

## Implementasi Kontroler PID Pada Buck Converter

*Implementation of PID Controller in Buck Converter*Fadlika Ardiansyah<sup>1</sup>, Raihan Nurhakim<sup>2</sup> Muhammad Adli Rizulloh<sup>3</sup><sup>1,2,3</sup>Pendidikan Teknik Otomasi Industri dan Robotika

Universitas Pendidikan Indonesia

fadlikaardiansyah@upi.edu<sup>1</sup>, raihannurhakim@upi.edu<sup>2</sup>, muhammad.adli.riz@upi.edu<sup>3</sup>

**Abstrak** – Penelitian ini membahas penggunaan buck converter (step-down) dan kontroler PID dalam pengaturan gelombang keluaran. Penelitian dilakukan dengan menggunakan metode bump test dan simulasi menggunakan perangkat lunak PSIM. Tujuan utama penelitian ini adalah untuk mendapatkan nilai optimal parameter  $K_p$ ,  $T_i$ ,  $T_d$ ,  $K_d$ , dan  $K_i$  untuk mencapai kestabilan gelombang keluaran pada tegangan output 5V. Pada penelitian ini, terdapat dua variasi kapasitor yang digunakan, yaitu 470 $\mu$ F dan 1000 $\mu$ F. Dalam metode bump test, parameter  $K_p$  diatur menjadi 1,  $T_i$  dan  $T_d$  diatur menjadi 0 atau tak hingga, dan input serta output diobservasi. Selanjutnya, dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai  $K$ ,  $T$ , dan  $L$  dengan menggunakan rumus yang sesuai. Hasil dari simulasi menunjukkan bahwa dengan kapasitor 470 $\mu$ F, diperoleh nilai  $K_p$  sebesar 6,909,  $K_i$  sebesar 86,362,  $K_d$  sebesar 345,45, dan tegangan output ( $V_o$ ) sebesar 5,21V. Sedangkan dengan kapasitor 1000 $\mu$ F, diperoleh nilai  $K_p$  sebesar 3,45,  $K_i$  sebesar  $23 \times 10^3$ ,  $K_d$  sebesar 93243,24, dan  $V_o$  sebesar 5,21V. Berdasarkan analisis gelombang keluaran, penggunaan kapasitor 470 $\mu$ F memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan kapasitor 1000 $\mu$ F, karena menghasilkan steady state yang lebih baik dan mengurangi overshoot. Namun, nilai tegangan output belum mencapai target yang diinginkan yaitu 5V, baik dengan menggunakan kapasitor 470 $\mu$ F maupun kapasitor 1000 $\mu$ F. Kesimpulannya, penelitian ini berhasil mengimplementasikan penggunaan buck converter dan kontroler PID dengan metode bump test. Dari hasil simulasi, ditemukan bahwa parameter terbaik untuk mencapai kestabilan gelombang keluaran pada tegangan output 5V adalah dengan menggunakan kapasitor 470 $\mu$ F dengan nilai  $K_p$  sebesar 6,909,  $K_i$  sebesar 86,362, dan  $K_d$  sebesar 345,45.

**Kata Kunci:** Bump test, PID Controller, Buck Converter, capasitor

**Abstract** – This study discusses the use of buck converters (step-down) and PID controllers in output wave settings. The research was conducted using bump test and simulation methods using PSIM software. The main objective of this study is to obtain the optimal value of  $K_p$ ,  $T_i$ ,  $T_d$ ,  $K_d$ , and  $K_i$  parameters to achieve output wave stability at an output voltage of 5V. In this study, there were two variations of capacitors used, namely 470 $\mu$ F and 1000 $\mu$ F. In the bump test method, the parameters  $K_p$  are set to 1,  $T_i$  and  $T_d$  are set to 0 or infinity, and inputs and outputs are observed. Next, calculations are carried out to obtain the values of  $K$ ,  $T$ , and  $L$  using the appropriate formula. The results of the simulation showed that with a 470 $\mu$ F capacitor, a  $K_p$  value of 6,909,  $K_i$  of 86,362,  $K_d$  of 345,45, and an output voltage ( $V_o$ ) of 5.21V were obtained. While with a 1000 $\mu$ F capacitor,  $K_p$  is 3,45,  $K_i$  is  $23 \times 10^3$ ,  $K_d$  is 93243,24, and  $V_o$  is 5.21V. Based on output wave analysis, the use of 470 $\mu$ F capacitors gives better results compared to 1000 $\mu$ F capacitors, as it produces better steady state and reduces overshoot. However, the output voltage value has not reached the desired target of 5V, either by using a 470 $\mu$ F capacitor or a 1000 $\mu$ F capacitor. In conclusion, this study successfully implemented the use of buck converters and PID controllers with the bump test method. From the simulation results, it was found that the best parameter to achieve output wave stability at an output voltage of 5V is to use a 470 $\mu$ F capacitor with a  $K_p$  value of 6,909,  $K_i$  of 86,362, and  $K_d$  of 345,45.

