

Desain *Buck Converter* Sebagai *Charging* Baterai Pada Sistem PLTS

Eko Avin Wibowo^{1*}

¹Teknik Elektro Industri, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik. Universitas Negeri Padang
Jl.Prof. Dr Hamka, Kampus UNP Air Tawar Padang 25131. Telp/Fax.(0751)7055644,445998,

* e-mail: ekoavinw@gmail.com. Asnil81@ft.unp.ac.id

(Diajukan: 08 Agustus 2022, direvisi: 01 September 2022, disetujui: 02 Oktober 2022)

Abstrak

Tulisan ini membahas mengenai simulasi *buck converter* untuk pengisian baterai menggunakan sumber tenaga surya dengan metode pengisian tegangan konstan. Tegangan konstan yang dibutuhkan adalah 13.8 volt. *Buck converter* digunakan untuk menurunkan tegangan keluaran panel surya dan sistem kontrol *Proportional Integral Derivative (PID)* untuk mengendalikan kestabilan tegangan keluaran *buck converter*. Penentuan parameter *PID* dilakukan dengan metode Ziegler Nichols 2 yaitu osilasi dan pengaturan parameter *PID* sesuai karakteristik masing masing pengontrol. Berdasarkan hasil simulasi yang dilakukan, tegangan keluaran *buck converter* stabil pada nilai 13.8 volt saat proses pengisian baterai dengan respon optimal *rise time* = 0.0002s, *settling time* = 0.00015s dan *overshoot* = 0 volt menggunakan metode pengaturan parameter *PID* sesuai karakteristik masing-masing pengontrol sebagai penyempurna metode Ziegler Nichols 2 dengan nilai $K_p = 0.02$, $K_i = 20$ dan $K_d = 0.00016$.

Kata Kunci: Panel Surya, *Buck Converter*, *PID*

Abstract

*This paper discusses the simulation of a buck converter for charging batteries using a solar power source with a constant voltage charging method. The constant voltage required is 13.8 volts. Buck converter is used to lower the output voltage of the solar panel and the Proportional Integral Derivative (PID) control system to control the stability of the output voltage of the buck converter. The determination of PID parameters was carried out using the Ziegler Nichols 2 method, namely oscillation and setting of PID parameters according to the characteristics of each controller. Based on the simulation results, the output voltage of the buck converter is stable at a value of 13.8 volts during the battery charging process with an optimal response of *rise time* = 0.0002s, *settling time* = 0.00015s and *overshoot* = 0 volts using the PID parameter setting method according to the characteristics of each controller as Completing the Ziegler Nichols 2 method with a value of $K_p = 0.02$, $K_i = 20$ and $K_d = 0.00016$.*

Keywords: Solar Cell, *Buck Converter*, *PID*

PENDAHULUAN

Kebutuhan listrik di Indonesia pertahunnya terus mengalami peningkatan. Sampai dengan akhir tahun 2020 pembangkit tenaga listrik mengalami kenaikan sebesar 3,071.87 MW yang menyebabkan semakin meningkatnya penggunaan bahan bakar fosil [1]. Untuk mengurangi penggunaan dan menghemat energi fosil, 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) [2].

Energi matahari dapat dimanfaatkan dengan bantuan peralatan yaitu dengan merubah radiasi matahari ke bentuk energi listrik menggunakan panel surya [3]. *Buck converter* banyak dipakai pada aplikasi di industri untuk mengkonversikan tegangan searah karena dilihat dari segi kesederhanaan dan dari segi ekonomi yang lebih murah [4]. *Buck converter* digunakan untuk menurunkan tegangan keluaran panel surya agar sesuai dengan tegangan kerja baterai [5]. Untuk kendali tegangan keluaran, digunakan kendali *Proportional Integral Derivative* (PID) untuk menghasilkan lebar pulsa yang sesuai dengan *set point* yang digunakan agar tegangan keluaran *buck converter* stabil pada 13.8V untuk melakukan metode *constant voltage* pada pengisian baterai. *Constant voltage* yaitu mengisi baterai dengan tegangan konstan sampai kapasitas baterai penuh[6].

Penelitian ini telah dilakukan sebelumnya oleh “Hafelzan Enang Edovidata” 2020. Judul penelitian yang dilakukan yaitu “Perancangan Sistem Pengisian *Accumulator* Mobil Listrik Dengan Sumber Listrik *Solar Cell* Berbasis Arduino”. Penelitian ini masih memiliki beberapa kekurangan karena tidak adanya metode kontrol pada *buck converter* yang berdampak pada respon tegangan keluaran yang tidak stabil dengan respon *overshoot* yang tinggi dan respon *rise time* dan *settling time* yang lama.

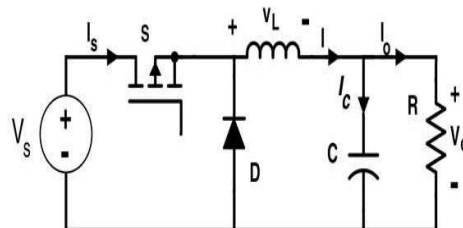
Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini mengambil judul “Desain *Buck Converter* Sebagai *Charging* Baterai Pada Sistem PLTS”. Sebagai upaya pengembangan dari penelitian sebelumnya, penelitian ini akan mendesain sebuah *buck converter* sebagai *charging* baterai dengan pengendali *proportional*, *integral* dan *derivative* sebagai upaya pengembangan dari penelitian sebelumnya dengan tujuan mendapatkan tegangan keluaran yang stabil tanpa respon *overshoot* dengan waktu *rise time* dan *settling time* yang cepat mendekati 0s.

Panel Surya

Pembangkit Listrik Tenaga Surya merupakan pembangkit yang memanfaatkan energi matahari [7]. Pembangkit Listrik Tenaga Surya ini menggunakan *photovoltaic* (PV) sebagai mengganti atau merubah energi matahari secara langsung menjadi energi listrik [8]. *Photo* berarti cahaya (dari bahasa Yunani yaitu phos, photos: cahaya) dan *volta* (berasal dari nama Alessandro Volta seorang fisikawan italia yang hidup antara tahun 1745-1827) yang berarti unit tegangan listrik [9]. *Photovoltaic cell* dibuat dari material semikonduktor terutama silikon yang dilapisi oleh bahan tambahan khusus [10]. Apabila jumlah energi cahaya matahari yang diperoleh *photovoltaic cell* berkurang atau intensitas cahayanya melemah, maka besar tegangan dan arus listrik yang dihasilkan juga akan menurun [11].

