

Rancang Bangun *Buck-Boost Converter* menggunakan Kendali PID

Sheren Diusti Dwi Putri^{*1}, Aswardi²

¹Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang

*Corresponding author, e-mail: sherendiusti@gmail.com

Abstrak

Buck-boost converter merupakan salah satu jenis *DC-DC converter* yang mampu menaikkan dan menurunkan tegangan DC dengan pengaturan lebar pulsa PWM. Pemilihan konstanta kendali PID yang tepat akan menghasilkan tegangan keluaran *Buck-boost converter* sesuai dengan set point serta mendapatkan respon tegangan keluaran yang stabil, *no overshoot* dan *risetime* yang cepat. Pemilihan parameter PID dilakukan dengan 4 metode penalaan yaitu metode Ziegler Nichols 2 yang telah dimodifikasi yaitu tipe *original ZN*, *some overshoot*, dan *No overshoot*, dan metode *trial and error*. Dari hasil penalaan PID, respon terbaik didapatkan dengan menggunakan metode *trial and error* dengan konstanta PID yaitu $K_p = 0,34$, $K_i = 0,350$ dan $K_d = 0,019$. Penalaan PID metode *trial and error* ini menghasilkan respon yang stabil dengan *error steady state* = 0, *time delay* = 0,37 s, *rise time* = 1,8 s, *peak time* = 0 dan *settling time* = 1,8 s.

Abstract

Buck-boost converter is a type of *DC-DC converter* that is able to increase and decrease DC voltage by adjusting the PWM pulse width. Selection of the right PID control constant will produce *Buck-boost converter* output voltage in accordance with the set point and get a stable output voltage response, *no overshoot* and fast research. The selection of PID parameters is done by 4 tuning methods, the modified Ziegler Nichols 2 method, namely the *original ZN* type, *some overshoot*, and *No overshoot*, and the *trial and error* method. From the results of the PID tuning, the best response was obtained by using the *trial and error* method with the PID constant, namely $K_p = 0.34$, $K_i = 0.350$ and $K_d = 0.019$. The PID tuning of the *trial and error* method results in a stable response with *steady state error* = 0, *time delay* = 0.37 s, *rise time* = 1.8 s, *peak time* = 0 and *settling time* = 1.8 s.

Keywords : *Buck-boost converter*, PID, Ziegler Nichols, *trial and error*

How to Cite: Sheren Diusti Dwi Putri, Aswardi. 2020. Rancang Bangun *Buck-Boost Converter* menggunakan Kendali PID. JTEV, 06 (02): pp. 258-272.

PENDAHULUAN

Peningkatan kebutuhan tegangan DC seiring dengan kemajuan teknologi dibidang elektronika, dimana hampir semua peralatan elektronik membutuhkan sumber tegangan DC, baik tegangan rendah maupun tegangan tinggi seperti kendaraan listrik, peralatan rumah tangga, telekomunikasi dan lainnya [1][2][3]. Kebutuhan tegangan DC yang luas ini dikarenakan setiap peralatan elektronik membutuhkan tegangan DC yg berbeda sehingga diperlukan suatu sistem yang mampu mengubah suatu tegangan DC ke nilai tegangan DC yang dapat divariasikan [1]. Terdapat 3 jenis konverter DC-DC yang telah dikembangkan yaitu konverter penurun tegangan, konverter penaik tegangan, dan konverter penaik-penurun tegangan [4].

Tipe konverter penaik dan penurun tegangan (*buck-boost converter*) banyak digunakan karena tegangan keluarannya dapat bernilai lebih besar ataupun lebih kecil daripada tegangan masukannya, atau dengan kata lain, level tegangan keluaran dapat diatur sesuai kebutuhan

pemakaian [5][6][7]. Tegangan keluaran *buck-boost converter* dapat disesuaikan berdasarkan *switching* transistor dengan dengan merubah lebar pulsa PWM (*duty cycle*) [8][9].

Penelitian tentang konverter *buck-boost* telah pernah dilakukan oleh Widya Anggraini, dari hasil penelitiannya perubahan beban mempengaruhi tegangan keluaran konverter *buck-boost*, serta masih terdapat *error* yang cukup tinggi. Selain itu, Chaidir Rachman juga turut melakukan penelitian tentang konverter *buck-boost*, dari hasil penelitiannya masih terdapat *error* yang cukup tinggi yaitu sebesar 3,3 V [10]. Maka dari itu perlu dirancang suatu pengendali yang dapat digunakan untuk menjaga kestabilan sistem serta menghasilkan *error* yang mendekati nol.

Salah satu sistem pengendali yang paling banyak dipakai dalam proses pengendalian adalah kendali PID [11]. Kendali PID merupakan penggabungan dari kendali *propotional*, kendali *integral* dan kendali *derivatif*. Penentuan konstanta PID yang tepat, akan menghasilkan respon sistem yang cepat, *settling time* cepat atau mendekati nol, *steady state error* mendekati nol, serta mampu menghilangkan *overshoot*.

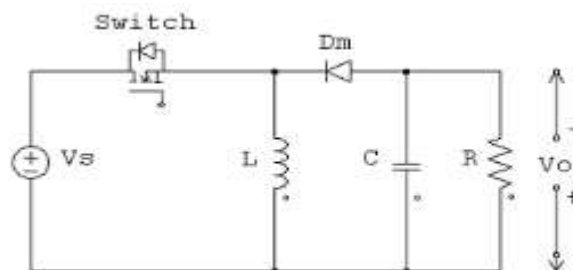
Penelitian konverter *buck-boost* menggunakan PID telah dilakukan oleh Dedy Siddik. Dari hasil penelitian tersebut masih terdapat *overshoot*, serta *settling time* yang cukup lama yaitu 6 detik dan *error* sebesar 1 Volt [12]. Hal ini terjadi dikarenakan pemilihan konstanta PID yang tidak tepat.

Berdasarkan penelitian sebelumnya, maka penulis merancang dan membangun *Buck-boost converter* dengan menggunakan kendali PID. Pentingnya pemilihan konstanta PID yang tepat, maka penulis akan melakukan penalaan PID dengan menggunakan 4 metode, yaitu metode Ziegler-Nichols 2 yang telah dimodifikasi menjadi 3 tipe yaitu tipe Original Z-N, *Some overshoot*, *No overshoot* dan metode *trial and error*. Respon terbaik dari 4 metode penalaan PID tersebut akan digunakan sebagai kendali pada *buck-boost converter*.