**Keywords:** Bump test, PID Controller, Buck Converter, capasitor

SENER 2023, 26 Oktober 2023, pp. 67-73

ISSN (p): 2985-4903

ISSN (e): 2986-2477



## 1. Pendahuluan

Buck converter (step-down) atau DC-DC converter merupakan sebuah jenis converter yang memiliki sebuah output tegangan lebih kecil jika dibandingkan dengan tegangan inputnya. Dimana converter tersebut digunakan untuk mengkonversi tegangan DC (Direct Current) masukan ke bentuk tegangan keluaran DC yang lebih kecil. Buck converter juga merupakan salah satu regulator dc dengan tipe switching non-isolated dimana hal tersebut akan memenuhi sebuah tegangan keluaran variable. Salah satu pendekatan yang baik untuk menganalisis converter DC-DC ini adalah pendekatan dengan metode bump test. Metode bump test ini merupakan sebuah metode yang dilakukan untuk menguji suatu komponen bekerja dengan benar dan akurat.

PID controller merupakan sebuah pengontrol yang memiliki dua posisi yaitu on dan off. Seperti Namanya PID yaitu pengontrol proposional, pengontrol integral dan pengontrol derivative yang dimana pengontrol P memiliki kelebihan dapat mempercepat respon, dan memiliki kekurangan akan mengalami error steady state pada respon yang dihasilkan. Namun akurasi dalam pengontrolan respon terdapat beberapa kesalahan, akan tetapi hal tersebut dapat diatasi dengan pengontrol PI, sehingga respon yang dihasilkan tadi tidak mengalami error steady state akan tetapi respon yang dihasilkan akan mengalami yang namanya osilasi. Namun hal tersebut dapat dikurangi dengan adanya pengontrol PD. Jadi dalam pengontrol PID memiliki pengaturan control yang memungkinkan untuk mengatur dinamika pada sebuah system kendali sesuai dengan apa yang diinginkan.

Dengan menggunakan software yang telah kami gunakan sebelumnya yaitu menggunakan PSIM. kami membuat dan mensimulasikan suatu rangkaian menggunakan buck converter dan juga PID controller kemudian menyesuaikan bentuk gelombangnya dimana harus mengalami keadaan steady state dan tentunya meminimalisir adanya dan terjadinya overshoot dengan cara mencari. Menghitung dan menyesuaikan beberapa parameter seperti Kp, Ti, Td, Kd, dan juga Ki. Dimana pada simulasi yang kami buat tersebut akan menghasilkan output tegangan sebesar 5V dalam keadaan steady statenya.

## 2. Metode Penelitian

### a. Bump Test

Pada penelitian ini kami menggunakan metode bump test. Dengan menggunakan metode bump test, kita tidak memerlukan spesifikasi khusus untuk suatu sistem yang akan diatur, karena dengan metode ini kita hanya akan mengukur respon suatu sistem terhadap keluarannya. Dengan metode ini kita harus menguji rangkaian simulasi kita dengan beberapa parameter yaitu Kd, Kp, dan Ki dimana dengan kondisi tersebut Kd = 0, Kp = 1, and Ki = 0.

Langkah yang dilakukan untuk menyetel bump test ada 3, yaitu:

1. Nilai kp harus 1, niali Ki dan Kd harus 0, nilai Td harus 0 dan atau Ti disetel menjadi tak hingga.
2. Masukn input dengan memperhatikan grafiknya dan juga grafik outputnya.
3. Mencari nilai K, T, dan L dimana K adalah gain statis pada proses, T adalah konstanta paa waktu proses dan L adalah delay transportasi.

