

**RANCANG BANGUN *BUCK CONVERTER* SEBAGAI *CHARGING*
BATERAI PADA SISTEM PLTS**

TUGAS AKHIR

*Diajukan Sebagai Salah Satu Persyaratan Untuk Menyelesaikan Tugas Akhir
Pada Departemen Teknik Elektro Program Diploma IV
Di Universitas Negeri Padang*



EKO AVIN WIBOWO

18130083 / 2018

PROGRAM STUDI DIV TEKNIK ELEKTRO INDUSTRI

DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS NEGERI PADANG

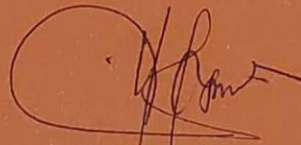
2022

HALAMAN PERSUTUJUAN TUGAS AKHIR

Judul : Rancang Bangun *Buck Converter* Sebagai *Charging* Baterai Pada Sistem PLTS
Nama : Eko Avin Wibowo
NIM/BP : 18130083/2018
Program Studi : Teknik Elektro Industri
Departemen : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik

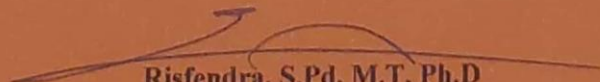
Padang, 14 November 2022

Disetujui oleh,
Dosen Pembimbing



Asnil, S.Pd, M.Eng
NIP.19811007 200604 1 001

Mengetahui,
Ketua Departemen Teknik Elektro



Risfendra, S.Pd, M.T, Ph.D
NIP.19790213 200501 1 003

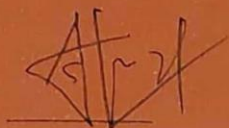


HALAMAN PENGESAHAN TUGAS AKHIR

**Dinyatakan Lulus Setelah Mempertahankan Tugas Akhir di Depan Tim
Penguji
Program Studi Teknik Elektro Industri Departemen Teknik Elektro
Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang**

Judul : Rancang Bangun *Buck Converter* Sebagai *Charging* Baterai Pada
Sistem PLTS
Nama : Eko Avin Wibowo
NIM/BP : 18130083/2018
Program Studi : Teknik Elektro Industri
Departemen : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik

Padang, 14 November 2022

Tim Penguji:

	Nama	TandaTangan
1. Ketua	: Ir. Irma Husnaini, S.T, M.T	
2. Anggota	: Asnil, S.Pd, M.Eng	
3. Anggota	: Citra Dewi, S.Pd, M.Eng	



SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Eko Avin Wibowo
NIM/TM : 18130083/2018
Program Studi : Teknik Elektro Industri
Departemen : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik

Dengan ini menyatakan, bahwa Skripsi/Tugas Akhir/Proyek Akhir* saya dengan judul **Rancang Bangun Buck Converter Sebagai Charging Baterai Pada Sistem PLTS.**

Adalah benar merupakan hasil karya saya dan bukan merupakan plagiat dari karya orang lain. Apabila suatu saat terbukti saya melakukan plagiat maka saya bersedia diproses dan menerima sanksi akademis maupun hukum sesuai dengan hukum dan ketentuan yang berlaku, baik di institusi UNP maupun di masyarakat dan negara.

Demikianlah pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran dan rasa tanggung jawab sebagai anggota masyarakat ilmiah.

Diketahui oleh,
Ketua Jurusan


Risfendra, S.Pd., MT., Ph.D.

NIP. 197902132005011003

Saya yang menyatakan,



Eko Avin Wibowo

NIM: 18130083

ABSTRAK

**EKO AVIN WIBOWO : Rancang Bangun *Buck Converter* Sebagai
(18130083/2018) *Charging Baterai Pada Sistem PLTS***

Dosen Pembimbing : Asnil, S.Pd, M.Eng

Tugas akhir ini membahas mengenai *buck converter* untuk pengisian baterai dengan metode pengisian tegangan konstan. Tegangan konstan yang dibutuhkan adalah 14.5 volt. *Buck converter* digunakan untuk menurunkan tegangan dan sistem kontrol *Proportional Integral Derivative (PID)* untuk mengendalikan kestabilan tegangan keluaran *buck converter* dengan nilai respon *overshoot*, *rise time* dan *settling time* yang mendekati 0. Penentuan parameter *PID* dilakukan dengan metode Ziegler Nichols 2 yaitu osilasi. Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan, tegangan keluaran *buck converter* stabil pada nilai 14.5 volt dengan respon optimal *rise time* = 0.01s, *settling time* = 0.02s dan *overshoot* = 0 volt dengan nilai $K_p = 1.95$, $K_i = 3.9$ dan $K_d = 0.000243$, dimana proses *charging* dilakukan pada baterai 12V/1.2 Ah dengan kondisi tegangan baterai 11.5 volt dan berhenti pada tegangan 13 volt dengan waktu pengisian selama 20 menit.

