



**IMPLEMENTASI *SYNCHRONOUS BUCK CONVERTER*
DENGAN METODE KONTROL PID PADA SEKRETARIAT
HIMPUNAN MAHASISWA JGU**

SKRIPSI

Skripsi diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar sarjana



Disusun oleh:

SENDI UMBU DANGA ELU

200111301023

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK DAN KOMPUTER
UNIVERSITAS GLOBAL JAKARTA**

2024

PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam Naskah Skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya. Tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah Skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia Skripsi dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Depok, 15 Agustus 2024

Mahasiswa,



Sendi Umbu Danga Elu

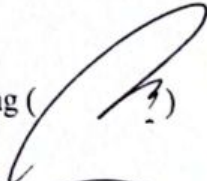
NIM. 200111301023

HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Sendi Umbu Danga Elu
NIM : 200111301023
Program Studi : Teknik Elektro
Judul Skripsi : Implementasi *Synchronous Buck Converter*
Dengan Metode Kontrol PID Pada Sekretariat
Himpunan Mahasiswa JGU

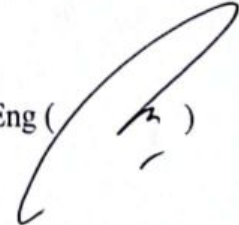
Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Dan Ilmu Komputer, Universitas Global Jakarta.

DEWAN PEMBIMBING

Pembimbing 1 : Brainvendra Widi Dionova, S.ST., M.Sc.Eng ()

Pembimbing 2 : Devan Junesco, S.S.T., M.Sc.Eng ()

Mengetahui,

Ketua Program Studi : Brainvendra Widi Dionova, S.ST., M.Sc.Eng ()

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 15 Agustus 2024

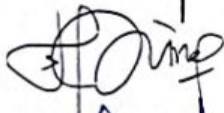
HALAMAN PENGESAHAN DEWAN PENGUJI

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Sendi Umbu Danga Elu
NIM : 200111301023
Program Studi : Teknik Elektro
Judul Skripsi : Implementasi *Synchronous Buck Converter*
Dengan Metode Kontrol PID Pada Sekretariat
Himpunan Mahasiswa JGU

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Global Jakarta.

DEWAN PENGUJI

Penguji 1 : Arisa Olivia Putri, S.ST., M.IT ()

Penguji 2 : Sinka Wilyanti, ST., MT ()

Penguji 3 : Arie Jaenul, S.Pd., M.Sc.Eng ()

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 15 Agustus 2024

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan atas kehadiran Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan berkat, kasih karunia, dan hikmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul :

**“Implementasi *Synchronous Buck Converter* Dengan Metode Kontrol PID
Pada Sekretariat Himpunan Mahasiswa JGU”**

Penyelesaian skripsi ini dilakukan Dengan Maksud untuk memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik (ST) pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Global Jakarta. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

- (1) Brainvendra Widi D, S.ST., M.Sc.Eng, selaku Dosen Pembimbing Utama sekaligus Ketua Program Studi Teknik Elektro atas bimbingan, arahan, masukan, dan semangat. Motivasi yang diberikan dalam membimbing peneliti serta segala kemudahan birokrasi selama ini. Terima kasih yang sebesar-besarnya atas segala bantuan yang Bapak berikan, yang selalu menyemangati dan menginspirasi. Sungguh suatu kehormatan dan rasa bangga, peneliti berkesempatan menjadi mahasiswa bimbingan bapak;
- (2) Devan Junesco, S.S.T., M.Sc.Eng, selaku dosen pembimbing Pendamping atas segala bimbingan, arahan, masukan, motivasi, dan semangat yang selalu di berikan kepada peneliti. Terima kasih atas segala pembelajaran dan motivasi yang diberikan saat perkuliahan maupun selama bimbingan yang menjadi penyemangat dalam menyelesaikan skripsi ini. Rasa hormat dan bangga berkesempatan menjadi mahasiswa bimbingan bapak;
- (3) Bapak dan Ibu seluruh dosen Fakultas Teknik Dan Ilmu Komunikasi, Universitas Global Jakarta. Terutama Bapak dan Ibu Dosen Prodi Teknik Elektro yang telah memberikan ilmu dan pengetahuan, mendidik, dan membimbing peneliti selama perkuliahan. Semoga Bapak dan Ibu selalu dilimpahkan kesehatan, kemudahan dan dalam lindungan-Nya;