METODE DAN MATERI

Konverter *Buck-boost*

konverter *buck-boost* merupakan salah satu jenis konverter DC-DC yang mampu menghasilkan variasi tegangan DC yang lebih kecil atau lebih rendah dari tegangan masukannya sesuai dengan *switching* frekuensinya. Komponen penyusun konverter *buck-boost* terdiri dari beberapa komponen penyusun yaitu transistor, inductor (L), diode (D), dan kapasitor (C) yang tersusun seperti gambar 1 berikut ini:



Gambar 1. Topologi *Buck-boost converter*

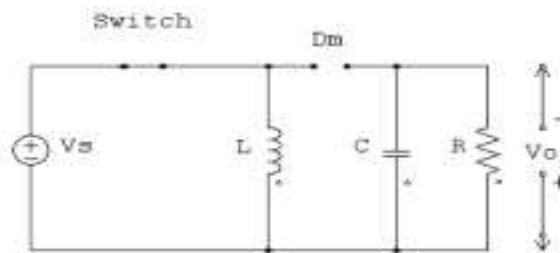
Sumber : Komarudin

Prinsip kerja rangkaian *buck-boost converter* dibagi menjadi 2 mode operasi yaitu pada saat *switch ON* dan pada saat *switch OFF*.

Mode *switch ON*

Selama *switch ON*, dioda dalam keadaan *reverse bias* seperti pada gambar 2, sehingga tidak adanya arus yang mengalir ke diode, pada kondisi ini tegangan diode (V_D) sama dengan $-(V_S + V_O)$. Dalam kondisi tertutup *switch* mendapatkan tegangan sebesar V_S , Sehingga induktor

mendapat tegangan dari input dan arus mengalir melewati induktor selama *switch* dalam keadaan ON dan secara bersamaan kapasitor dalam kondisi *discharge* yang mengalirkan tegangan dan arus pada beban.



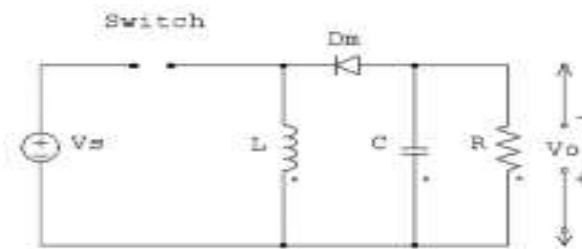
Gambar 2. Rangkaian ekivalen *buck-boost* converter saat *switch ON*
 Sumber : Komarudin

Didapatkan persamaan Δi_L pada saat *switch on* adalah :

$$(\Delta i_L)_{on} = \frac{V_s D T}{L} \dots \dots \dots (1)$$

Mode *switch OFF*

Pada kondisi *switch Off* seperti pada gambar 3, tegangan input terputus, dan diode mengalami *forward bias* menyebabkan arus mengalir dari induktor menuju kapasitor. Pada kondisi ini kapasitor dalam keadaan mengisi (*charge*). Beban mendapatkan aliran energi dari induktor sehingga terjadi penurunan arus pada induktor hingga *switch* di ON kan kembali.



Gambar 3. rangkaian ekivalen pada saat *switch OFF*
 Sumber : Komarudin

Sehingga didapatkan persamaan berikut :

$$(\Delta i_L)_{off} = \frac{V_o (1-D) T}{L} \dots \dots \dots (2)$$

Untuk pengoperasian dalam keadaan *steady-state*, perubahan bersih pada arus induktor harus nol dalam satu periode. Menggunakan persamaan (1) dan (2).

$$(\Delta i_L)_{on} + (\Delta i_L)_{off} = 0 \dots \dots \dots (3)$$

$$\frac{V_s D T}{L} + \frac{V_o (1-D) T}{L} = 0 \dots \dots \dots (4)$$

Solusi dari V_o adalah :

$$V_o = -V_s \left(\frac{D}{1-D} \right) \dots \dots \dots (5)$$

Dimana :

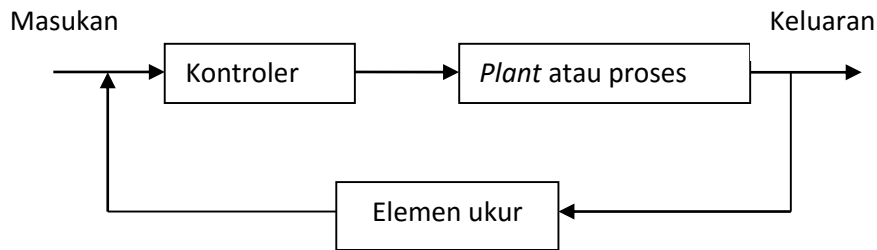
V_o = Tegangan keluaran

V_s = Tegangan Masukan

- $D = \text{Duty Cycle}$
- $L = \text{Induktansi}$
- $\Delta i_L = \text{Ripple arus pada inductor}$

Sistem Kendali Kanal Tertutup

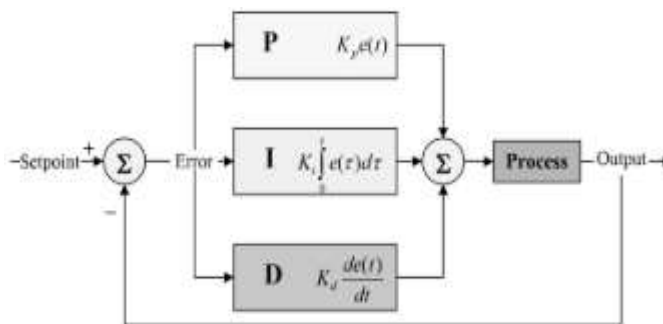
Sistem kendali kanal tertutup merupakan suatu sistem kendali dimana sinyal keluarannya terdapat umpan balik atau *feedback* yang memberikan pengaruh langsung terhadap aksi pengontrolan.[13].



Gambar 4. sistem kendali loop tertutup
Sumber : Fadri

Pengendali Proporsional Integral Derivatif (PID)

Alat kontrol PID (*Proporsional Integral Derivatif*) sangat sering digunakan dalam sistem kontrol industri. Sesuai namanya kontroler PID adalah kontroler yang menggabungkan 3 buah jenis kontroler dengan karakteristiknya masing- masing. Penggabungan konstanta PID yang tepat akan menghasilkan reaksi sistem yang cepat, menghilangkan *overshoot*, dan *error steady state* mendekati nol [14].