Kata Kunci: *Buck Converter, PID, Baterai*

Abstract

This final project discusses the buck converter for charging batteries with constant voltage charging method. The constant voltage required is 14.5 volts. The buck converter is used to lower the voltage and the Proportional Integral Derivative (PID) control system is used to control the stability of the output voltage of the buck converter with the response values of overshoot, rise time and settling time that are close to 0. Determination of PID parameters is carried out using the Ziegler Nichols 2 method, namely oscillation. Based on the results of the tests carried out, the output voltage of the buck converter is stable at a value of 14.5 volts with an optimal response of rise time = 0.01s, settling time = 0.02s and overshoot = 0 volts with a value of $K_p = 1.95$, $K_i = 3.9$ and $K_d = 0.000243$, where the process charging is done on a 12V/1.2 Ah battery with a battery voltage of 11.5 volts and stops at 13 volts with a charging time of 20 minutes.

Keywords : *Buck Converter, PID, Battery*

KATA PENGANTAR



Alhamdulillah, segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan judul “**Rancang Bangun *Buck Converter* Sebagai *Charging* Baterai Pada Sistem PLTS**”. Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi syarat untuk menyelesaikan Program Studi Diploma IV, Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Asnil selaku pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan bantuan kepada penulis sampai Tugas Akhir ini selesai. Penyelesaian Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis juga mengucapkan terima kasih kepada :

1. Kedua Orang Tua dan keluarga yang terus mendukung, memberikan motivasi, semangat baik berupa do'a, moril maupun materil sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Dr. Fahmi Rizal, M.Pd, MT. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
3. Bapak Risfendra, S.Pd, M.T, Ph.D. selaku Ketua Departemen Teknik Elektro dan Ketua Prodi D4 Teknik Eletro Universitas Negeri Padang
4. Bapak Habibullah, S.Pd, M.T selaku Sekretaris Departemen Teknik Elektro.
5. Bapak Asnil, S.Pd, M.Eng selaku Dosen Pembimbing dalam Proyek Akhir ini.

6. Ibu Ir. Irma Husnaini, S.T, M.T selaku pengarah dan penguji satu dalam Proyek Akhir ini.
7. Ibu Citra Dewi, S.Pd, M.Eng selaku pengarah dan penguji dua dalam Tugas Akhir ini.
8. Bapak Dr. Ahyanuardi, M.T selaku pembimbing akademik.
9. Bapak/Ibu staf pengajar Departemen Teknik Elektro, Universitas Negeri Padang yang telah memberikan ilmu pengetahuan selama studi.
10. Berbagai pihak yang tidak dapat disebutkan namanya satu-persatu yang ikut berpartisipasi memberikan bantuan dan dorongan baik moril maupun materil dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
11. Terakhir, saya persembahkan untuk diri saya sendiri: *me, myself and the future me. Thank you for your hard work. You should be proud reading this. You achieve your dream. Make another.*

Penulis menyadari bahwa di dalam penyusunan Tugas Akhir ini masih banyak terdapat kelemahan dan kekurangan. Penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun demi kesempurnaan penulisan Tugas Akhir ini. Semoga Tugas Akhir ini bermanfaat bagi kita semua. Aamiin.