- (4) Ayahanda Umbu Henok dan Ibunda Rambu Kaleka, kedua orang tua dan keluarga saya yang telah banyak memberikan bantuan baik dukungan moral dan material;
- (5) Team Implementasi PLTS pada Sekretariat Himpunan Mahasiswa JGU yaitu Nirmalasari Hutagalung, Rifqi Haidar Ramdhani, Muhammad Zidan Regi Pemanan yang telah banyak memberi masukan, semangat, motivasi serta membantu menyelesaikan skripsi ini;
- (6) Sahabat dan teman, Della, Januar, Delta yang telah banyak memberikan semangat dan masukan untuk selalu tegar dalam menghadapi tantangan mengerjakan skripsi, serta bantuannya sehingga skripsi ini dapat selesai;
- (7) Teman-Teman Teknik Elektro terutama Teknik Elektro Angkatan 2020 yang telah memberikan semangat dan bantuan dalam menyelesaikan skripsi ini;
- (8) Peneliti persembahkan skripsi ini spesial untuk orang yang selalu bertanya “kapan kamu Wisuda?” dan “kapan selesai Skripsimu?”. Wisuda hanyalah bentuk seremonial akhir setelah melewati beberapa proses, terlambat lulus atau tidak lulus tepat waktu bukanlah suatu kejahatan dan bukanlah sebuah aib. Alangkah kerdilnya jika kecerdasan seseorang diukur dari siapa yang paling cepat wisuda. Bukankah sebaik-baiknya skripsi adalah skripsi yang selesai, entah itu tepat waktu maupun tidak.
- (9) Akhir kata, saya berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan;

Depok, 15 Agustus 2024

Penulis



Sendi Umbu Danga Elu

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika Universitas Global Jakarta, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Sendi Umbu Danga Elu
NPM : 200111301023
Program Studi : Teknik Elektro
Jenis Karya Ilmiah : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Global Jakarta **Hak Bebas Royalti Non-eksklusif** (*None-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

IMPLEMENTASI SYNCHRONOUS BUCK CONVERTER DENGAN METODE KONTROL PID PADA SEKRETARIAT HIMPUNAN MAHASISWA JGU

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti/Non-eksklusif ini Universitas Global Jakarta berhak menyimpan, mengalih-media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Depok, 15 Agustus 2024

Yang menyatakan



Sendi Umbu Danga Elu
200111301023

ABSTRAK

Konsumsi energi listrik secara global semakin meningkat dan sebaliknya sumberdaya yang digunakan untuk pembangkit listrik sudah semakin kurang memadai dengan alasan utamanya ialah pemanasan global serta efek rumah kaca, dengan masalah tersebut muncullah penggunaan sumberdaya energi baru terbarukan (EBT). Dengan Berkembangnya energi baru terbarukan (EBT) yaitu Pembangkit listrik tenaga Surya (PLTS) mendorong sebagai penelitian ini dimana penggunaan energi matahari semakin meningkat untuk digunakan dalam sebuah perusahaan dan juga rumah tangga. Tujuan penelitian ini ialah mendesain dan merancang *synchronous buck converter* menggunakan MPPT dengan metode kontrol PID yang diaplikasikan pada solar panel 2 buah dengan kapasitas 150 WP yang dirangkai secara seri, penelitian ini dilakukan untuk meningkatkan daya keluaran dari solar panel. Implementasi fisik dilakukan dengan merancang dan menguji *synchronous buck converter* di laboratorium JGU. Pengujian dilakukan di gedung sekretariat himpunan mahasiswa JGU untuk melihat bagaimana kinerja sistem dengan kondisi operasional nyata. Hasil Pengujian menunjukkan bahwa sistem yang diusulkan berhasil meningkatkan daya output keluaran efisiensi sebesar 89,78% sedangkan menggunakan metode kontrol PID efisiensi dari daya keluaran *synchronous buck converter* lebih meningkat yaitu dengan efisiensi 98,74%. Dengan demikian implementasi *synchronous buck converter* yang dikontrol oleh PID dapat menjadi solusi dan efektif didistribusikan daya listrik pada gedung sekretariat himpunan mahasiswa JGU dengan kebutuhan daya yang dinamis. kedepannya dapat dilakukan dengan jenisnya converter yang berbeda sebagai pengembang penelitian dan peningkatan daya keluaran.