Gambar 5. Blok diagram pengendali PID
Sumber : Wisesa

Jika $e(t)$ sebagai *input* ke alat kontrol PID, maka *output* $m(t)$ dari alat kontrol ini diberikan oleh persamaan 6 berikut :

$$m(t) = K_p e(t) + K_i \int e(t) dt + K_d \frac{de(t)}{dt} \dots \dots \dots (6)$$

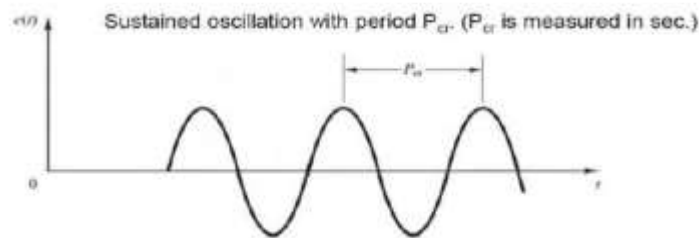
Keterangan :

- $m(t) = \text{Output pengontrolan PID}$
- $e = \text{error}$
- $K_p = \text{Konstanta Proporsional}$
- $K_i = \text{Konstanta Integratif}$
- $K_d = \text{Konstanta derivatif}$

Tunning PID

Tuning atau penalaan PID diperlukan untuk mendapatkan konstanta kontrol *proporsional*, *integratif* dan *derivatif* yang tepat, sehingga menghasilkan respon yang stabil dan sesuai dengan yang *set point* yang diberikan. Ziegler and Nichols menyarankan menggunakan karakteristik tanggapan peralihan dari kendali yang diberikan untuk mendapatkan nilai penguat *proporsional*, waktu *integral* T_i dan *derivatif* T_d .

Pada metode Ziegler Nichols tipe 2 konstanta PID ditentukan berdasarkan respon osilasi berkesinambungan. Metode ini hanya berlaku untuk sistem kanal tertutup (*close loop*) atau dengan umpan balik. Penalaan pengendali PID untuk menghasilkan kurva osilasi berkesinambungan, mula-mula dilakukan dengan menyetel T_i pada nilai ∞ , dan T_d pada nilai 0 [14]. Kemudian Konstanta *proporsional* diatur mulai dari 0 hingga ke suatu nilai kritis (K_{pu}). Nilai K_p diambil berdasarkan respon yang menghasilkan osilasi berkesinambungan seperti pada gambar 6. Oleh karena itu, penguatan kritis K_{pu} dan periode osilasi berkesinambungan (P_{cr}) yang sesuai dapat ditentukan secara eksperimen.



Gambar 6. Osilasi Stabil Untuk Mencari Nilai PCR

Sumber : Wisesa, 2014

Penggunaan metoda Ziegler Nichols populer dalam praktik rekaya kontrol. Metoda ini bekerja cukup baik untuk beberapa *loop* tetapi cenderung terlalu kurang untuk banyak aplikasi kontrol proses sehingga banyak nya peneliti yang melakukan modifikasi penyetel Z-N 2. Banyak versi modifikasi penyetelan Z-N 2 telah diusulkan [15]. Berikut tabel hasil modifikasi penalaan PID metoda Z-N 2.

Tabel 1. Penalaan PID hasil modifikasi Z-N 2

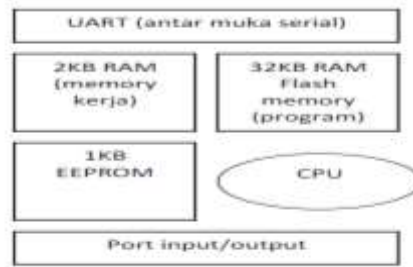
Rule	K_c	T_i	T_d
Original ZN	0,58 K_u	0,5 P_u	0,125 P_u
Some overshoot	0,33 K_u	0,5 P_u	0,125 P_u
No overshoot	0,5 K_u	0,5 P_u	0,125 P_u

Mikrokontroler

Mikrokontroler merupakan sebuah sistem mikroprosesor yang terdapat didalam sebuah *chip* yang mampu melakukan perhitungan, menerima *input* dan menghasilkan *output*. Mikrokontroler terdiri dari sebuah inti prosesor, memori pemrograman serta *input-output*. Mikrokontroler yang digunakan pada penelitian ini ialah Mikrokontroler ATmega328 yang merupakan mikrokontroler keluarga AVR 8 bit [16].

Arduino Uno

Arduino Uno merupakan sebuah papan elektronik yang mengandung ATmega328P. Pada arduino 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 [17].



Gambar 7. Arduino Uno
 Sumber : Edovidata

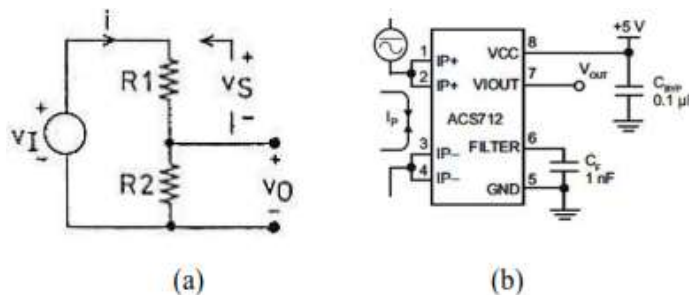
Blok-blok pada gambar 7 di atas dapat dijelaskan sebagai berikut:

- a. *UART (Universal Asynchronous Receiver/Transmitter)*, digunakan sebagai antarmuka komunikasi serial seperti RS-422, RS-232, dan RS-485.
- b. *RAM* pada memory kerja dengan kapasitas 2KB yang digunakan oleh variable-variabel didalam program, memori ini bersifat *volatile* yang hilang pada saat daya dimatikan.
- c. *RAM Flash memory*, dengan kapasitas 32 KB, memori ini digunakan untuk menyimpan program, serta *bootloader* yang merupakan program inisiasi berukuran kecil. *Boatloader* dijalankan oleh CPU saat daya dihidupkan, kemudian barulah program pada RAM akan dieksekusi. *RAM Flash memory* ini bersifat non-volatile.
- d. *EEPROM* berkapasitas 1KB digunakan untuk menyimpan data yang tidak boleh hilang saat daya dimatikan. *EEPROM* tidak digunakan pada papan arduino dan bersifat *non-vloatil*.
- e. *CPU (Central Processing Unit)*
Central Processing Unit (CPU), berfungsi untuk menjalankan instruksi program
- f. *Port I/O*, merupakan pin *input/output* yang menerima (*input*) dan mengeluarkan (*output*) data, baik dgital maupun analog.

Sensor Tegangan dan Sensor Arus

Sensor tegangan berfungsi untuk mengukur besaran tegangan dan sensor arus untuk mengukur arus keluaran dari *Buck-boost converter*. Dimana sensor tegangan juga berfungsi sebagai input switching untuk mengatur tegangan output *buck-boost conveter* agar tetap konstan. Sensor tegangan pada tugas akhir ini menggunakan prinsip pembagi tegangan dan

modul ACS 712 digunakan sebagai sensor arus.[18].