Padang, 14 November 2022
Penulis

EKO AVIN WIBOWO

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	HALAMAN
HALAMAN PERSETUJUAN TUGAS AKHIR	
HALAMAN PENGESAHAN TUGAS AKHIR	
PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT	
ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR.....	ii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR TABEL.....	ix
 BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Identifikasi Masalah	3
C. Batasan Masalah	4
D. Rumusan Masalah	4
E. Tujuan	5
F. Manfaat	5

BAB II LANDASAN TEORI

A. <i>Solar Cell</i> / Sel Surya	6
B. <i>Charging</i> Baterai	7
C. <i>Buck Converter</i>	10
D. Mikrokontroler Arduino Uno	17
E. Metode PWM (<i>Pulse Width Modulation</i>)	18
F. Sistem Kontrol.....	19
G. Kendali <i>PID</i> (<i>Proportional Integral Derivative</i>)	20
H. Metode Tuning <i>PID</i>	24
I. <i>Visual Basic Studio</i>	27
J. Komponen Pendukung Sistem	28
1. Sensor Tegangan.....	28
2. Sensor Arus.....	29
3. Modul Relay 1 Channel	30
K. Dasar Teknik Pemograman	30

BAB III PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

A. Blok Diagram	34
B. Perancangan Alat	36
1. Perancangan Rangkaian Elektronik	36
a. Rangkaian <i>Gate Driver</i>	36
b. Rangkaian <i>Buck Converter</i>	37
c. Sensor Tegangan	42

d. Sensor Arus	43
e. Rangkaian Relay.....	44
C. Perancangan <i>Visual Basic</i>	44
D. Perancangan Kendali <i>PID</i>	46
E. Diagram Alir	47

BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISA

A. Tujuan Pengujian Alat	50
B. Spesifikasi Alat	51
C. Instrumen Pengujian	51
D. Pengujian dan Analisa Hasil Uji Coba Alat	52
1. Pengujian <i>Power Supply</i> 12 V	52
2. Pengujian Arduino Uno.....	54
3. Pengujian <i>PWM</i> Arduino dan <i>Driver</i> Mosfet.....	55
4. Pengujian <i>Buck Converter</i>	57
5. Pengujian Tuning <i>PID</i>	60
6. Proses Pengisian Baterai	67

BAB V PENUTUP

A. Kesimpulan	70
B. Saran.....	71

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Karakteristik Arus-Tegangan <i>solar cell</i>	7
Gambar 2. Baterai pada kondisi <i>charge</i>	7
Gambar 3. Baterai pada kondisi <i>discharge</i>	9
Gambar 4. Grafik pengisian baterai tegangan konstan	10
Gambar 5. Rangkaian <i>Buck Converter</i>	11
Gambar 6. Rangkaian <i>buck converter switch on</i>	12
Gambar 7. Rangkaian <i>back converter switch off</i>	13
Gambar 8. <i>Buck Converter Mode Continous</i>	14
Gambar 9. <i>Buck Converter Mode Discontinous</i>	15
Gambar 10. Papan Arduino Uno.....	17
Gambar 11. <i>Duty cycle</i> dan Resolusi	18
Gambar 12. Sistem kontrol lup terbuka (<i>open loop</i>).....	19
Gambar 13. Sistem kontrol lup tertutup (<i>close loop</i>).....	20
Gambar 14. Block diagram pengendali <i>PID</i>	21
Gambar 15. Blok diagram <i>close loop</i> metode Ziegler Nichols 2	21
Gambar 16. Osilasi Stabil untuk Mencari Nilai Pcr/Pu	28
Gambar 17. Rangkaian pembagi tegangan.....	28
Gambar 18. Modul sensor arus ACS712.....	29
Gambar 19. 1-Channel 5V Relay Module	29
Gambar 20. Blok Diagram Rangkaian Keseluruhan.....	34
Gambar 21. Rangkaian Gate Drive	36

Gambar 22. Rangkaian Simulasi <i>Buck Converter</i>	37
Gambar 23. Rangkaian Sensor Tegangan	43
Gambar 24. Rangkaian sensor ACS712.....	43
Gambar 25. Rangkaian Relay	44
Gambar 26. Perancangan <i>GUI</i> pada <i>Visual Basic</i>	45
Gambar 27. Diagram alir sistem <i>Buck Converter</i> menggunakan PID	46
Gambar 28. Diagram alir program <i>Buck Converter</i> menggunakan PID.....	47
Gambar 29 Pengujian <i>Power Supply</i> Keluaran 12 VDC	52
Gambar 30. Pengujian Gelombang Catu Daya	53
Gambar 31. Rangkaian <i>Gate Driver</i>	55
Gambar 32. Tampilan <i>Osciloskop</i> gelombang <i>PWM</i> Arduino.....	56
Gambar 33. Tampilan <i>Osciloskop</i> gelombang <i>output gate drive</i>	56
Gambar 34. Rangkaian <i>Buck Converter</i>	57
Gambar 35. Grafik Tegangan <i>Buck Converter</i> Tanpa Pengendali.....	58
Gambar 36. Grafik Respon pada nilai $K_p = 1$	61
Gambar 37. Grafik Respon pada nilai $K_p = 4$	61
Gambar 38. Grafik respon pada nilai $K_p=6$	62
Gambar 39. Grafik respon <i>buck converter</i> metode ZN2.....	65
Gambar 40. Grafik respon metode ZN2 pada perubahan tegangan	66
Gambar 41. Grafik respon pengisian baterai pada <i>GUI Visual Basic</i>	69