Dengan rumus:

$$K = \frac{\Delta PV}{\Delta CO}$$

$$T = 1,5(t_{63\%} - t_{28\%})$$

$$L = t_{63\%} - T$$

Keterangan:

K = gain statis pada proses

- $\Delta PV$  = Tegangan pada saat kondisi steady state
- $\Delta CO$  = Tegangan Output
- $T$  = konstanta pada waktu proses
- $t_{63\%}$  = Tegangan yang dihasilkan ketika keadaan waktu 63% saat keadaan steady state
- $t_{28\%}$  = Tegangan yang dihasilkan ketika
- $L$  = Delay transportasi

Tabel 1. Bump test Tuning Formulas

	Kp	Ti	Td
PID	$\frac{1,2T}{LK}$	$2L$	$0,5L$

### 3. Hasil dan Pembahasan

Parameter yang digunakan pada penelitian ini tercantum dalam tabel 2

Tabel 2. Spesifikasi Buck Converter

Specification Buck's Converter	
Parameter	Nilai
Input Voltage ( $V_s$ )	6 V
Output Voltage ( $V_o$ )	5 V
Switching Frequency	20 KHz
Resistance of Inductor ( $R_l$ )	1,5 $\Omega$
Resistance of Capacitor ( $R_c$ )	0,3 $\Omega$
Inductor ( $L$ )	300 mH
Load resistor ( $L$ )	10 $\Omega$

Menghitung Arus Keluaran ( $I_{out}$ )

$$I_{out} = \frac{V_{out}}{R_{load}}$$

$$I_{out} = \frac{5}{10}$$

$$I_{out} = 0,5 \text{ A}$$

Menghitung Nilai Minimum Induktor

$$L > \frac{V_{out}}{2 \times I_{out} \times F}$$

$$L > \frac{5}{2 \times 0,5 \times 20000}$$

$$L > 0,00025 \text{ H}$$

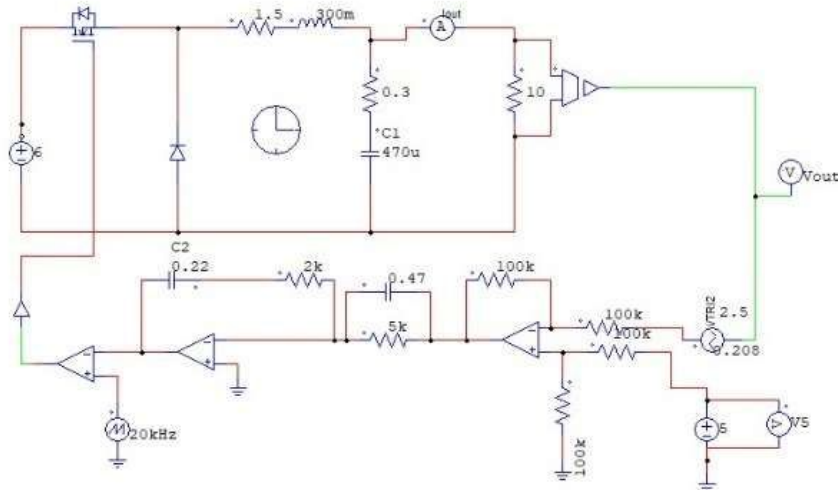
$$L > 0,25 \text{ mH}$$

Pada penelitian ini, kita mengambil kita mengambil 300mH dan menggabungkan kapasitor 470 μF

$$K = \frac{\Delta pv}{\Delta co} = \frac{5,21}{5} = 1,042$$

$$T = 1,5(t63\% - t28\%) \\ = 1,5(0,28 - 0,12) \\ = 0,24 \times 10^{-3}$$

$$L = t63\% - T \\ = (0,28 - 0,24) 10^{-3} \\ = 0,04 \times 10^{-3}$$



- Menggunakan Kapasitor 470μF

$$Kp = \frac{1,2 \times T}{L \times K} \\ = \frac{0,288}{0,04 \times 1,042} \\ = 6,909$$