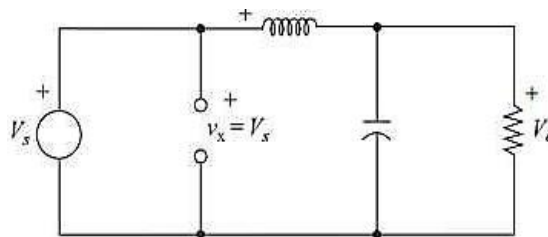
Buck Converter

Buck converter digunakan untuk mengatur tegangan panel surya agar dapat sesuai nilainya dengan tegangan yang dibutuhkan pada proses pengisian baterai [12]. Untuk memvariasikan tegangan keluaran yaitu sesuai dengan *duty cycle* dari kontrolnya [13]. Pada rangkaian *buck converter*, terdapat komponen kapasitor (C), induktor (L), dioda (D), saklar (S) dan beban (R) sebagai komponen penyusun utama dari DC-DC *buck converter* seperti pada Gambar 1.



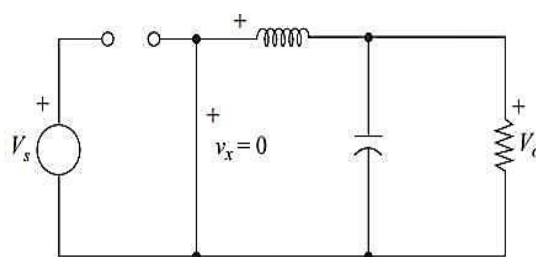
Gambar 1. Rangkaian *Buck Converter*

Pada dasarnya prinsip kerja dari *buck converter* yaitu dengan menggunakan *switch* yang bekerja dengan dua mode yaitu *switch ON* dan *switch OFF* [14]. Gambar 2 dan Gambar 3 menjelaskan tentang *switch* pada *buck converter*. Berikut merupakan mode kerja dari *Buck Converter* :



Gambar 2. Rangkaian *Buck Converter Switch On*

Mode 1 terjadi saat *switch S* pada kondisi *on* pada $t = 0$, dan dioda *D* pada kondisi *reverse bias*. Kondisi Arus masukkan yang meningkat mengalir melalui induktor *L*, filter kapasitor *C*, dan beban resistor *R*.



Gambar 3. Rangkaian *Buck Converter Switch Off*

Mode 2 terjadi saat *switch S* pada kondisi *off* dan $t = 1$ maka dioda pada kondisi *forward bias*. Arus akan mengalir melalui *L*, *C*, beban, dan diode maksimum D_m . Arus induktor akan turun sampai *switch* di *on*-kan kembali pada siklus berikutnya. Energi yang tersimpan pada induktor *L* disalurkan ke beban. Pada kondisi *switch on* kembali maka arus pada induktor akan meningkat dan energi yang tersimpan pada kapasitor

akan disalurkan ke beban yang menyebabkan aliran tegangan ke beban tidak akan pernah terputus.

Berdasarkan metode kerja *buck converter*, frekuensi *switching* yang digunakan pada *buck converter* dihitung berdasarkan persamaan (1).

$$f_{PWM} = \frac{f_{clk/O}}{N.TOP} \quad (1)$$

Dimana :

f_{PWM} = Frekuensi PWM

$f_{clk/O}$ = Frekuensi *Crystal* yang dipakai

N = Nilai *prescaler*

TOP = Nilai tertinggi dari PWM

Sedangkan persamaan (2) dan persamaan (3) digunakan untuk menentukan nilai komponen induktor dan kapasitor agar dihasilkan keluaran yang baik.

Menentukan nilai induktor :

$$L_{min} = \frac{R_L(1-D_{min})}{2f_{PWM}} \quad (2)$$

Dimana :

L_{min} = Nilai induktor minimum (H)

D_{min} = Nilai *duty cycle* minimum

f_{PWM} = Frekuensi PWM

r_L = Nilai resistansi beban induktor

Menentukan nilai Kapasitor :

$$C_{min} = \frac{D_{max}}{2f_{PWM}r_C} \quad (3)$$

Dimana :

C_{min} = Nilai kapasitor minimum (F)

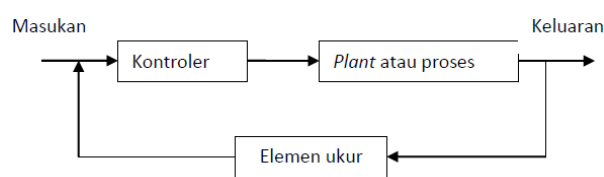
D_{max} = Nilai *duty cycle* maksimal

f_{PWM} = Frekuensi PWM

r_C = Nilai resistansi beban kapasitor

Sistem Kendali Kanal Tertutup

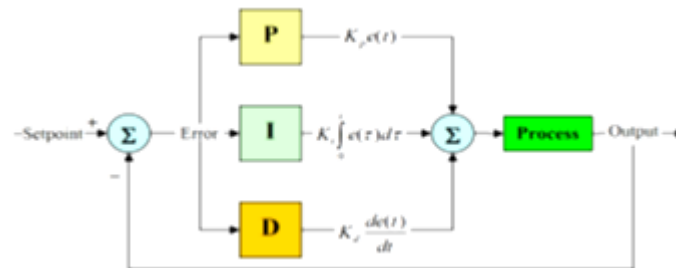
Sistem kendali kanal tertutup merupakan suatu sistem kendali dimana sinyal keluarannya terdapat umpan balik atau *feedback* yang memberikan pengaruh langsung terhadap aksi pengontrolan [4]. Cara kerja rangkaian kanal tertutup adalah apabila tegangan keluar dari *buck converter* belum sesuai dengan konfigurasi baterai, maka tegangan akan masuk ke rangkaian kanal tertutup untuk disesuaikan tegangannya sesuai dengan konfigurasi baterai [16]. Gambar 4 merupakan blok diagram kendali kanal tertutup.



Gambar 4. Sistem Kendali Kanal Tertutup

Pengendali *Proportional Integral Derivative* (PID)

Alat kontrol *PID* (*Proportional Integral Derivative*) sangat sering digunakan dalam sistem kontrol industri. Kontrol *PID* menerapkan proses perhitungan aksi kontrol terhadap perbedaan antara *set point* dengan keluaran sistem yang kemudian di masukkan ke dalam masukan kontrol sistem. Sesuai namanya kontroler *PID* adalah kontroler yang menggabungkan 3 buah jenis kontroler dengan karakteristiknya masing-masing dengan blok diagram pengendali *PID* seperti pada Gambar 5.



