Truntič, M., & Težak, O. (2023). Design and Implementation of ESP32-Based IoT Devices. *Sensors*, 23(15). <https://doi.org/10.3390/s23156739>
- Huda, A. (2025). ANALISA PENGARUH FREKUENSI DAN DUTY CYCLE TERHADAP RIPPLE TEGANGAN PADA BUCK-BOOST CONVERTER. *II(1)*, 16–19.
- Ilham, R. (2021). *Desain Rancang Bangun Buck Converter Menggunakan Beban Motor Pompa Air DC 8 Watt*. <http://repository.ub.ac.id/id/eprint/185140/>
- Indrasari, W., Rama, G., Setiadi, R. N., Hasanah, L., & Sahari, S. K. (2023). Development of Dc-Dc Buck Converter for Solar Panel Energy Storage Through Load Optimization and Feedback Circuit. *Spektra: Jurnal Fisika dan Aplikasinya*, 8(3), 143–152. <https://doi.org/10.21009/spektra.083.02>

- Kurniawan, G. W., Agung, I. G. A. P. R., & Rahardjo, P. (2023). Rancang Bangun Sistem Pemantauan Panel Surya Berbasis Internet of Things. *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, 22(1), 133. <https://doi.org/10.24843/mite.2023.v22i01.p17>
- Maharani, W. A., Murtono, A., & Patma, T. S. (2024). *Optimasi Daya Generator Tidal Wave Turbine , Wind Turbine , dan Photovoltaic di Pantai Selatan*. 11(9), 512–520.
- Margayu, P., Nugroho, A., & Facta, M. (2016). CATU DAYA ARUS SEARAH TERKONTROL JENIS BUCK CONVERTER UNTUK PEMISAH MAGNETIK DALAM KONVEYOR. *Transient*, 5(3), 301–306.
- Marques Lameirinhas, R. A., Torres, J. P. N., & de Melo Cunha, J. P. (2022). A Photovoltaic Technology Review: History, Fundamentals and Applications. *Energies*, 15(5), 1–44. <https://doi.org/10.3390/en15051823>
- Nezhad, M. M., Neshat, M., Groppi, D., Marzioletti, P., Heydari, A., Sylaios, G., & Garcia, D. A. (2021). A primary offshore wind farm site assessment using reanalysis data: a case study for Samothraki island. *Renewable Energy*, 172(x), 667–679. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2021.03.045>
- Parlindungan Pandapotan Marpaung. (2023). Efisiensi Daya Sel Surya Menggunakan Konverter DC-DC Mensuplai Beban Listrik. *INSOLOGI: Jurnal Sains dan Teknologi*, 2(5), 896–906. <https://doi.org/10.55123/insologi.v2i5.2664>
- Setiawan, E., Facta, M., & Nugroho, A. (2015). Penggunaan Konverter Jenis Buck Dengan Pemutus Tegangan Otomatis Untuk Pengisi Akumulator. *Jurusan Teknik Elektro, Universitas Diponegoro Semarang*, 4(1), 1–7.
- Sukmasae, J. W., & Akbar, S. R. (2022). *Simulasi Buck Converter Pada Perancangan Alat Pengisian Daya Baterai LiPO*. 1(1), 1–9.
- Widyatama, A. P., Suwito, & Meiyanti, O. (2017). Rancang Bangun Proses Produksi Gas Hidrogen (H₂) Melalui Elektrolisis Air Menggunakan Buck Converter Berbasis Mikrokontroler Arduino. *Institut Teknologi Sepuluh Nopember*. https://repository.its.ac.id/47524/1/2214039008-Non_Degree.pdf