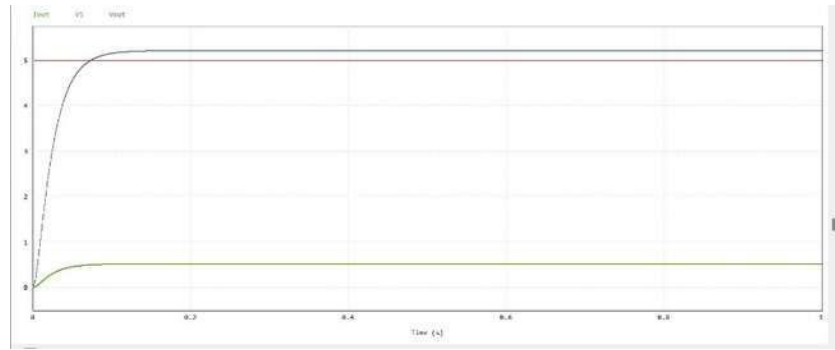
$$Ti = 2 \times L \\ = 2 \times 0,04 \\ = 0,08$$

$$Td = 0,5 \times L \\ = 0,5 \times 0,04 \\ = 0,02$$

$$Ki = \frac{Kp}{Ti} \\ = \frac{6,909}{0,08} \\ = 86,362$$

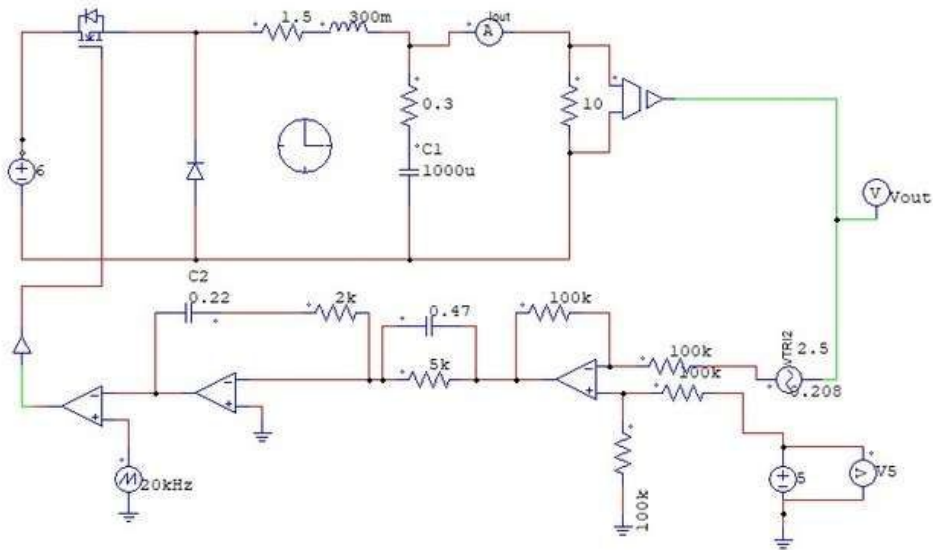
$$Kd = \frac{Kp}{Td} \\ = \frac{6,909}{0,02} \\ = 345,45$$

Kp	Ki	Kd
6,909	86,362	345,45



Measure	X1	X2	$\Delta$	Average	Average  X	RMS
Time	2.00004e-01	8.00001e-01	5.99997e-01			
iout	5.21474e-01	5.21521e-01	4.77086e-05	5.21520e-01	5.21520e-01	5.21520e-01
V5	5.00000e+00	5.00000e+00	0.00000e+00	5.00000e+00	5.00000e+00	5.00000e+00
Vout	5.21474e+00	5.21521e+00	4.77084e-04	5.21520e+00	5.21520e+00	5.21520e+00

- Menggunakan Kapasitor 1000 $\mu$ F



$$\begin{aligned}
 K &= \frac{\Delta PV}{\Delta CO} \\
 &= \frac{5,21}{5} \\
 &= 1,042 \\
 T &= 1,5 (t_{63\%} - t_{28\%}) \\
 &= 1,5 (0,30 - 0,15) \\
 &= 0,225 \times 10^{-3} \\
 L &= 0,30 - 0,225 \\
 &= 0,075 \times 10^{-3}
 \end{aligned}$$