Gambar 5. Blok Diagram Pengendali PID

Berdasarkan Gambar 5, variabel dengan nilai parameternya yang dapat diatur disebut *Manipulated Variable* (MV) dan dapat dikatakan sama dengan keluaran dari pengendali (t). Keluaran pengendali *PID* akan mengubah respon pada perubahan yang ada pada hasil pengukuran sensor dan *set point* yang ditentukan. Pada waktu kontinu, sinyal keluaran pengendali *PID* dapat di rumuskan pada persamaan (4).

$$\mu(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(\tau) d\tau + K_d \frac{de(t)}{dt} \quad (4)$$

Dimana :

$\mu(t)$ = Sinyal keluaran pengendali *PID*

K = Konstanta *proportional*

KI = Konstanta *integral*

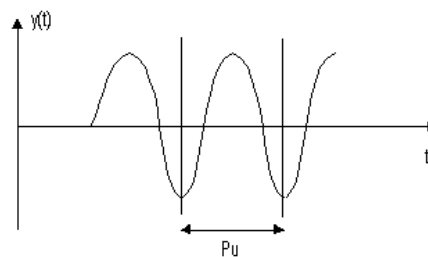
K = Konstanta *derivative*

$e(t)$ = Sinyal kesalahan (Referensi – keluaran *plant*)

Tunning PID

Tunning atau penalaan *PID* digunakan untuk mendapatkan konstanta kontrol *proportional*, *integral* dan *derivatif* yang tepat agar didapatkan respon yang stabil dan sesuai dengan *set point* yang diinginkan. Metode Ziegler dan Nichols menyarankan menggunakan karakteristik tanggapan peralihan dari kendali yang diberikan untuk mendapatkan nilai penguat *PID*, pada metode Ziegler Nichols konstanta *PID* ditentukan pada respon osilasi berkesinambungan, metode Ziegler Nichols 2 hanya berlaku pada sistem kanal tertutup (*close loop*). Penalaan pengendali *PID* untuk menghasilkan kurva osilasi berkesinambungan, mula-mula dilakukan dengan menyetel T_i pada nilai ∞ , dan T_d pada nilai 0 [5]. Pada metode Ziegler Nichols 2, nilai penguatan *proportional* didapatkan berdasarkan respon keluaran dengan osilasi berkesinambungan seperti

Gambar 6 disebut *ultimate gain* (K_u) dengan periode dari osilasi berkesinambungan disebut *ultimate periode* (P_u).



Gambar 6. Osilasi Stabil untuk Mendapatkan Nilai P_u

Pada penalaan *PID* dengan metode Ziegler Nichols 2, parameter *PID* didasarkan dengan konstanta hasil percobaan respon osilasi yang berkesinambungan (K_u) dan periode dari respon osilasi berkesinambungan (P_u). Berdasarkan nilai K_u dan P_u , penalaan nilai parameter K_p , T_i dan T_d dapat ditentukan dengan persamaan pada Tabel 1.

Tabel 1. Penalaan *PID* Metode Ziegler Nichols 2

Rule	K_p	T_i	T_d
<i>P</i>	$0.5 \cdot K_u$	0	0
<i>PI</i>	$0.45 \cdot K_u$	$1/2 \cdot P_u$	0
<i>PID</i>	$0.6 \cdot K_u$	$0.5 \cdot P_u$	$0.125 \cdot P_u$

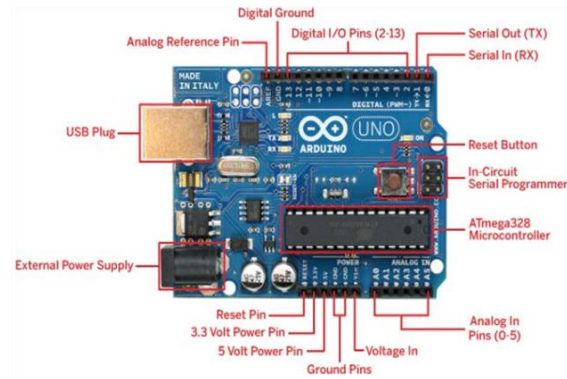
Pada dasarnya penalaan *PID* dengan metode Ziegler Nichols 2 menghasilkan respon keluaran yang stabil, namun terkadang tidak sesuai dengan perencanaan awal sistem, oleh karena itu diperlukan pengaturan parameter *PID* sesuai dengan kekurangan dan kelebihan masing masing pengontrol sebagai penyempurna apabila respon keluaran tidak sesuai dengan perencanaan, efek dari setiap pengontrol *proportional*, *integral* dan *derivative* pada sistem kendali kanal tertutup dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Karakteristik Pengontrol P, I, dan D

Respon	<i>Rise Time</i>	<i>Overshoot</i>	<i>Settling Time</i>	<i>Steady State Error</i>
<i>Proportional</i>	Menurunkan	Meningkatkan	Perubahan Kecil	Menurunkan
<i>Integral</i>	Menurunkan	Meningkatkan	Meningkatkan	Mengeliminasi
<i>Derivative</i>	Perubahan Kecil	Menurunkan	Menurunkan	Perubahan Kecil

Arduino Uno

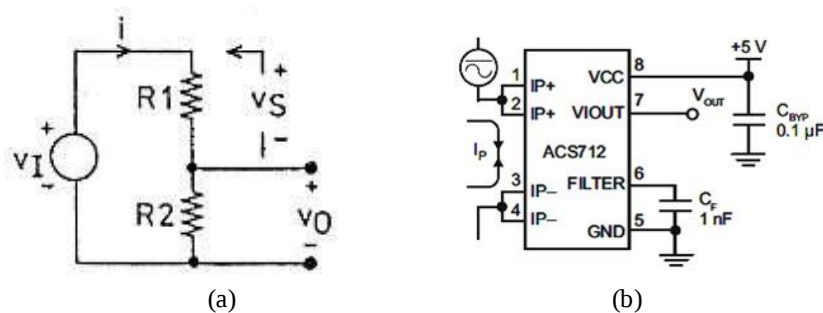
Arduino Uno merupakan sebuah papan elektronik yang mengandung ATmega328P. Gambar 7 merupakan papan arduino beserta *pinout* arduino, dimana terdapat 6 *input* analog, 14 digital pin *input / output* (6 pin diantaranya dapat digunakan sebagai *output* PWM), koneksi USB, kristal kuarsa 16 MHz, *jack* listrik, kabel USB sebagai penghubung ke komputer, dan *header* ICSP [6].