Gambar 8. (a).Rangkaian Sensor Tegangan dan (b). Sensor Arus
 Sumber : Edovidata,2020

Agar tegangan keluaran konverter *buck-boost* dapat dibaca oleh mikrokontroler maka digunakan sensor tegangan dengan prinsip pembagi tegangan. Sensor tegangan dengan prinsip

pembagi tegangan ini menggunakan dua resistor yang dihubungkan secara seri seperti pada gambar 8.(a). Sehingga besarnya tegangan keluaran *Buck-boost converter* yang terbaca oleh mikrokontroler dapat dirumuskan pada persamaan 11.

$$V_o = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \times V_{in} \dots\dots\dots(11)$$

Keterangan:

- V_o : Tegangan keluaran dari konverter (volt)
- V_i : Tegangan ke rangkaian ADC (volt)
- R_1, R_2 :Resistor pembagi (Ω)

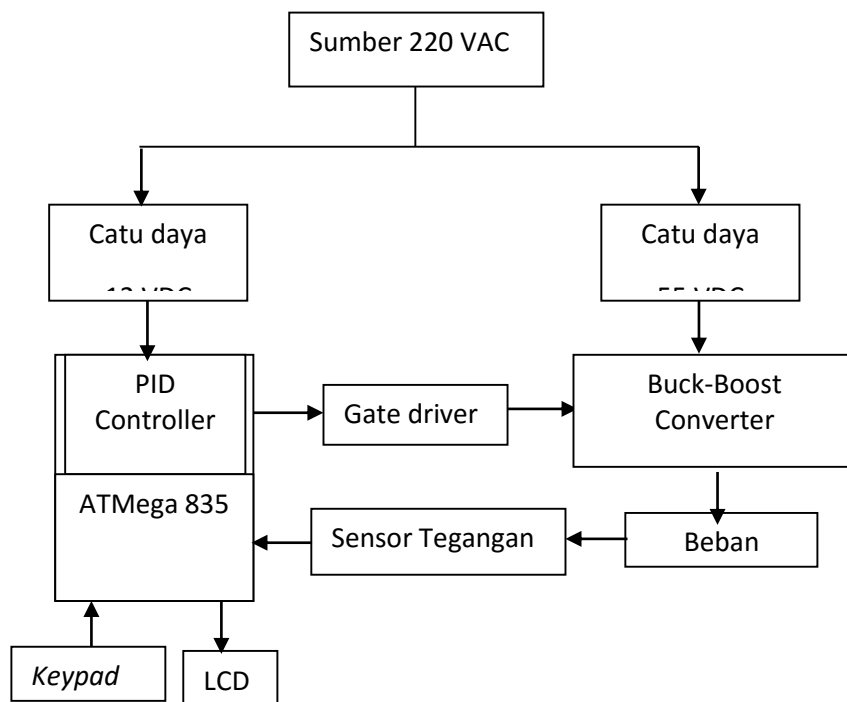
Sensor arus ACS712 pada gambar 8(b) dapat digunakan untuk pengukuran arus positif maupun negatif mulai -5A sampai 5A. ACS712 membutuhkan tegangan sumber sebesar 5 Vdc. Agar nilai sensor 0 ampere dapat dipaca, maka tegangan sensor diatur pada setengah tegangan sumber (5V) yaitu menjadi 2,5 V. Sensor ACS712 ini memiliki dengan spesifikasi 5A memiliki sensitifitas 185mV/A.

METODE PENELITIAN

Dalam tugas akhir ini digunakan sebagai rujukan dalam proses pembuatan alat yang dapat bekerja dalam pengendalian tegangan keluaran *Buck-boost converter* menggunakan kendali PID.

Blok Diagram

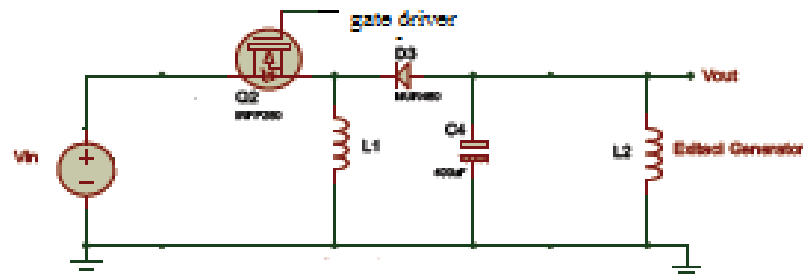
Blok diagram merupakan penjelasan ringkas mengenai sebab dan akibat antara masukan dan keluaran pada suatu sistem dalam bentuk susunan blok-blok. Sistem kontrol terdiri dari sejumlah komponen yang terhubung untuk melakukan fungsi yang di inginkan. Diagram blok untuk tugas akhir ini adalah sebagai berikut :



Gambar 9. Blok diagram *Buck-boost converter* menggunakan kendali PID

Perancangan Konverter *Buck-boost*

Komponen utama konverter *buck-boost* terdiri dari induktor, mosfet, dioda dan kapasitor. Induktor berfungsi untuk menyimpan arus, sedangkan kapasitor untuk menyimpan tegangan, dan Dioda digunakan juga berfungsi sebagai *switching* yang bekerja pada keadaan *switch* mosfet dalam keadaan terbuka. Berikut merupakan gambar rancangan konverter *buck-boost*.



Gambar 10. Rangkaian *buck-boost converter*

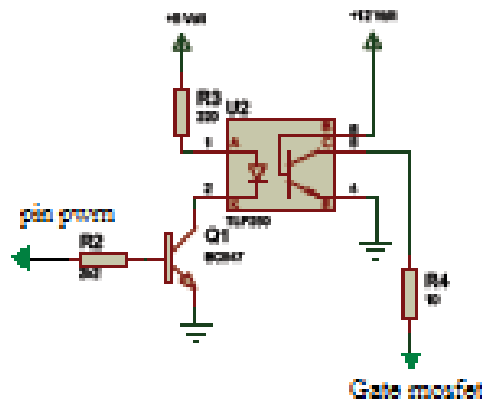
Pada tabel 2 dapat dilihat spesifikasi perancangan *buck-boost converter*.

Tabel 2. Spesifikasi perancangan *buck-boost converter*

Tegangan <i>Input</i>	50 VOLT
Tegangan <i>Output</i>	10 – 100
Nilai Pwm	16 % - 67 %
Mosfet	IRFP460
Induktor	2.22 mH
Capasitor	100uF
Resistor	100 Ω
Dioda	Schottky 20SQ45

Perancangan Gate Driver

Rangkaian *driver buck-boost converter* pada penelitian ini menggunakan komponen TLP250 yang dirangkai menggunakan metode *inverting*.



