

Peningkatan Kinerja Konverter Buck Boost Menggunakan Kontrol Logika Fuzzy**Bagas Briantara Putra Wiwaha, I Ketut Wiryajati, I Nyoman Wahyu Satiawan**

Universitas Mataram, Indonesia

Email: kjatiwirya@unram.ac.id

Abstrak

Konverter buck-boost adalah salah satu perangkat penting dalam aplikasi konversi daya yang mampu menaikkan atau menurunkan tegangan sesuai kebutuhan beban. Namun, Tantangan utama dalam pengoperasian konverter buck-boost adalah menjaga stabilitas tegangan keluaran. Pemilihan kontrol PID merupakan salah satu cara yang dapat digunakan untuk menjaga tegangan keluaran agar tetap stabil dalam penelitian ini digunakan buck boost dengan input 12 volt serta kontrol PID yang diatur dengan beberapa parameter yang dapat mengurangi kesalahan dan menstabilkan tegangan keluaran, Nilai konstanta PID yaitu $K_p = 2$ dan $K_i = 0.2$ dengan parameter tersebut didapatkan hasil yang kurang stabil dengan time rise = 72,45 ms dan overshoot = 0,995 % untuk mode boost dengan tegangan keluaran 24 volt dan time rise = 123,2 ms dan overshoot = 0,995 % untuk mode buck dengan tegangan keluaran 5 volt. Dengan demikian untuk memaksimalkan sistem dengan tegangan keluaran yang stabil digunakan kontrol logika fuzzy yang mempunyai respon waktu yang adaptif serta mampu beradaptasi terhadap variasi beban hasil simulasi menunjukkan tegangan keluaran dari kontrol logika fuzzy memiliki time rise = 114 ms dan overshoot = 0,761 % pada mode boost dan time rise = 104 ms dengan overshoot = 0,971 % pada mode buck. Keuntungan dari kontrol logika fuzzy yaitu lebih optimal dan mampu menyempurnakan kinerja sistem secara responsive dibandingkan dengan kontrol konvensional lain.

Kata Kunci: Konverter buck-boost, PID, Logika fuzzy, Peningkatan kinerja, Mode buck dan boost

Abstract

Buck-boost converters are one of the important devices in power conversion applications that are capable of increasing or decreasing the voltage according to the load requirements. However, the main challenge in operating a buck-boost converter is maintaining the stability of the output voltage. The selection of PID control is one of the ways that can be used to keep the output voltage stable, in this study, buck boost with 12 volts input is used and PID control is set with several parameters that can reduce errors and stabilize the output voltage, the PID constant values are $K_p = 2$ and $K_i = 0.2$ with these parameters obtained less stable results with time rise = 72.45 ms and overshoot = 0.995 % for boost mode with voltage 24 volt output and time rise = 123.2 ms and overshoot = 0.995 % for buck mode with an output voltage of 5 volts. Thus, to maximize the system with a stable output voltage, a fuzzy logic control is used which has an adaptive time response and is able to adapt to load variations, the simulation results show that the output voltage of the fuzzy logic control has a time rise = 114 ms and overshoot = 0.761 % in boost mode and time rise = 104 ms with overshoot =

0.971 % in buck mode. The advantage of fuzzy logic control is that it is more optimal and able to improve system performance responsively compared to other conventional controls.

Keywords: *Buck-boost converter, PID, Fuzzy logic, Performance boost, Buck and boost mode*

PENDAHULUAN

Buck-Boost Konverter merupakan rangkaian elektronika yang dapat meningkatkan/menurunkan tegangan dengan cepat (Almanda & Chamdareno, 2019; Banaei & Bonab, 2019). Itu tergantung dengan rasio tugas yang di berikan jika rasio tugas lebih dari 50% converter akan meningkatkan tegangan (boost), Sedangkan jika rasio tugas kurang dari 50% converter akan menurunkan tegangan (buck) (Wiryajati et al., 2024). Kemampuan ini memberikan fleksibilitas tinggi dalam pengaturan daya, menjadikan konverter Buck-Boost sebagai komponen penting dalam berbagai aplikasi teknologi. Prinsip kerja konverter Buck-Boost umumnya melibatkan penyimpanan energi dalam induktor selama satu siklus kerja dan melepaskannya ke beban selama siklus kerja berikutnya, dengan tegangan keluaran yang diatur oleh duty cycle dari saklar elektronik yang digunakan (Ajami et al., 2014; Jumiyatun et al., 2021).

Pengaturan Duty cycle selain dapat mengatur nilai konversi juga Konverter Buck Boost memiliki banyak keunggulan antara lain memiliki fleksibilitas tegangan dan stabilitas tegangan yang bagus meskipun memiliki banyak keunggulan Maulina et al., (2024), konverter Buck-Boost juga memiliki beberapa kelemahan yang signifikan salah satu masalah utamanya adalah kinerjanya yang tidak stabil ketika menghadapi variasi beban atau perubahan tegangan masukan (Adhul & Ananthan, 2020; Carrano et al., 2013).

Untuk mengatasi masalah tersebut kontrol PID sering digunakan pada sistem konverter daya seperti buck boost, kontrol PID dapat mengatur tegangan keluaran dengan lebih sederhana dan memiliki efektivitas yang bagus. Namun kontrol PID juga memiliki beberapa kelemahan, salah satunya Ketika siste memiliki karakteristik non-linear atau variable yang berubah-ubah (Setiawan, 2013). Dalam kondisi ini kontrol PID tidak dapat memberikan kinerja optimal karena sensitivitasnya terhadap perubahan parameter pada sistem. Seperti beban dan perubahan tegangan masukan (Yunta et al., 2022).