Gambar 7. Arduino Uno

Sensor Tegangan dan Sensor Arus

Sensor tegangan dan sensor arus digunakan sebagai pengukur besaran tegangan dan arus pada sistem yang digunakan dengan bentuk rangkaian pada Gambar 8. Sensor tegangan juga digunakan sebagai *input feedback* pada pengendali *PID*. Pada tulisan ini digunakan rangkaian pembagi tegangan dan modul ACS 712 sebagai sensor arus [7].



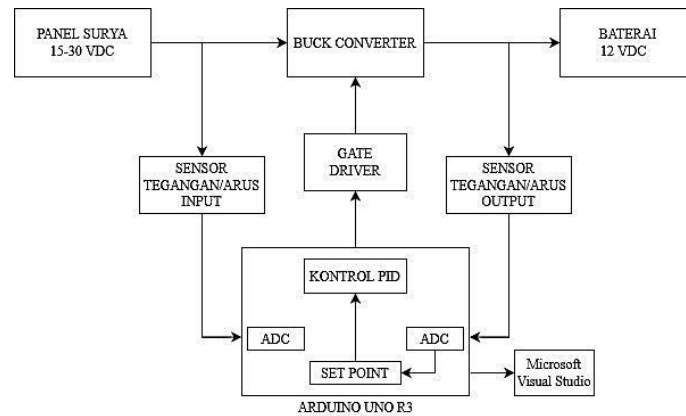
Gambar 8. (a). Rangkaian Sensor Tegangan dan (b). Sensor Arus

METODE PENELITIAN

Dalam tulisan ini digunakan sebagai acuan dalam proses perancangan alat yang dapat bekerja pada pengendalian tegangan keluaran *buck converter* dengan pengendali *PID*.

Blok Diagram

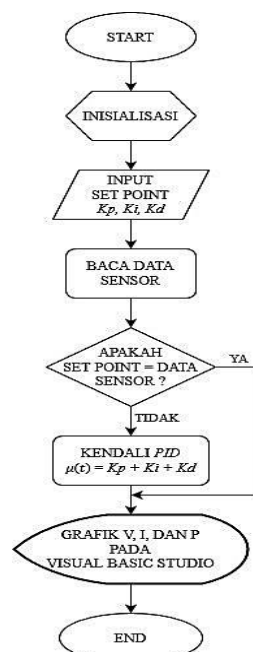
Blok diagram pada tulisan ini digunakan untuk melihat pernyataan gambar secara ringkas dari gabungan sebab akibat pada masukan dan keluaran sistem yang terdiri dari sejumlah komponen yang terhubung dengan garis untuk melakukan fungsi yang diinginkan ditunjukkan pada gambar 9.

Gambar 9. Blok Diagram *Buck Converter* Menggunakan Kendali *PID*

Pada gambar 9, panel surya menghasilkan tegangan *output* 15–30 V, namun untuk melakukan proses *charging* pada baterai dibutuhkan tegangan stabil pada 13.8 V. *Buck converter* digunakan sebagai penurun dan penstabil tegangan dari panel surya. Tegangan keluaran *buck converter* diatur berdasarkan *duty cycle* yang diproses melalui Arduino UNO R3 dengan kendali *PID* sebagai pengatur besaran *PWM* yang akan disalurkan menuju *gate driver* sebagai saklar daya mosfet. Penggunaan sensor bertujuan untuk membaca tegangan dan arus dari panel surya, *buck converter* dan juga sebagai *input PID* berupa ADC (*Analog to Digital Converter*) yang akan di proses Arduino berdasarkan metode kendali *PID* untuk mempertahankan *set point* agar diperoleh tegangan keluaran yang stabil. Grafik tegangan, arus, dan daya akan ditampilkan pada *software microsoft visual studio*.

Flowchart Sistem

Setelah blok diagram, pembuatan *flowchart* sistem diperlukan agar memudahkan memahami langkah kerja dari sistem yang dirancang. *Flowchart* dari sistem ditunjukkan pada gambar 10.

Gambar 10. *Flowchart* Sistem *Buck Converter* Menggunakan Kendali *PID*

Pada gambar 10, ketika sistem dimulai terjadi inialisasi pin dan dilanjutkan dengan memasukkan *setpoint* tegangan *buck converter* dan parameter *PID*, kemudian sensor tegangan akan membaca data tegangan dan mikrokontroler akan membandingkan *setpoint* yang telah di *input* dengan besarnya tegangan keluaran pada *buck converter* yang dibaca sensor tegangan, jika tegangan sesuai dengan *setpoint* maka data tegangan, arus dan daya akan ditampilkan pada *visual basic studio*, jika tidak maka sistem kendali *PID* akan memproses data yang telah dikirim pada sensor untuk mendapatkan tegangan keluaran *buck converter* sesuai dengan *setpoint*.

Flowchart penelitian

Setelah *flowchart* sistem, pembuatan *flowchart* penelitian diperlukan agar memudahkan memahami prosedur dalam penelitian ini. *Flowchart* dari alur penelitian ditunjukkan pada gambar 11.



Gambar 11. *Flowchart* Penelitian *Buck Converter* Menggunakan Kendali *PID*

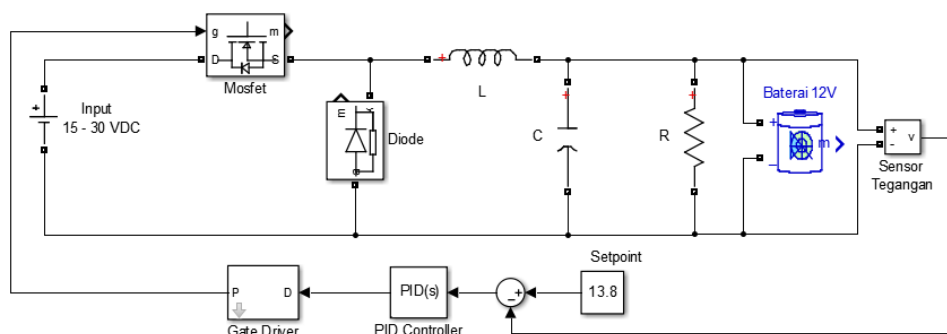
Perancangan *Buck Converter*

Rangkaian umum *buck converter* terdiri dari sumber DC sebagai *input*, *MOSFET* sebagai saklar aktif, dioda sebagai saklar pasif, induktor, kapasitor dan beban resistor digunakan sebagai pencacah arus dan kendali *PID* sebagai pengendali *PWM*. Spesifikasi perancangan *buck converter* didapatkan berdasarkan persamaan (1), (2) dan (3) dengan

penggunaan beban resistif permanen bernilai $39\ \Omega$ yang bertujuan untuk menguji dan mengetahui kinerja dari rangkaian *buck converter* dengan kendali *PID* sebelum dihubungkan pada proses *charging* baterai. Spesifikasi perancangan *buck converter* dapat dilihat pada Tabel 3 dengan gambar rangkaian pada Gambar 12.