Gambar 11. Rangkaian *Gate driver* mosfet

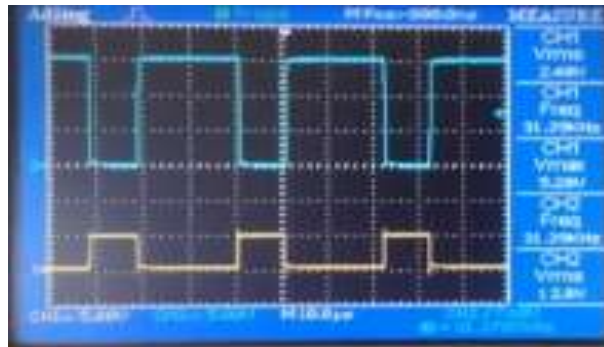
TLP250 yang dirangkai secara *inverting* ini jika PWM yang diberi dari mikrokontroler bernilai *high* maka keluaran *driver* akan bernilai *low*, jika PWM dari mikrokontroler bernilai *low* maka keluaran *driver* bernilai *high*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Rangkaian Driver Mosfet

Gate driver pada alat ini berfungsi sebagai *interface* antara Mosfet dengan mikrokontroler Arduino uno. Mosfet membutuhkan tegangan ± 20 volt, sedangkan mikrokontroler Arduino Uno hanya mampu menghasilkan V_{out} sebesar 5 Volt saja. Untuk itu digunakan rangkaian *gate drive* untuk menaikkan tegangan sesuai tegangan yang dibutuhkan. Dimana pengujian rangkaian *gate drive* ini dilakukan dengan cara menghubungkan rangkaian *gate drive* dengan *supply* sebesar 15 volt. Gambar 12 menunjukkan keluaran dari PWM mikrokontroler (pulsa kuning) dan keluaran *gate driver* (pulsa biru) ketika diberi PWM sebesar 80.

Karena *gate driver* dirangkai secara *inverting*, maka ketika diberikan PWM mikrokontroler sebesar 80, maka *gate driver* akan mengeluarkan PWM sebesar 175 ($Pwm_{gate} = 255 - 80$). Sehingga *duty cycle* pada *gate driver* sebesar 0,68 ($D = 175/255$).



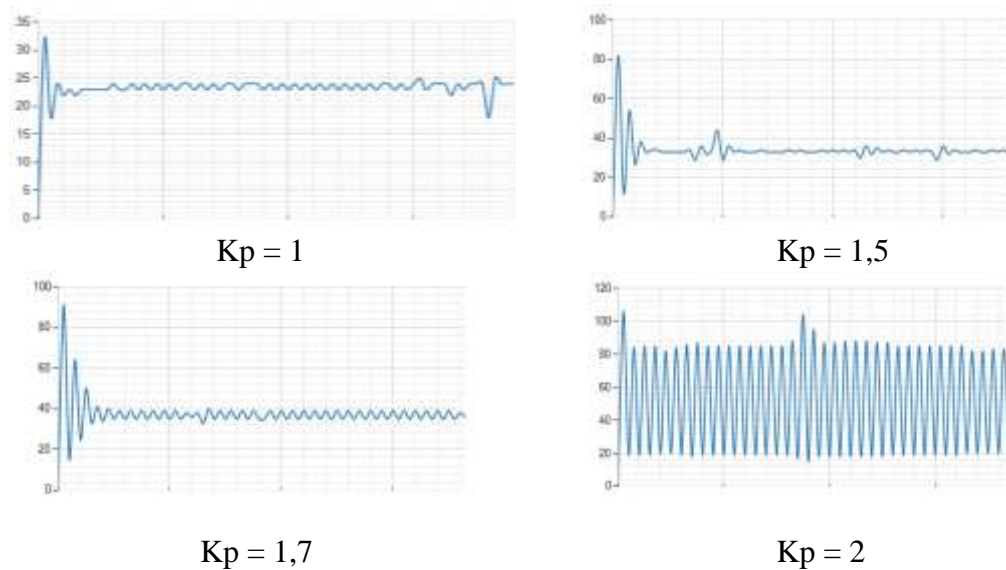
Gambar 12. Gelombang keluaran PWM dan *Gate driver mosfet*

Tunning PID

Pemilihan konstanta PID yang tepat sangat mempengaruhi kinerja dari sistem untuk mendapat respon sistem yang stabil terhadap perubahan beban, tidak adanya *overshoot*, *error* yang mendekati nol, *rise time* dan *settling time* yang cepat. Pada penelitian ini, penulis melakukan penalaan PID menggunakan 4 metode yaitu Ziegler-Nichols 2 yang telah dimodifikasi menjadi 3 tipe yaitu *original ZN*, *some overshoot, no overshoot* dan metode *trial and error*. Hasil penalaan PID yang menghasilkan respon keluaran *buck-boost converter* terbaik akan digunakan sebagai konstanta kendali PID pada konverter *buck-boost*.

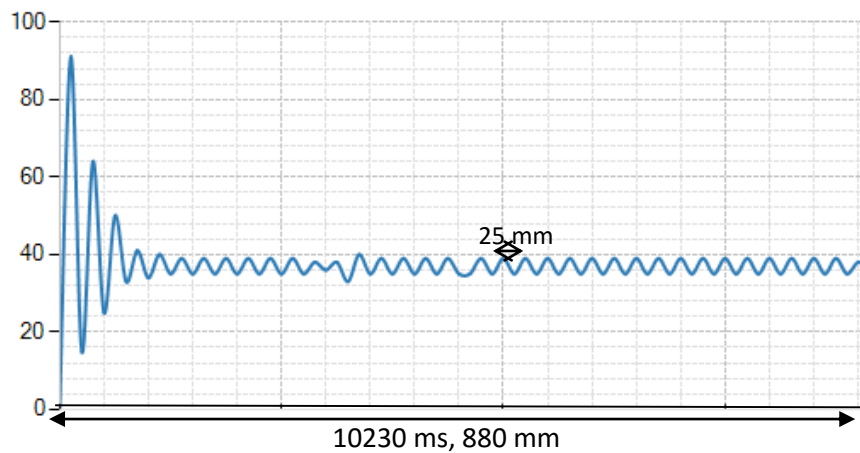
Penalaan PID metode Ziegler-Nichol 2 disebut juga dengan metode *close loop*. Penalaan PID ini dilakukan dengan memberikan nilai 0 pada T_i dan T_d , sedangkan nilai K_p dinaikkan dari 0 hingga tercapai nilai K_p yang menghasilkan grafik osilasi yang berkesinambungan.