$$K_p = \frac{1,2 \times T}{L \times K} = 3,45$$

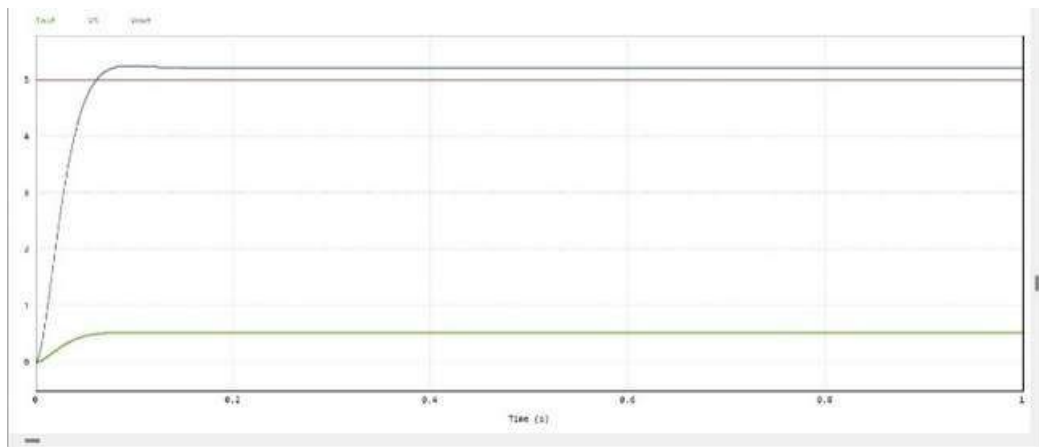
$$T_i = 2 \times L = 0,15 \times 10^{-3} = 0,00015$$

$$T_d = 0,5 \times L = 0,037 \times 10^{-3} = 0,000037$$

$$K_i = \frac{K_p}{T_i} = 23 \times 10^3$$

$$K_d = \frac{K_p}{T_d} = 9324,32$$

Kp	Ki	Kd
3,45	23 x 10 <sup>3</sup>	93243,24



Measure						
	X1	X2	Δ	Average	Average [X]	RMS
Time	2.00004e-01	8.00001e-01	5.99997e-01			
Iout	5.21498e-01	5.21521e-01	2.35248e-05	5.21521e-01	5.21521e-01	5.21521e-01
V5	5.00000e+00	5.00000e+00	0.00000e+00	5.00000e+00	5.00000e+00	5.00000e+00
Vout	5.21498e+00	5.21521e+00	2.35247e-04	5.21521e+00	5.21521e+00	5.21521e+00

Method	Capasitor	Vo	Kp	Ki	Kd
Bump	1000 μF	5,21	3,45	23 x 10 <sup>3</sup>	9324,32
Test	470 μF	5,21	6,909	86,362	345,45

#### 4. Kesimpulan

Pada penelitian ini mengimplementasikan penggunaan buck converter dan PID controller dengan menggunakan metode bump test kemudian diperoleh hasil dari simulasi Ki, Kp, Kd, dan Vo dengan kapasitor 470μ dan 1000μ dalam ketabilan gelombang keluaran yaitu untuk kapasitor

470 $\mu$  diantaranya  $K_p = 6,909$ ,  $K_i = 86,362$ ,  $K_d = 345,45$  dan  $V_o = 5,21$  V. untuk kapasitor 1000 $\mu$  diantaranya  $K_p = 3,45$ ,  $K_i = 23 \times 10^3$ ,  $K_d = 93243,23$ , dan  $V_o = 5,21$  V.

Dilihat dari hasil gelombang antara kapasitor 470  $\mu$  dengan kapasitor 1000 $\mu$ , lebih baik menggunakan kapasitor 470  $\mu$ . Penggunaan kapasitor 470  $\mu$  memberikan steady state yang baik dibandingkan dengan kapasitor 1000  $\mu$  yang masih menghasilkan sedikit overshoot. Tetapi dari rangkaian tersebut keluarin tegangan belum mencapai nilai yang diinginkan yaitu 5V baik menggunakan kapasitor 470  $\mu$  ataupun kapasitor 1000  $\mu$ .

#### **Referensi**

- [1]. M. P. E. Rajamani, R. Rajesh, and M. Willjuice Iruthayarajan, "Design and Experimental Validation of PID Controller for Buck Converter: A Multi-Objective Evolutionary Algorithms Based Approach," *IETE J. Res.*, vol. 69, no. 1, pp. 21–32, 2023, doi: 10.1080/03772063.2021.1905564.
- [2]. D. Hidayat, "Implementasi Pengontrol Pid Pada Model Fisis Elektronik," *EKSAKTA Berk. Ilm. Bid. MIPA*, vol. 18, no. 02, pp. 178–185, 2017, doi: 10.24036/eksakta/vol18-iss02/75.
- [3]. A. E. TAŞÖREN, "Cohen-Coon Tabanlı Otomatik Ayarlayıcı Online PID Denetleyici Tasarımı ve Gerçeklenmesi," *Eur. J. Sci. Technol.*, no. 24, pp. 235–239, 2021, doi: 10.31590/ejosat.897727.
- [4]. Anonymous, "Kontrol PID," 2022.