Tabel 3. Spesifikasi Perancangan *Buck Converter*

Tegangan <i>Input</i>	15 – 30 Volt
Tegangan <i>Output</i>	13.8 Volt
<i>Mosfet</i>	IRF540N
Dioda	Schottky SR560
Induktor (L)	100 μ H
Kapasitor (C)	100 μ F
Resistor (R)	39 Ω

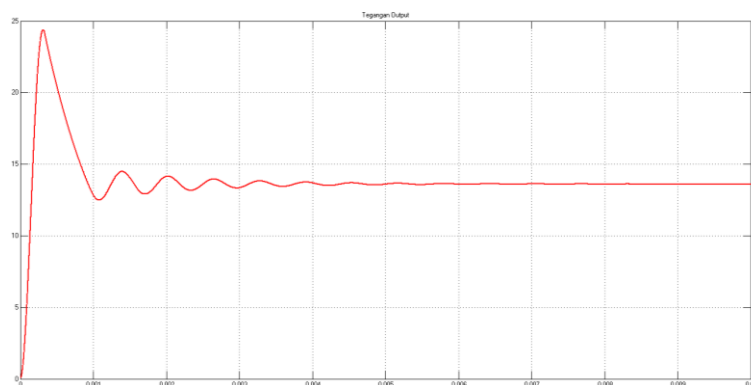


Gambar 12. Rangkaian *Buck Converter*

HASIL DAN PEMBAHASAN

Buck Converter Tanpa Pengendali

Gambar 13 menunjukkan grafik respon tegangan keluaran *buck converter* tanpa pengendali, didapatkan tegangan keluaran yang tidak bisa dikendalikan dengan respon maksimum (*overshoot*) tegangan sebesar 10.2V dengan waktu naik (*rise time*) selama 0.003s dan waktu menuju keadaan mantap (*settling time*) selama 0.085s.

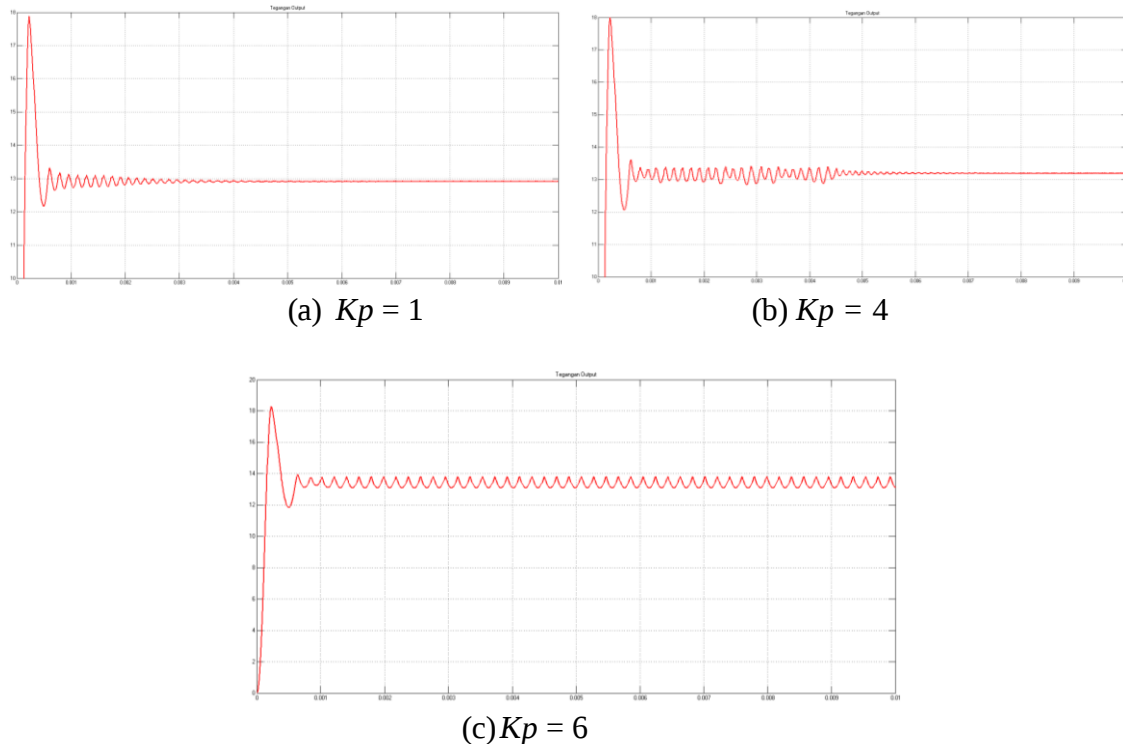


Gambar 13. Grafik Respon Tegangan *buck converter* Tanpa Pengendali

Berdasarkan Gambar 13, didapatkan grafik respon tegangan *buck converter* yang berhasil, sehingga metode osilasi Ziegler Nichols adalah pilihan yang sangat tepat untuk membantu mempercepat waktu dalam menentukan konstanta *PID* pada sistem *buck converter*.

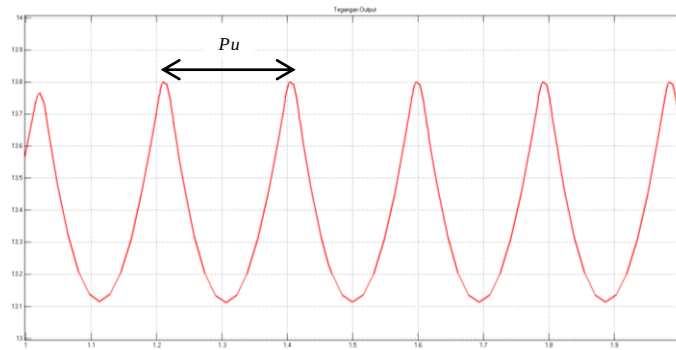
Tunning Pengendali *PID*

Penentuan konstanta *PID* adalah hal penting yang harus dilakukan karena mempengaruhi kinerja dari sebuah sistem, penentuan konstanta *PID* dilakukan dengan teliti karena penentuan yang rumit dan dilakukan dengan metode yang sesuai dengan sistem. Pada penelitian ini, dilakukan penalaan *PID* dengan metode Ziegler Nichols 2 yaitu osilasi dengan sistem *close loop*. Penalaan *PID* dilakukan dengan mengatur nilai 0 pada parameter T_i dan T_d dengan nilai K_p dinaikan bertahap sampai mendapatkan grafik respon osilasi yang berkesinambungan. Gambar 14 merupakan hasil grafik respon dengan menaikkan nilai K_p secara bertahap.