Pada penalaan PID ini, Grafik respon dilihat menggunakan *serial plotter* pada aplikasi *Serial Lab*. Pada aplikasi *Serial Lab* ini tidak menampilkan *timer* pada sumbu *absis*, sehingga untuk menentukan waktu respon dilakukan secara manual menggunakan *stopwatch*. Gambar 13 menunjukkan grafik respon sistem *Buck-boost converter* terhadap perubahan nilai K_p dengan Tegangan setpoint 100V dan waktu pengambilan rata-rata 10 detik.



Gambar 13. Respon tuning PID

Dari beberapa hasil pengujian menggunakan *propotional band*. Dengan nilai Kp dinaikan bertahap hingga ke suatu nilai kritis (Kcr) yang menghasilkan osilasi yang berkesinambungan , maka dari grafik diatas osilasi yang berkesinambungan terdapat pada nilai Kcr 1,7. Grafik osilasi yang berkesinambungan pada Kcr 1.7 akan digunakan untuk menentukan nilai Pcr , sehingga nantinya akan didapatkan nilai Ti dan Td dengan menggunakan rumus pada tabel 1.



Gambar 14. Tuning PID

Dari grafik respon dengan Kcr 1.7 diatas dapat ditentukan nilai Pcr sebagai berikut :

$$Pcr = \frac{25}{880} \times 10230$$

$$Pcr = 290,625 \text{ ms} = 0,290 \text{ s}$$

Untuk mendapatkan konstanta PID, ada beberapa versi penentuan konstanta PID mengguna metode Ziegler Nichols 2 yang telah di modifikasi yaitu *original Z-N*, *Some Overshoot* dan *No Overshoot* seperti pada tabel 1. Berikut hasil perhitungan dan pengujian pada setiap versi penentuan konstanta PID menggunakan metoda Ziegler-Nichols 2 :

1) Original Z-N

$$T_i = 0,5 \times P_{cr} = 0,5 \times 0,290$$

$$T_i = 0,145$$

$$T_d = 0,125 \times P_{cr} = 0,125 \times 0,290$$

$$T_d = 0,03625$$

Nilai K_p , K_i , K_d dapat ditentukan dengan persamaan berikut :

$$K_p = 0,6 \times K_c = 0,6 \times 1,7$$

$$K_p = 1,02$$

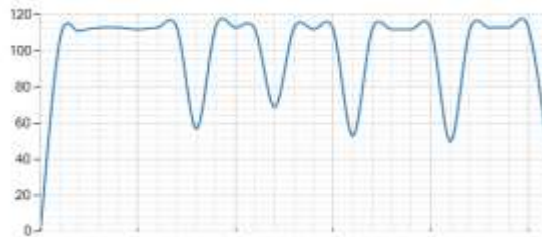
$$K_i = \frac{K_p}{T_i} = \frac{1,02}{0,145}$$

$$K_i = 7,0344$$

$$K_d = K_p \times T_d = 1,02 \times 0,03625$$

$$K_d = 0,0346$$

Dari pengujian dan perhitungan yang telah dilakukan maka didapatkan konstanta PID dengan penalaan menggunakan metode *original ZN* yaitu $K_p = 1,02$, $K_i = 7,0344$ dan $K_d = 0,0346$. Sehingga didapatkan grafik respon tegangan keluaran konverter *buck-boost* seperti gambar 15 dibawah ini , dimana pada pengujian ini diberikan tegangan *set point* 100V.

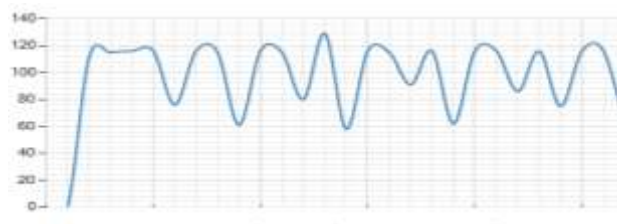


Gambar 15. Grafik respon keluaran *Buck-boost converter* tipe penalaan *Original Z-n*

Dari grafik respon tegangan keluaran *Buck-boost converter* metode *origal ZN* diatas masih terdapat *error* yang cukup tinggi yaitu 10 V dan respon masih belum stabil .

2) Some Overshoot

Dari perhitungan berdasarkan tabel 1 maka didapatkan konstanta PID dengan penalaan menggunakan metode ZN-2 pada tipe *some overshoot* sebesar $K_p = 0,561$, $K_i = 3,868$ dan $K_d = 0,0203$. Sehingga didapatkan grafik respon tegangan keluaran konverter *buck-boost* seperti gambar 16 dibawah ini , dimana pada pengujian ini diberikan tegangan *set point* 100V.

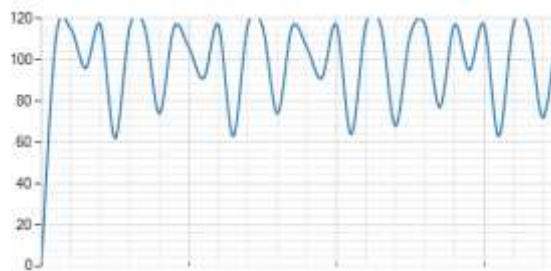


Gambar 16. Grafik respon keluaran *Buck-boost converter* tipe penalaan *Some Overshoot*

Dari grafik respon tegangan keluaran *Buck-boost converter* gambar 16 diatas terdapat osilasi yang masih tinggi, dan *error* sebesar 20 V.

3) No Overshoot

Dari perhitungan berdasarkan tabel 1 maka didapatkan parameter PID dengan penalaan menggunakan metode ZN-2 pada tipe *No overshoot* sebesar $K_p = 0,34$, $K_i = 2,34$ dan $K_d = 0,12325$. Sehingga didapatkan grafik respon tegangan keluaran konverter *buck-boost* seperti gambar 17 dibawah ini , dimana pada pengujian ini diberikan tegangan *set point* 100V.