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Spesifikasi Arduino Uno.....	17
Tabel 2. Penalaan PID Metode <i>Nichols Ziegler 2</i>	26
Tabel 3. Karakteristik Pengontrol <i>P, I</i> dan <i>D</i>	27
Tabel 4. Simbol <i>Flowchart</i>	31
Tabel 5. Hasil Pengujian Rangkaian Catu Daya 12V	53
Tabel 6. Pengukuran Parameter ATmega328 Arduino uno.....	54
Tabel 7. Spesifikasi Perancangan <i>Buck Converter</i>	57
Tabel 8. Hasil Pengujian proses Pengisian pada Baterai 12 V – 1.2 Ah.....	67

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Penggunaan listrik di Indonesia selalu meningkat setiap tahunnya, semakin bertambahnya kebutuhan listrik di Indonesia maka penggunaan bahan bakar fosil akan semakin meningkat khususnya bahan bakar minyak. Untuk mengurangi penggunaan dan menghemat energi fosil, maka dibutuhkan energi alternatif yang dapat memenuhi kebutuhan energi listrik yang ramah lingkungan dan konvensional.

Energi yang bersifat terbarukan mempunyai peran yang sangat penting dalam memenuhi kebutuhan energi mengingat sumber tersebut sangat melimpah. Salah satunya upaya yang telah dikembangkan adalah Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) (Yuliananda et al., 2015),

Untuk mendukung kerja sistem pembangkit, sebelum energi surya digunakan, energi yang dihasilkan perlu ditampung pada baterai (Anindhita et al., 2018). Salah satu metode pengisian baterai yang umum digunakan adalah metode pengisian tegangan konstan yang kemudian di singkat menjadi CV atau *Constant Voltage*, pada metode ini, tegangan pengisian di jaga agar tetap konstan selama proses pengisian baterai

Permasalahan yang timbul adalah bagaimana menggunakan metode pengisian tegangan konstan dengan sumber tegangan tidak menentu dan menyebabkan tegangan keluaran yang tidak stabil dapat ditampung pada baterai tanpa terjadinya kerusakan pada baterai.

Dari permasalahan ini maka perlu dirancang suatu konverter dengan *set point* tegangan keluaran yang dapat diatur sebesar tegangan konstan yang dibutuhkan baterai sehingga dapat digunakan untuk menyelesaikan masalah tersebut.

Penelitian ini telah dilakukan sebelumnya oleh Hafelzan Enang Edovidata (2020) dengan judul penelitian “Perancangan Sistem Pengisian Accumulator Mobil Listrik Dengan Sumber Listrik Solar Cell Berbasis Arduino” dan Elsi Martha (2018) dengan judul penelitian “Sistem Pengisian Baterai Menggunakan *Buck Converter*” dimana penelitian sebelumnya masih memiliki beberapa kekurangan karena tidak adanya metode kontrol yang menyebabkan terjadinya respon *overshoot* pada tegangan keluaran dengan respon waktu *rise time* dan *settling time* tidak mendekati 0, tidak adanya pemutus arus dan tegangan pada saat baterai terisi penuh yang menyebabkan kerusakan pada baterai dan tidak adanya *monitoring* tegangan, arus dan daya pada sistem yang dirancang. Penelitian serupa juga telah dilakukan oleh Elbys Arlanosa Maretha Adhy (2022) dengan judul penelitian “Rancang Bangun *Charging Controller* Turbin Angin Sumbu Horizontal Menggunakan *Buck Converter*” pada penelitian tersebut didapatkan kekurangan yang sama seperti penelitian sebelumnya serta

terjadi eror sistem ketika tegangan *input* diatas 24V sistem akan *restart* sendiri dan terjadi berulang-ulang hingga tegangan input dibawah 24 V.

Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini mengambil judul “Rancang Bangun *Buck Converter* Sebagai *Charging* Baterai Pada Sistem PLTS” sebagai upaya pengembangan dari penelitian sebelumnya. Penelitian ini akan merancang sebuah sistem *charging* dengan sumber tegangan 15-30 VDC dan menggunakan baterai berkapasitas 12V-1.2Ah sebagai penyimpanan energi.

Tegangan *input* yang bervariasi akan diturunkan menggunakan *buck converter* hingga mendapatkan tegangan keluaran yang stabil pada 14.5V dengan metode kontrol *Proportional Integral Derivative (PID)* sebagai pengendali *PWM* pada *buck converter* yang diharapkan mendapat respon tegangan keluaran dengan nilai *overshoot*, waktu *rise time* dan *settling time* yang mendekati 0. Saat baterai sudah dalam kondisi penuh dengan nilai arus mendekati 0, sensor arus akan mengirim umpan balik pada arduino untuk mengaktifkan relay dalam kondisi *normally open* atau terputus, sehingga arus dan tegangan pengisian dalam kondisi tidak terhubung pada baterai dan proses *charging* baterai telah selesai. Proses *charging* akan kembali dimulai ketika tegangan pada baterai dibawah 12V, sensor tegangan pada baterai akan mengirim umpan balik pada arduino untuk menonaktifkan relay, sehingga relay dalam kondisi *normally close* atau terhubung pada baterai.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijabarkan diatas, dapat diidentifikasi beberapa permasalahan yaitu :

1. *Buck converter* digunakan sebagai penurun tegangan masukan.
2. Diperlukan sistem kendali pada *buck converter* untuk menghasilkan respon keluaran yang sesuai dengan *setpoint* yang diatur dengan respon *overshoot* serta *settling time* dan *rise time* mendekati 0.
3. Pemilihan konstanta *PID* sangat mempengaruhi respon keluaran *buck converter*.

C. Batasan Masalah

Berdasarkan uraian masalah tersebut, dan mengingat luasnya permasalahan yang akan dibahas pada penelitian, maka pembahasan pada penelitian akan dibatasi pada hal – hal berikut :

1. Perancangan *buck converter* menggunakan kendali *PID* berbasis mikrokontroler Arduino Uno R3 sebagai *switching* dengan penelitian dititik beratkan pada tegangan keluaran *buck converter*.
2. Penalaan *PID* dilakukan dengan metode Ziegler-Nichols 2
3. Tegangan keluaran *buck converter* diatur 14.5V.

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian dari identifikasi masalah dan batasan masalah dapat dirumuskan masalah yang akan dibahas yaitu bagaimana merancang *buck*

converter dengan respon keluaran yang stabil sesuai setpoint dengan respon tegangan keluaran *overshoot.settling time* dan *rise time* yang mendekati 0.

E. Tujuan

Berdasarkan latar belakang pada permasalahan yang telah diuraikan, maka dapat dirumuskan tujuan dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Merancang bangun *Buck Converter* untuk *charging* baterai.
2. Melakukan penalaan *PID* untuk mendapatkan konstanta *PID* yang tepat.
3. Menerapkan sistem kontrol *PID* pada keluaran *buck converter* sehingga diperoleh respon tegangan keluaran tanpa adanya *overshoot*, waktu *rise time* dan *settling time* mendekati 0s.

F. Manfaat

Adapun manfaat yang ingin diperoleh dari pembuatan tugas akhir ini adalah:

1. Dapat mengimplementasikan metode *PID* pada *buck converter* dan menjadi referensi dalam melakukan penalaan *PID* untuk mendapatkan respon tegangan keluaran yang lebih baik.
2. Dapat digunakan sebagai literatur perancangan dan pengembangan sebuah energi terbarukan dalam skala kecil yang berkaitan dengan *buck converter*.
3. Dapat digunakan sebagai alternatif energi bagi masyarakat pada umumnya dan Universitas Negeri Padang pada khususnya sebagai penyedia energi listrik memanfaatkan energi terbarukan.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisa pada rangkaian *buck converter* sebagai *charging* baterai, maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Metode penalaan *PID* dengan metode osilasi Ziegler Nichols sangat membantu serta mempercepat dalam menentukan konstanta *PID* dan dapat mempertahankan tegangan keluaran *buck converter* sesuai dengan nilai *setpoint* terhadap perubahan tegangan masukan.
2. Sebelum menggunakan kendali *PID* tegangan keluaran *buck converter* tidak dapat dikendalikan. Setelah digunakan kendali *PID* didapatkan tegangan keluaran yang stabil dan dapat dikendalikan pada 14.5V dengan respon tegangan keluaran yang lebih baik dengan tidak adanya respon *overshoot* tegangan, waktu naik (*rise time*) selama 0.01s dan waktu menuju keadaan mantap (*settling time*) selama 0.03s.
3. Pada pengujian sistem *buck converter* sebagai *charging* baterai, proses *charging* dilakukan pada baterai (*accumulator*) berkapasitas 12 Volt –1Ah, waktu percobaan pengisian baterai selama 20 menit dengan tegangan awal baterai pada 11.58 Volt dan berhenti otomatis saat baterai dalam kondisi terisi penuh yang ditandai dengan arus pengisian mendekati nilai 0.

B. Saran

Pada pembuatan Tugas Akhir ini, penulis sangat menyadari banyaknya kekurangan yang ditemukan, maka diperlukan saran-saran sebagai berikut:

1. Masih banyaknya metode lain yang bertujuan untuk memaksimalkan tegangan keluaran, seperti: *Maximum Power Point Tracking* (MPPT), *Fuzzy Logic Control*, *ICM (Incremental Conductance)*, dan lain-lain.

DAFTAR PUSTAKA

- Anindhita, F., Pengkajian, B., Teknologi, P., Sugiyono, A., Muhammad, L. O., & Wahid, A. (2018). *Outlook Energi Indonesia 2018: Energi Berkelanjutan untuk Transportasi Darat Perencanaan energi nasional dan daerah View project Energy System Optimization View project* (Issue September). www.bppt.go.id
- Anugrah, R. F. (2020). Kontrol Kecepatan Motor Brushless DC Menggunakan Six Step Comutation Dengan Kontrol PID (Propotional Integral Derivative). *Jurnal Teknik Elektro Dan Komputer TRIAC*, 7(2), 57–63. <https://doi.org/10.21107/triac.v7i2.7923>
- Artiyasa, M., Nita Rostini, A., Edwinanto, & Anggy Pradifta Junfithrana. (2021). Aplikasi Smart Home Node Mcu Iot Untuk Blynk. *Jurnal Rekayasa Teknologi Nusa Putra*, 7(1), 1–7. <https://doi.org/10.52005/rekayasa.v7i1.59>
- Asnil, & Husnaini, I. (2015). Analisis Riak Keluaran Buck Konverter. *Seminar Nasional FORTEI 2015*, 58–62.
- Aswardi. (2020). *Teknik Elektronika Daya*.
- Guterus. (1994). *Sistem Pengendalian Proses*.
- Krismadinata, Asnil, Irma, H., & Hendri. (2017). Microcontroller based multilevel inverter for photovoltaic system. *Advanced Science Letters*, 23(5), 3859–3863. <https://doi.org/10.1166/asl.2017.8336>
- Martha, E., Asnil, A., & Eliza, F. (2018). Sistem Pengisian Baterai Menggunakan Buck Konverter. *INVOTEK: Jurnal Inovasi Vokasional Dan Teknologi*, 18(1), 117–124. <https://doi.org/10.24036/invotek.v18i1.248>
- Nurlette, D., & Wijaya, T. K. (2018). Perancangan Alat Pengukur Tinggi Dan Berat Badan Ideal Berbasis Arduino. *Sigma Teknika*, 1(2), 172. <https://doi.org/10.33373/sigma.v1i2.1515>
- Ogata, K. (1985). *Teknik Kontrol Automatik Jilid 1. (Edisi Laksono. Terjemahan)*. Erlangga.
- Ogata, K. (1996). *Teknik Kontrol Automatik Jilid 1 edisi kedua. (Edisi Laksono. Terjemahan)*. Erlangga.
- Purwoto, B. H., Jatmiko, J., Fadilah, M. A., & Huda, I. F. (2018). Efisiensi Penggunaan Panel Surya sebagai Sumber Energi Alternatif. *Emitor: Jurnal*