Gambar 14. Respon Kenaikan Nilai K_p

Berdasarkan hasil pengujian dengan menaikkan nilai K_p secara bertahap hingga mendapatkan respon osilasi yang berkesinambungan berdasarkan Gambar 14, grafik dengan respon osilasi berkesinambungan didapatkan dengan menaikkan nilai K_p pada nilai K_u 6. Berdasarkan hal tersebut, grafik respon dengan nilai K_u 6 digunakan untuk menentukan nilai periode dari respon osilasi berkesinambungan (P_u) agar nantinya didapatkan nilai T_i dan T_d berdasarkan persamaan pada Tabel 2. Gambar 15 merupakan periode dari respon osilasi berkesinambungan pada nilai K_u 6.

Gambar 15. Periode Respon Osilasi (P_u)

Berdasarkan Gambar 15, didapatkan nilai P_u sebesar 0.0003s, sehingga dapat ditentukan nilai T_i dan T_d berdasarkan persamaan pada Tabel 2 sebagai berikut :

$$T_i = 0.5 \times P_u \quad (5)$$

$$T_i = 0.5 \times 0.0003$$

$$T_i = 0.00015$$

$$T_d = 0.125 \times P_u \quad (6)$$

$$T_d = 0.125 \times 0.0003$$

$$T_d = 0.000135$$

Berdasarkan nilai T_i dan T_d maka konstanta K_p , K_i dan K_d berdasarkan metode Ziegler Nichols 2 dapat ditentukan dengan persamaan (7), (8) dan (9).

$$K_p = 0.6 \times K_u \quad (7)$$

$$K_p = 0.6 \times 6$$

$$K_p = 3.6$$

$$K_i = K_p / T_i \quad (8)$$

$$K_i = 3.6 / 0.00015$$

$$K_i = 24$$

$$K_d = K_p \times T_d \quad (9)$$

$$K_d = 3.6 \times 0.000135$$

$$K_d = 0.000486$$

Dimana :

K = Konstanta *proportional*

K_i = Konstanta *integral*

K_d = Konstanta *derivative*

T_i = Konstanta waktu *integral*

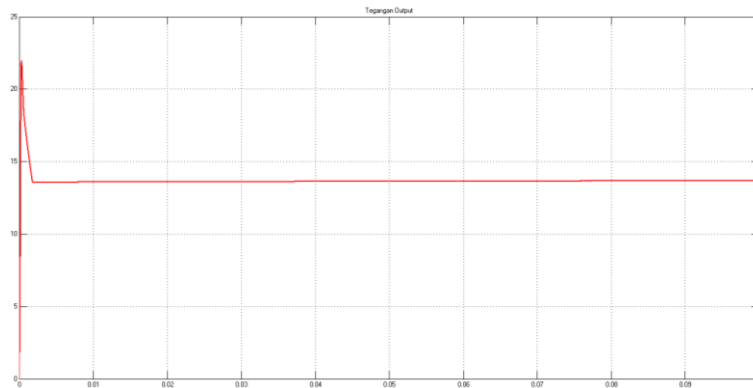
T_d = Konstanta waktu *derivative*

K_u = Nilai *ultimate gain*

P_u = Nilai *periode gain*

Metode Ziegler Nichols 2

Berdasarkan perhitungan pada persamaan (7), (8) dan (9) didapatkan hasil konstanta *PID* dengan penalaan metode Ziegler Nichols 2 yaitu $K_p = 3.6$, $K_i = 24$ dan $K_d = 0.000486$. Sehingga didapatkan grafik respon tegangan *buck converter* seperti Gambar 16 dengan *set point* 13.8V.



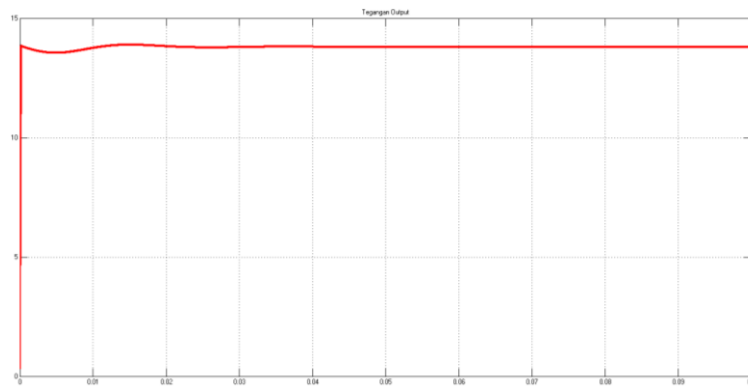
Gambar 16. Grafik Respon Tegangan *buck converter* Metode Ziegler Nichols 2

Berdasarkan grafik respon tegangan *buck converter* dengan metode Ziegler Nichols 2 pada Gambar 16, kendali *PID* dengan metode ziegler nichols 2 dapat mempertahankan *set point* tegangan *buck converter* sebesar 13.8V dengan respon awal tegangan keluaran terdapat respon maksimum (*overshoot*) tegangan sebesar 8V dengan waktu naik (*rise time*) selama 0.0002s dan waktu menuju keadaan mantap (*settling time*) selama 0.002s.

Pada penalaan *PID* dengan metode osilasi Ziegler Nichols, didapatkan bahwa metode osilasi Ziegler Nichols dapat membantu dan mempercepat dalam menentukan konstanta *PID* pada sistem *buck converter*, dimana penalaan *PID* dengan metode osilasi Ziegler Nichols dapat mengendalikan tegangan keluaran sesuai dengan *setpoint* tegangan yaitu 13.8V dengan respon keluaran yang stabil serta meredam osilasi tegangan keluaran *buck converter* dan mampu untuk mengurangi respon maksimum (*overshoot*) tegangan sebesar 2.2V, namun belum sesuai dengan perencanaan awal sistem karena masih terdapat respon *overshoot* sehingga diperlukan penalaan secara manual berdasarkan karakteristik pengontrol *PID* sebagai penyempurna konstanta *PID* yang didapatkan dengan metode osilasi Ziegler Nichols untuk memperkecil respon maksimum (*overshoot*) tegangan.

Berdasarkan Karakteristik *P, I, D*.