Kata kunci: EBT, PLTS, Converter, *synchronous Buck Converter*, kontrol PID

ABSTRACT

Global consumption of electrical energy is increasing and on the other hand the resources used for power generation are increasingly inadequate with the main reason being global warming and the greenhouse effect, with this problem comes the use of new renewable energy resources (EBT). With the development of new renewable energy (EBT), namely solar power plants (PLTS) encourages this research where the use of solar energy is increasing for use in a company and also households. The purpose of this research is to design and design a synchronous buck converter using MPPT with PID kontrol method applied to solar panels with a capacity of 150 WP assembled in series, this research is conducted to increase the output power of solar panels. Physical implementation is done by designing and testing synchronous buck converters in the JGU laboratory. Testing is carried out in the JGU student association secretariat building to see how the system performs with real operational conditions. The test results showed that the proposed system succeeded in increasing the output power output efficiency by 89.78% while using the PID kontrol method the efficiency of the synchronous buck converter output power was increased by 98.74% efficiency. Thus the implementation of synchronous buck converters controlled by PID can be a solution and effectively distribute electrical power in the secretariat building of the JGU student association with dynamic power requirements. In the future it can be done with a different type of converter as a research developer and a more maximum increase in output power.

Keyword : *Solar Power Plant, New Renewable Energy, Converter, synchronous Buck Converter, PID kontrol.*

DAFTAR ISI

PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING	iii
HALAMAN PENGESAHAN DEWAN PENGUJI	iv
KATA PENGANTAR.....	v
<i>MOTTO</i>	vii
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI AKADEMIS.....	viii
ABSTRAK	ix
ABSTRACT	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR SINGKATAN.....	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Masalah.....	3
BAB II KAJIAN PUSTAKA	4
2.1 Energi Baru Terbarukan	4
2.2 Solar Panel (Solar Cell).....	4
2.3 <i>Synchronous Buck Converter</i>	7
2.4 Sensor Tegangan	11
2.5 Sensor Arus ACS712.....	12
2.6 Mikrokontroler Arduino Nano.....	12
2.7 <i>Pulse Width Modulation (PWM)</i>	13
2.8 <i>Liquid Crystal Display (LCD)</i>	14

2.9	Kontrol PID (<i>Proportional Integral Derivative Kontroller</i>)	15
2.10	Baterai lifepo4	17
2.11	Penelitian Sebelumnya	19
BAB III METODE PENELITIAN		24
3.1	Diagram Alir Penelitian.....	24
3.2	Lokasi dan Objek penelitian.....	25
3.3	Studi Literatur.....	25
3.4	Blok Diagram Sistem	25
3.4.1	Blok Diagram Sistem Keseluruhan.....	25
3.4.2	Blok Diagram Sistem <i>Synchronous Buck Converter</i>	26
3.4.3	<i>Flowchart System</i> Kontrol PID	27
3.5	Perancangan. dan Pembuatan Alat	28
3.5.1	Perancangan Parameter <i>Charging</i> Baterai	28
3.5.2	Perancangan Kebutuhan Panel Surya.....	30
3.5.3	Perancangan Sensor Arus ACS712.....	31
3.5.4	Perancangan Sensor Tegangan.....	31
3.5.5	Perancangan <i>Synchronous Buck Converter</i>	32
3.5.6	Perancangan Kontrol PID	36
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		39
4.1	Metode Pengujian.....	39
4.2	Desain Dan Perancangan Alat	39
4.2.1	Simulasi Perancangan <i>Synchronous Buck Converter</i>	40
4.2.2	Desain Dan Rancangan Schematic dan 3D <i>SBuck</i>	41
4.2.3	Hasil Rancangan <i>Synchronous Buck Converter</i>	41
4.3	Pengujian Alat Kerja	42
4.3.1	Pengujian karakteristik Panel Surya.....	43