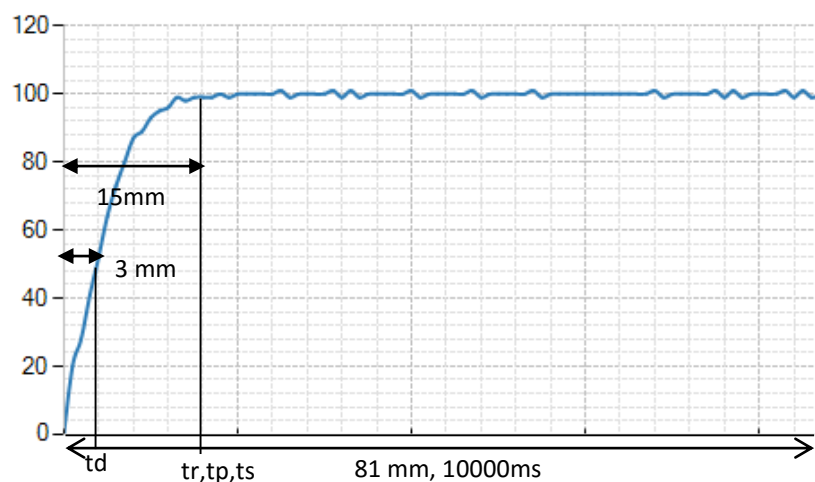


Gambar 17. Hasil respon keluaran *Buck-boost converter* tipe penalaan *No Overshoot*

Grafik respon tegangan keluaran *Buck-boost converter* pada gambar 17 diatas terdapat osilasi yang masih tinggi, masih jauh dari kestabilan, dan terdaat *error* sebesar 20V.

4) Metode *trial and error*

Dari pengujian penalaan PID berdasarkan metode ZN 2 dengan berbagai tipe, belum didapatkan hasil yang optimal dari respon keluaran *buck-boost* yang stabil dan sesuai dengan *set point* . Langkah selanjutnya yaitu dengan metode *trial and error*. Pada pengujian *trial and error* ini cukup menghabiskan waktu karna penentuan konstata PID dilakukan dengan uji coba dengan mengganti-ganti konstanta PID hingga didapatkan respon terbaik yaitu $K_p = 0,34$, $K_i = 0,355$ dan $K_d = 0,0195$. Gambar 18 memperlihatkan grafik respon hasil pengujian dengan metode *trial and error* dengan setpoint 100 V dan beban yang digunakan lampu pijar 100 Watt .



Gambar 18. Grafik respon keluaran *buck-boost converter* menggunakan metode *trial and error*

Dari grafik respon keluaran *buck-boost converter* pada gambar 18 diatas dapat dilihat bahwa tidak ada Overshoot, serta *error steady state* ialah 0. Tanggapan respon transient dapat ditentukan dari gambar 33, sebagai berikut :

a) *Time delay (td)*

Time delay merupakan waktu keterlambatan respon output terhadap input mulai dari $t = 0$ hingga respon mencapai 50%.

$$td = \frac{3}{81} \times 10000 = 370,3 \text{ ms} = 0,37 \text{ s}$$

b) *Rise time (tr)*

Rise time waktu yang dibutuhkan mulai dari tanggapan awal respon $t = 0$ sampai memotong sumbu *steady state* pertama kalinya.

$$tr = \frac{15}{81} \times 10000 = 1851,852 \text{ ms} = 1,851 \text{ s}$$

c) *Peak time (tp)*

Peak time atau waktu yang dibutuhkan untuk mencapai puncak overshoot pertama kali. Dari respon keluaran *buck-boost converter* menggunakan PID seperti gambar 15 tidak terdapat overshoot.

d) *Settling time (ts)*

Settling time adalah waktu yang dibutuhkan untuk mencapai respon *steady state* (biasanya 5% atau 2%).


$$ts = \frac{15}{81} \times 10000 = 1851,852 \text{ ms} = 1,851 \text{ s}$$

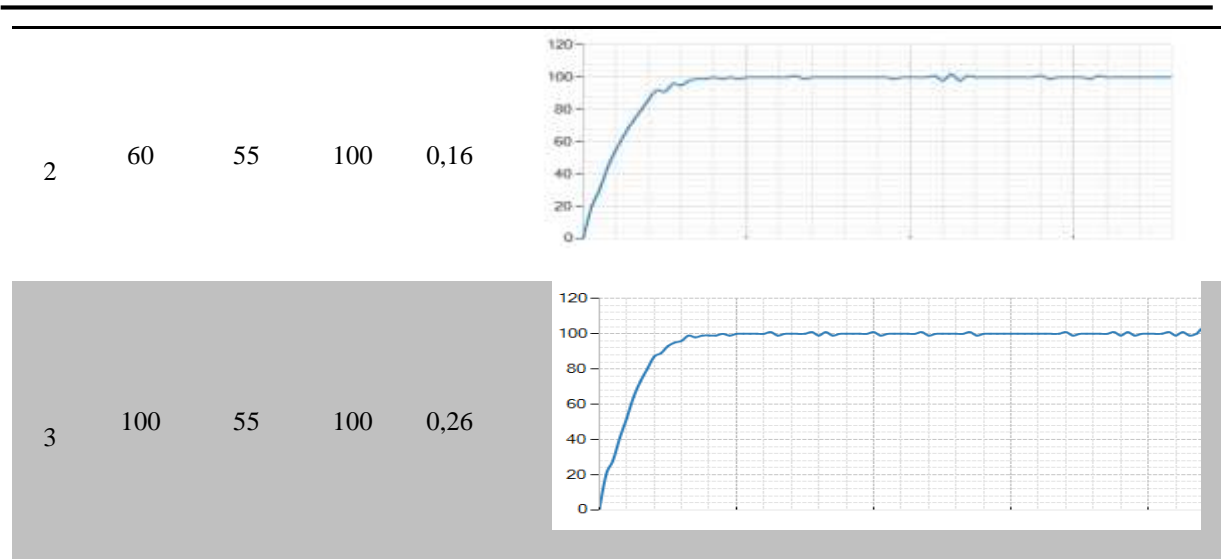
Dari spesifikasi waktu transient diatas maka dapat disimpulkan respon keluaran *Buck-boost converter* menggunakan PID dengan metode tuning PID *trial and error* menghasilkan respon yang baik yaitu tidak adanya overshoot, *steady state error* mendekati nol dan *rise time* yang cepat.

Pengujian Konverter *Buck-boost* Menggunakan kendali PID dengan Beban Yang Bervariasi

Pengujian konverter *buck-boost* menggunakan kendali PID dilakukan dengan beban bervariasi yaitu 25 Watt, 60 Watt dan 100 Watt. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah sistem dapat mempertahankan kestabilan sesuai dengan set point yang diinginkan dengan adanya perubahan beban. Pada pengujian ini diberikan tegangan input 55 V dengan tegangan keluaran *buck-boost* yang diinginkan (*setpoint*) yaitu 100 V dengan parameter PID yaitu $K_p = 0,34$, $K_i = 0,355$ dan $K_d = 0,0195$

Tabel 3. Pengujian respon *Buck-boost converter* menggunakan kendali PID terhadap variasi beban

NO	Beban (W)	Vset (V)	Vout (V)	Iout (A)	Respon
1	25	55	100	0,05	



Dari data pengujian menggunakan variasi lampu pijar diatas dengan diberikan perubahan beban mulai dari 25 Watt, 60 Watt dan 100 Watt , *buck-boost converter* dengan kendali PID mampu mempertahankan kestabilan tegangan sesuai dengan *setpoint* yang diinginkan. Hasil pengujian tersebut membuktikan bahwa perancang *Buck-boost converter* menggunakan kendali PID telah sesuai dengan tujuan perancangan alat yaitu untuk mendapatkan tegangan keluaran yang stabil tanpa adanya overshoot serta *rise time* dan *settling time* yang cepat dengan *error* mendekati nol.