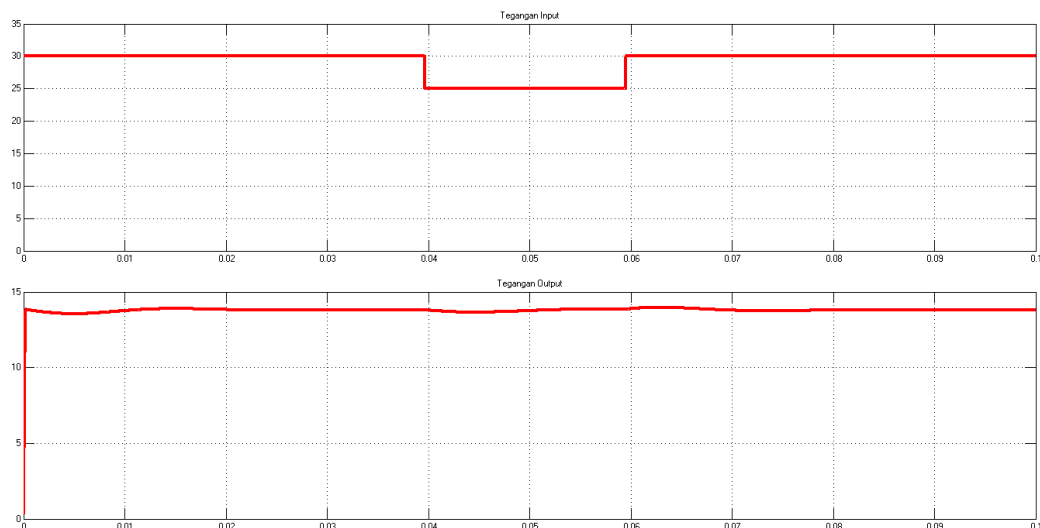
Berdasarkan hasil pengujian penalaan *PID* pada metode Ziegler-Nichols 2 didapatkan respon tegangan *buck converter* yang belum sesuai dengan tujuan penulisan karena respon maksimum (*overshoot*) tegangan yang belum mendekati 0, sehingga dilakukan penalaan *PID* dengan mengatur karakteristik penalaan sesuai dengan tabel 2. Berdasarkan penalaan *PID* sesuai dengan karakteristik masing masing pengontrol didapatkan respon terbaik dengan nilai $K_p = 0.02$, $K_i = 20$ dan $K_d = 0.00016$. Sehingga didapatkan grafik respon tegangan *buck converter* seperti Gambar 17 dengan *set point* 13.8V.



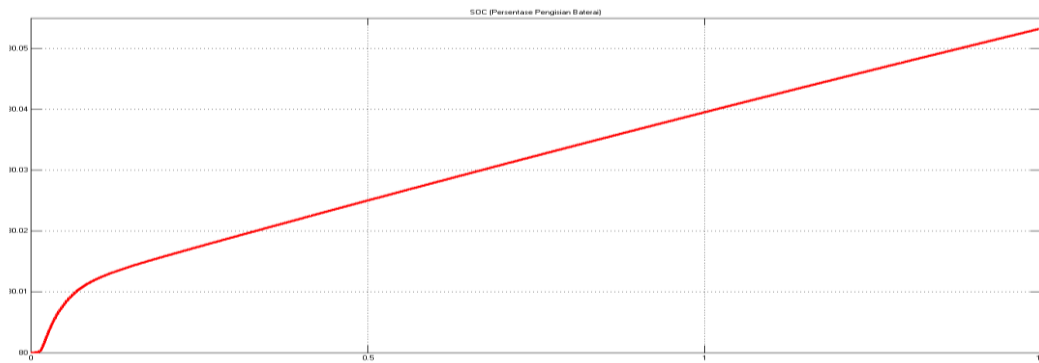
Gambar 17. Grafik Respon Tegangan *Buck Converter* Berdasarkan Karakteristik *P, I, D*.

Berdasarkan grafik respon tegangan *buck converter* dengan penalaan konstanta *PID* berdasarkan karakteristik masing masing pengontrol pada Gambar 17, didapatkan respon maksimum (*overshoot*), waktu naik (*rise time*) dan waktu menuju keadaan mantap (*settling time*) yang lebih baik dibandingkan dengan penalaan pada metode Ziegler-Nichols 2, dimana dengan mengatur konstanta *PID* berdasarkan karakteristik masing masing pengontrol didapatkan tidak adanya respon *overshoot*, waktu naik (*rise time*) selama 0.0002s dan waktu menuju keadaan mantap (*settling time*) selama 0.0015s.

Berdasarkan hasil penalaan *PID* menggunakan metode osilasi Ziegler Nichols dan metode mengatur konstanta *PID* berdasarkan karakteristik masing masing pengontrol, respon keluaran *buck converter* terbaik didapatkan dengan mengatur konstanta *PID* berdasarkan karakteristik masing masing pengontrol sebagai penyempurna metode osilasi Ziegler Nichols, dimana kendali *PID* mampu mempertahankan kestabilan tegangan keluaran *buck converter* sesuai dengan nilai *setpoint* saat terjadinya respon perubahan tegangan masukan seperti pada Gambar 18.



Gambar 18. Grafik Respon Tegangan *Buck Converter* saat terjadi respon perubahan tegangan masukan saat proses *charging* baterai.



Gambar 19. Grafik Respon Persentase Kapasitas Baterai.

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, dapat dilihat pada Gambar 19 bahwa *buck converter* dapat melakukan proses *charging* baterai dengan terus meningkatnya persentase kapasitas baterai secara kontinu, sehingga sesuai dengan tujuan tulisan yaitu melakukan proses *charging* pada baterai menggunakan *buck converter* dengan kendali *PID* dengan tegangan keluaran *buck converter* yang stabil dan dapat dikendalikan dengan respon tegangan keluaran tanpa *overshoot* dengan respon *rise time* dan *settling time* yang cepat mendekati 0s.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil simulasi, sebelum menggunakan kendali *PID* tegangan keluaran *buck converter* tidak dapat dikendalikan dengan respon *overshoot* 10.2V, *rise time* 0.003s dan *settling time* 0.085s. Setelah digunakan kendali *PID* tegangan keluaran dapat dikendalikan dan stabil pada 13.8V dengan respon tegangan keluaran yang lebih baik dengan tidak adanya respon *overshoot* tegangan, waktu naik (*rise time*) selama 0.0002s dan waktu menuju keadaan mantap (*settling time*) selama 0.0015s.