4.3.2	Pengujian Sensor Arus Dan Tegangan.....	45
4.3.3	Pengujian <i>Synchronous buck converter</i>	48
4.3.4	Pengujian SBuck dengan System Kontrol PID.....	50
4.3.5	Hubungan Antara Non Kontrol PID Dan Kontrol PID.....	58
4.3.6	Pengujian Baterai Lifopa4.....	59
BAB V PENUTUP		63
5.1	Kesimpulann.....	63
5.2	Saran	63
DAFTAR PUSTAKA		xvii
LAMPIRAN.....		xix

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring berjalannya waktu, konsumsi energi listrik semakin meningkat secara bertahap dan sebaliknya sumber daya yang digunakan untuk pembangkit listrik menjadi tidak memadai. Terlepas dari alasan sumber daya yang tidak memadai, metode yang digunakan untuk pembangkit listrik dengan bahan bakar fosil yang tidak ramah lingkungan dan alasan utamanya ialah pemanasan global dan efek rumah kaca. Jadi, inilah saatnya untuk memulai penggunaan sumber daya energi baru terbarukan (EBT) dalam skala yang sangat besar. Tiga sumber daya energi baru terbarukan utama yang tersedia adalah Energi matahari, Energi Air dan Energi Angin. PLTA (Pembangkit Listrik Tenaga Air) dan PLTB (Pembangkit Listrik Tenaga Bayu/Angin) tentu saja merupakan dua sumber utama energi terbarukan, namun kelemahan utama dari Energi Air adalah tergantung pada musim dan Energi Angin tergantung pada lokasi geografis. Di sisi lain, Energi Matahari tersedia di seluruh dunia dan sepanjang waktu. Jumlah penyinaran dan suhu dapat bervariasi dari satu tempat ke tempat lain dan dari waktu ke waktu, namun di bawah kondisi tertentu, sistem PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya) dapat diimplementasikan.

Berkembangnya penggunaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) sebagai sumber listrik mandiri di rumah tangga mendorong berbagai penelitian. Salah satu studi, berjudul "*Design and Implementation of a Digital PID Kontroller for DC-DC Buck Converter*" (Djamel Ounnas, Rabeh Dhaouadi, et al., 2019). Mengeksplorasi kontrol PID pada *buck converter*. Sementara itu, penelitian lain, "Desain dan Implementasi *Buck Converter* Pada Sistem *Power Supply* Untuk Mesin Cuci Dengan Menggunakan Panel Surya" (Musahiroh et al., 2023), fokus pada pemanfaatan tenaga surya dengan metode fuzzy pada *buck converter* untuk menjaga stabilitas tegangan saat menjalankan mesin cuci. Sejumlah penelitian telah mengindikasikan bahwa metode Kontrol PID (*Proportional Integral Derivative Kontroller*) menunjukkan kinerja yang lebih optimal dan respons cepat dibandingkan dengan metode *Maximum Power Point Tracking* (MPPT). Sebagai

contoh, penelitian "Perancangan Sistem Kendali Kecepatan Putaran Mesin Bensin Menggunakan PID"(Hidayat et al., 2023) menggunakan kontrol PID untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas kecepatan putaran mesin bensin, dengan harapan mengurangi konsumsi bahan bakar yang signifikan.

Dengan landasan dari penelitian sebelumnya, penulis berencana mengeksplorasi dan mengimplementasikan proyek berjudul "Implementasi *Synchronous buck converter* Dengan Metode Kontrol PID Pada Kampus JGU" Proyek ini akan melibatkan pemanfaatan dua panel surya dengan kapasitas masing-masing 150 WP yang dirangkai secara seri. Solar panel ini akan terhubung dengan *synchronous buck converter*, yang bertugas sebagai penurun tegangan keluaran. Pengendalian pada *converter* tersebut akan menggunakan PID (*Proportional Integral Derivative Kontroller*) untuk memastikan tegangan keluaran tetap konsisten sesuai setpoint yang telah ditetapkan. Metode kontrol PID diterapkan pada *synchronous buck converter* untuk meningkatkan daya keluaran, memungkinkan operasional pada arus rendah maupun tinggi. Proyek ini bertujuan untuk menjadikan solar panel sebagai sumber energi listrik mandiri di gedung Sekretariat Himpunan Mahasiswa *Jakarta Global University*, menghadirkan solusi berkelanjutan dalam pemenuhan kebutuhan listrik di lingkungan kampus.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah untuk penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana desain dan perancangan *synchronous Buck Converter* menggunakan metode kontrol PID?
2. Bagaimana meningkatkan daya output dari *synchronous buck converter* setelah diimplementasikan dengan metode kontrol PID?
3. Bagaimana pengaruh intensitas cahaya dan suhu pada *synchronous buck converter* menggunakan metode kontrol PID?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari Penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Untuk mendesain dan merancang *synchronous buck converter* dengan metode kontrol PID.
2. Untuk meningkatkan daya output *Synchronous buck converter* dengan metode kontrol PID.
3. Untuk mengetahui pengaruh iradiasi dan suhu terhadap daya yang dihasilkan pada *synchronous buck converter*.