PENUTUP

Dari hasil pengujian konverter *buck-boost* menggunakan kendali PID, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Pentingnya pemilihan konstanta kendali PID yang tepat untuk mendapatkan respon sistem yang stabil tanpa adanya overshoot serta *rise time* dan *settling time* yang cepat dengan *error* mendekati nol.
2. Dari 4 metode penalaan PID yaitu menggunakan metode Ziegler-Nichols yang telah dimodifikasi menjadi 3 tipe : *original ZN*, *some overshoot* dan *no overshoot* dan menggunakan metode *trial and error*. Respon keluaran konverter *buck-boost* terbaik didapatkan dengan menggunakan metode *trial and error*.
3. Hasil pengujian konverter *buck-boost* dengan kendali PID dengan beban yang bervariasi menghasilkan respon yang stabil dengan *error steady state* = 0, *time delay* = 0,37 s, *rise time* = 1,8 s, *peak time* = 0 dan *settling time* = 1,8 s.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Ashari, "Simulasi Double Buck Boost Converter DC-DC Bidirectional Menggunakan PID Controller B-1 B-2," vol. 7, pp. 1–6, 2015.
- [2] R. H. G. Tan and L. Y. H. Hoo, "DC-DC converter modeling and simulation using state space approach," in *2015 IEEE Conference on Energy Conversion, CENCON 2015*, 2015, doi: 10.1109/CENCON.2015.7409511.
- [3] H. Hermansyah, A. Komunitas, and I. Manufaktur, "DESAIN DAN SIMULASI KONTROL TEGANGAN OUTPUT BOOST CONVERTER MENGGUNAKAN METODE FUZZY LOGIC CONTROL (FLC)," no. November, 2019.

-
- [4] H. Do, "Single-Switch Buck Converter with a Ripple-Free Inductor Current," pp. 507–511.
- [5] Asnil and H. Irma, "Analisis Riak Keluaran Buck Converter," no. 0561, pp. 8–10, 2012.
- [6] S. Ding and F. Wang, "A New Negative Output *Buck-boost* Converter with Wide Conversion Ratio," *IEEE Trans. Ind. Electron.*, vol. 64, no. 12, pp. 9322–9333, 2017, doi: 10.1109/TIE.2017.2711541.
- [7] A. L. Fithri *et al.*, "Desain Dan Karakterisasi Konverter Dc Ke Dc Berbasis Rangkaian *Buck-boost* Pada Sistem Maximum Power Point Tracking (Mppt) Design and Characterization of Dc To Dc Converter Based Buck- Boost in Maximum Power Point Tracking (Mppt) System," vol. 5, no. 2, pp. 2314–2321, 2018.
- [8] S. Wibowo, M. Facta, and A. Nugroho, "Operasi Dc-Dc Konverter Tipe Cuk Dengan Mode Dcm & Ccm Dengan Transistor Sc2555 Sebagai Saklar," no. Ccm.
- [9] P. Surya, "RANCANG BANGUN *BUCK-BOOST* CONVERTER SEBAGAI REGULATOR TEGANGAN KELUARAN PADA PANEL SURYA."
- [10] J. T. Elektro, F. T. Industri, and U. I. Indonesia, "Rancang Bangun Konverter Buck Boost Dengan," 2018.
- [11] P. N. D. Mehta, P. A. M. Haque, and P. M. V Makwana, "Modeling and simulation of P, PI and PID controller for speed control of DC Motor Drive," vol. 8, no. 7, pp. 556–562, 2017.
- [12] P. Seminar *et al.*, "Rancang Bangun *Buck-boost* Converter Pada Panel Surya Menggunakan Metode Kontrol PI Dan PID Berbasis Mikrokontroler," *J. Penelit. Enj.*, vol. 21, no. 1, pp. 87–92, 2017, doi: 10.25042/jpe.052017.13.
- [13] R. Fadri and I. Husanaini, "ARDUINO UNO COMPARATIVE STUDY OF PI AND PID CONTROL IN VOLTAGE OUTPUT BUCK CONVERTER BASED ON ARDUINO UNO MICROCONTROLLER," vol. 17, no. 2, 2018, doi: 10.20449/INVOTEK.
- [14] T. Wisesa, "Perancangan Pengaturan Kecepatan Motor Induksi Satu Fasa dengan PWM Menggunakan Pengendali PID Berbasis Arduino," pp. 1–49, 2014.
- [15] N. Luo, Y. Vidal, and L. Acho, *Advances in Industrial Control Control*. 2014.
- [16] J. Jurnal, T. Elektro, D. A. N. Vokasional, and C. D. Alel, "Rancang Bangun Buka Tutup Pintu Air Otomatis pada Irigasi Sawah Berbasis Arduino dan Monitoring Menggunakan Android," vol. 06, no. 01, pp. 167–178, 2020.
- [17] F. W. Azhari and Aswardi, "Sistem Pengendalian Motor DC Menggunakan Buck Converter Berbasis Mikrokontroler ATmega 328," vol. 06, no. 01, pp. 352–364, 2020.
- [18] H. E. Edovidata, "Perancangan Sistem Pengisian Accumulator Mobil Listrik dengan Sumber Listrik Solar Cell Berbasis Mikrokontroler," vol. 6, no. 1, pp. 57–68, 2020.

Biodata Penulis

Sheren Diusti Dwi Putri,Amd lahir di Kota Solok, 15 Desember 1996.Menyelesaikan studi DIII di Teknik Listrik Politeknik Negeri Padang pada tahun 2017. Sedang menyelesaikan Studi Teknik Elektro Industri (DIV), di Jurusan TeknikElektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang dengan tahun masuk 2018.

Drs. Aswardi, M.T dilahirkan di Kubang Putih Agam, 21 Februari 1959. Adalah dosen aktif di jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang, yang mana beliau sekarang juga sedang menjabat sebagai Kepala UPT. PTIK Universitas Negeri Padang. Riwayat pendidikan beliau dengan Sarjana 1 di IKIP Padang dan Magister di Institut Teknologi Bandung