Berdasarkan pengujian penalaan *PID*, metode osilasi Ziegler Nichols membantu dan mempercepat dalam menentukan konstanta *PID*, dimana metode osilasi Ziegler Nichols mampu mempertahankan tegangan sesuai dengan *setpoint* serta mampu meredam osilasi tegangan keluaran *buck converter* dan mengurangi respon maksimum (*overshoot*) tegangan sebesar 2.2V dan penalaan berdasarkan karakteristik masing masing pengontrol *PID* mampu menyempurnakan metode osilasi Ziegler Nichols karena respon tegangan keluaran yang lebih baik dengan tidak adanya respon *overshoot* tegangan.

Berdasarkan simulasi dan pengujian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa kendali *PID* dapat mengendalikan dan mempertahankan tegangan keluaran pada *buck converter* untuk melakukan proses *charging* pada baterai dengan respon tegangan keluaran yang lebih baik dibandingkan dengan sebelum menggunakan kendali *PID*.

Adapun saran sebagai pengembangan dari tulisan ini dapat dilakukan dengan pengendalian *PWM* pada *buck converter* dengan metode *PID* lainnya ataupun dengan kendali lainnya seperti penggunaan *fuzzy logic*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan banyak terima kasih pada Jurusan Teknik Elektro yang telah memberikan fasilitas dalam penelitian serta ucapan terima kasih pada Kepala Laboratorium Energy Terbarukan yang telah memberikan izin penggunaan ruangan sehingga perancangan dan pembuatan *buck converter* berjalan dengan baik.

REFERENSI

- [1] *Statistik Ketenagalistrikan 2020*.
- [2] S. Yuliananda, G. Sarya, and R. Retno Hastijanti, "PENGARUH PERUBAHAN INTENSITAS MATAHARI TERHADAP DAYA KELUARAN PANEL SURYA," 2015.
- [3] A. Bagus Suryanto, "Sistem Monitoring Panel Surya Secara Realtime Berbasis Arduino Uno MSI Transaction on Education," vol. 02, no. 01, 2021.
- [4] Asnil and I. Husnaini, "Analisis Riak Keluaran Buck Konverter," *Semin. Nas. FORTEI 2015*, pp. 58–62, 2015.
- [5] E. Martha, A. Asnil, and F. Eliza, "Sistem Pengisian Baterai Menggunakan Buck Konverter," *INVOTEK J. Inov. Vokasional dan Teknol.*, vol. 18, no. 1, pp. 117–124, 2018, doi: 10.24036/invotek.v18i1.248.
- [6] W. D. Mufty, D. O. Anggriawan, and M. Z. Efendi, "Baterai Charger Vrla Dengan Metode Constant Current Constant Voltage Berbasis Kontrol Pi," *Sentrinov*, vol. 6, no. 1, pp. 235–243, 2020.
- [7] H. Hazman and A. Asnil, "Measurement of I-V and P-V Characteristics of Solar Panels Under Partial Shading Conditions," *Motiv. J. Mech. Electr. Ind. Eng.*, vol. 4, no. 2, pp. 99–114, 2022, doi: 10.46574/motivection.v4i2.116.
- [8] P. R. Satpathy, S. Jena, B. Jena, and R. Sharma, "Comparative study of interconnection schemes of modules in solar PV array network," *Proc. IEEE Int. Conf. Circuit, Power Comput. Technol. ICCPCT 2017*, no. May, 2017, doi: 10.1109/ICCPCT.2017.8074185.
- [9] D. E. Myori, R. Mukhaiyar, and E. Fitri, "Sistem Tracking Cahaya Matahari pada Photovoltaic," *INVOTEK J. Inov. Vokasional dan Teknol.*, vol. 19, no. 1, pp. 9–16, 2019, doi: 10.24036/invotek.v19i1.548.
- [10] D. Dzulfikar and W. Broto, "Optimalisasi Pemanfaatan Energi Listrik Tenaga Surya Skala Rumah Tangga," vol. V, pp. SNF2016-ERE-73-SNF2016-ERE-76, 2016, doi: 10.21009/0305020614.
- [11] P. Penerangan, J. Umum, and P. J. U. Di, "PENGARUH KEMIRINGAN DAN ARAH HADAPAN PEMASANGAN," pp. 1–11, 2022.
- [12] A. I. Yustikasari, E. Sunarno, and P. A. Mahadi Putra, "Desain dan Simulasi Buck Konverter Dengan Kontrol Logika Fuzzy untuk Pengisian Baterai," *J. Ecotipe (Electronic, Control. Telecommun. Information, Power Eng.*, vol. 8, no. 2, pp. 59–64, 2021, doi: 10.33019/jurnalecotipe.v8i2.2389.
- [13] Aswardi, *Teknik Elektronika Daya*. 2020.

- [14] Krismadinata, Asnil, H. Irma, and Hendri, "Microcontroller based multilevel inverter for photovoltaic system," *Adv. Sci. Lett.*, vol. 23, no. 5, pp. 3859–3863, 2017, doi: 10.1166/asl.2017.8336.
- [15] I. H. R. Fadri, "ARDUINO UNO COMPARATIVE STUDY OF PI AND PID CONTROL IN VOLTAGE OUTPUT BUCK CONVERTER BASED ON ARDUINO UNO MICROCONTROLLER," *invotek*, vol. 17, 2018.
- [16] Aulia Dwiyantri, "Simulasi Buck Converter Pada Rangkaian Controller Turbin Angin the Sky Dancer 500 Di Pt Lentera Bumi Nusantara," *Buana Ilmu*, vol. 6, no. 2, pp. 44–62, 2022, doi: 10.36805/bi.v6i2.2340.
- [17] T. Wisesa, "Perancangan Pengaturan Kecepatan Motor Induksi Satu Fasa dengan PWM Menggunakan Pengendali PID Berbasis Arduino," pp. 1–49, 2020.
- [18] F. Wahid Azhari and Aswardi, "JTEV (JURNAL TEKNIK ELEKTRO DAN VOKASIONAL) Sistem Pengendalian Motor DC Menggunakan Buck Converter Berbasis Mikrokontroler ATmega 328," *J. Tek. Elektro Danvokasional*, vol. 6, no. 1, pp. 352–364, 2020, [Online]. Available: <http://ejournal.unp.ac.id/index.php/jtev/index>
- [19] I. Abubakar, S. N. Khalid, M. W. Mustafa, H. Shareef, and M. Mustapha, "Calibration of ZMPT101B voltage sensor module using polynomial regression for accurate load monitoring," *ARPJ. Eng. Appl. Sci.*, vol. 12, no. 4, pp. 1076–1084, 2017.

Halaman ini sengaja dikosongkan