1.4 Manfaat Penelitian

Dengan adanya tujuan dari pembuatan alat tersebut, maka manfaat yang diperoleh alat bantu produksi ini yaitu:

1. Dengan menggunakan metode kontrol PID, *Synchronous buck converter* dapat mencapai performa yang lebih baik dalam mengisi baterai, seperti daya yang dihasilkan lebih besar.
2. Mengurangi pemakaian daya dari PLN (Perusahaan Listrik Negara)
3. Dapat membantu meningkatkan penggunaan Energi Baru Terbarukan (EBT), yang merupakan sumber daya ramah lingkungan.

1.5 Batasan Masalah

Dalam hal ini penulis membatasi masalah yang akan dibahas sebagai berikut:

1. Tidak membahas penyaluran energi listrik dari baterai ke beban penerangan dan charging
2. Tidak membahas ketinggian panel surya dan posisi dari panel surya terhadap matahari.
3. Tidak membahas kualitas daya keluaran daya dari *synchronous buck converter*.

DAFTAR PUSTAKA

- Arianto, N., Hasan Basri, M., & Tijaniyah. (2020). DESIGNING MAXIMUM POWER POINT TRACKING (MPPT) KONTROL ON PROTOTYPE TRAFFIC LIGHT SYSTEM USING PID KONTROL. *Scientific Journal of Mechanical Engineering Kinematika*, 5(2), 109–118. <https://doi.org/10.20527/sjmekinematika.v5i2.170>
- Djamel Ounnas, D. G. Y. S., Rabeh Dhaouadi, & Rabeh Dhaouadi. (2019). *Design and Implementation of a Digital PID Kontroller for DC–DC Buck Converter*.
- Djamel Ounnas, Daouadi Guiza, Youcef Soufi, Rabeh Dhaouadi, & Abdelmalek Bouden. (2019). *Design and Implementation of a Digital PID Kontroller for DC–DC Buck Converter*.
- Hasan ERAYDIN, & A. Faruk BAKAN. (2021). Efficiency Comparison of Asynchronous and Synchronous Buck Converter. 978-1-7281-7546-1/20/\$31.00 ©2020 IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICPERE.2021.6287236>
- Hidayat, A. Y., Kerlooza, Y. Y., & Nizar, T. N. (2023). Perancangan Sistem Kendali Kecepatan Putaran Mesin Bensin Menggunakan PID. *Telekontran : Jurnal Ilmiah Telekomunikasi, Kendali Dan Elektronika Terapan*, 11(1), 1–11. <https://doi.org/10.34010/telekontran.v11i1.8161>
- Jawoto Sih Setyono, F. H. M. M. F. K. A. (2019). POTENSI PENGEMBANGAN ENERGI BARU DAN ENERGI TERBARUKAN DI KOTA SEMARANG. In *Jurnal Riptek* (Vol. 13, Issue 2). <http://ripteck.semarangkota.go.id>
- Ketut, N., & Rifaldi, S. (2022). *Analisis Potensi Energi Listrik Yang Dihasilkan Dari Rancang Bangun Prototipe Alat Pembangkit Listrik Menggunakan Piezoelektrik Memanfaatkan Energi Kinetik Dari Kaset Kaki Dengan Metode Energy Harvesting* (Ni Ketut H.D, Septia Rifaldi: Halaman 29-40) *Analisis Potensi Energi Listrik yang Dihasilkan dari Rancang Bangun Prototipe Alat Pembangkit Listrik Menggunakan Piezoelektrik Memanfaatkan Energi Kinetik dari Kaset Kaki dengan Metode Energy Harvesting*.

- Kusmantoro, A., & Margono, M. (2020). Peningkatan Kinerja MPPT Menggunakan Kontrol PWM Fuzzy dengan Tuning PID. *Jurnal Rekayasa Elektrika*, 16(2). <https://doi.org/10.17529/jre.v16i2.16220>
- Martínez, F., Montiel, H., & Martínez, F. (2023). Fuzzy kontrol of synchronous buck converters utilizing fuzzy inference system for renewable energy applications. *International Journal of Electrical and Computer Engineering*, 13(5), 5076–5090. <https://doi.org/10.11591/ijece.v13i5.pp5076-5090>
- Musahiroh, F., Rifadil, M., Yanaratri, D. S., Elektronika, P., & Surabaya, N. (2023). *Desain dan Implementasi Buck Converter Pada Sistem Power Supply Untuk Mesin Cuci Dengan Menggunakan Panel Surya* (Vol. 11, Issue 1).
- Narwat, L. K., & Dhillon, J. (2021). Design and Operation of Fuzzy Logic Based MPPT Kontroller under Uncertain Condition. *Journal of Physics: Conference Series*, 1854(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1854/1/012035>
- Natsir, M., Bayu Rendra, D., & Derby Yudha Anggara, A. (2019). *IMPLEMENTASI IOT UNTUK SISTEM KENDALI AC OTOMATIS PADA RUANG KELAS DI UNIVERSITAS SERANG RAYA*. 6(1). <https://www.arduino.cc/en/Products/Counterfeit>
- Nugraha Triokta Putra, A. S. R. D. H. T. N. (2019). *Rancang Bangun Sistem Buck DC-DC Converter Sebagai Sistem Transmisi Energi pada K-POWERS Berbasis PWM Mikrokontroler Arduino Nano328P*.
- Nuril Achadiyah, A., & Suseno Aji Sari, M. (2019). *PERANCANGAN SOLAR TRACKER PHOTOVOLTAIC CELLS DENGAN METODE FUZZY LOGIC* (Vol. 2, Issue 2).
- Setiawan, D., & Syahrial. (2021). PERANCANGAN BUCK CONVERTER 24VDC-12VDC DENGAN KAPASITAS 500W BERBASIS TL494. In *Prosiding Seminar Nasional Energi*.
- Subagyo, L. A., & Suprianto, B. (2017). *Sistem Monitoring Arus Tidak Seimbang 3 Fasa Berbasis Arduino SISTEM MONITORING ARUS TIDAK SEIMBANG*

3 FASA BERBASIS ARDUINO UNO. www.epanorama.net/stc-013-20-CT,2017

- Taif, M., Yunus, M., Abbas, H., & Jamil, M. (2019). *Penggunaan Sensor ACS712 dan Sensor Tegangan untuk Pengukuran Jatuh Tegangan Tiga Fasa Berbasis Mikrokontroler dan Modul GSM shield* (Vol. 06, Issue 1). www.TheEngineeringProjects.com
- Talib Hashim. (2018). Synchronous Buck Converter with Perturb and Observe Maximum Power Point Tracking Implemented on a Low-Cost Arduino-microkontroller. In *Journal of Engineering* (Vol. 24).
- Yousefieh, M., Shamanian, M., & Saatchi, A. (2018). Optimization of the pulsed current gas tungsten arc welding (PCGTAW) parameters for corrosion resistance of super duplex stainless steel (UNS S32760) welds using the Taguchi method. *Journal of Alloys and Compounds*, 509(3), 782–788. <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2010.09.087>
- Yustikasari, A. I., Sunarno, E., & Mahadi Putra, P. A. (2021). Desain dan Simulasi Buck Konverter Dengan Kontrol Logika Fuzzy untuk Pengisian Baterai. *Jurnal Ecotipe (Electronic, Kontrol, Telecommunication, Information, and Power Engineering)*, 8(2), 59–64. <https://doi.org/10.33019/jurnalecotipe.v8i2.2389>
- Zachari, Z., Purwanto, E., Dwitya Nugraha, S., Teknik Elektro Industri, J., Teknik Elektro, D., Elektronika Negeri Surabaya, P., Raya ITS, J., & Sukolilo, K. (2022). RANCANG BANGUN BATTERY CHARGER CC-CV DENGAN FORWARD CONVERTER. *Jurnal POLEKTRO: Jurnal Power Elektronik*, 11(1).