Untuk memaksimalkan hasil dari kontrol PID, Kontrol logika Fuzzy menjadi Solusi yang lebih adaptif dan fleksibel (Aura, 2024). Kontrol logika fuzzy memiliki kemampuan untuk mengatasi non-linear dan ketidakpastian yang ada dalam sistem, Sehingga dapat memberikan hasil yang lebih baik dalam mengatur tegangan keluaran pada konverter buck-boost. Penggunaan kontrol logika fuzzy pada konverter buck-boost dapat meningkatkan stabilitas dan akurasi tegangan keluaran, meskipun dengan variasi beban atau perubahan parameter pada system (Kusmantoro, 2022). Dengan demikian kontrol logika fuzzy mampu menyempurnakan kinerja konverter buck-boost, membuatnya lebih andal dan efisien serta praktis (IGAM, 2024).

METODE PENELITIAN

Perancangan Buck-Boost Konverter

Penulis melakukan simulasi rangkaian Konverter Buck-Boost menggunakan Simulink MATLAB setelah itu nilai-nilai parameter yang diperlukan untuk merancang dan mensimulasikan konverter buck-boost ditentukan.

Tabel 1. Spesifikasi Konverter Buck-Boost

Parameter	Nilai
Tegangan Input	12 V
Teganga Output	5V dan 24V
Resistor	6.5 Ω
Capasitor	$75 \times 10^{-4} F$
Induktor	$10 \times 10^{-6} H$
Frekuensi	20 KHz

Perancangan Kontrol PID

Kontrol PID berfungsi untuk mengontrol tegangan keluaran agar tetap stabil dan sesuai dengan nilai referensi yang diinginkan. Terdapat tiga parameter yang diatur pada kontrol PID yaitu propotional (Kp) yang berfungsi untuk membuat sistem merespon lebih cepat terhadap error namun juga dapat menyebabkan overshoot jika nilai propotional (Kp) terlalu besar, integral (Ki) berfungsi untuk menghilangkan error steady-state, dan derivative (Kd) berfungsi sebagai koreksi dari sistem sebelum terjadi overshoot.

$$U(t) = K_p \cdot e(t) + K_I \int_0^t e(\tau) d\tau + K_d \frac{d}{dt} e(t) \tag{1}$$

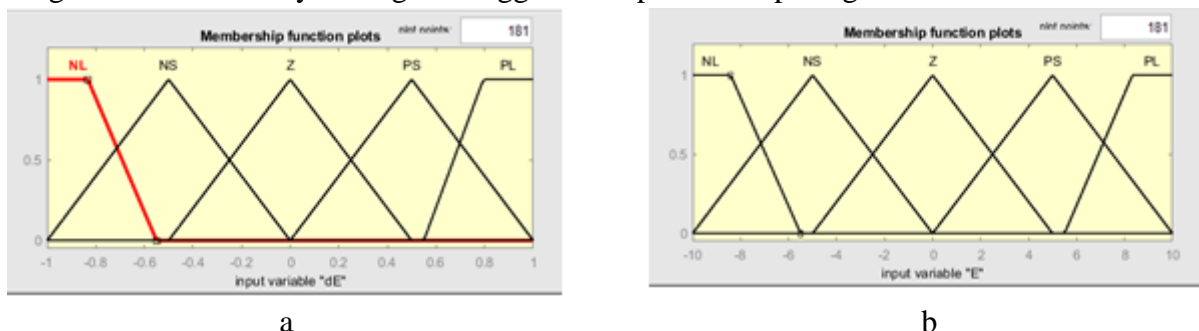
Keterangan :

- U(t) = Sinya Kontrol
- e(t) = Error
- K_p = Konstanta Propotional
- K_I = Konstanta Integral
- K_d = Konstanta Derivative

Perancangan Kontrol logika Fuzzy

Kontrol logika fuzzy berfungsi untuk mengontrol PWM untuk kontrol tegangan keluaran dari Buck – Boost converter. Kontrol tegangan ini digunakan untuk menghasilkan tegangan keluaran yang stabil. Variabel masukan fuzzy yang digunakan adalah nilai tegangan keluaran dari Konverter Buck – Boost yang nanti akan di olah melalui fuzzy inference siste dan diubah dalam deret keanggotaan pada fungsi keanggotaan Error (E) dan Delta Error ΔE. Sehingga keluaran fuzzy akan mengatur besarnya *duty cycle*.

Error (E) adalah perbedaan nilai anantara tegangan referensi dengan tegangan keluaran dari Buck-Boost Konverter. Sedangkan Delta Error adalah perbedaan nilai antara error saat ini dengan error sebelumnya. Fungsi keanggotaan dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Fungsi kanggotaan (a) Error, (b) Delta Error

Dari fungsi keanggotaan yang telah ditentukan dapat dibentuk rule base yang dapat dilihat seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. rule base

E/dE	NL	NS	Z	PS	PL
NL	NL	NL	NL	NS	Z
NS	NL	NL	NS	Z	PS
Z	NL	NS	Z	PS	PL
PS	NS	Z	PS	PL	PL
PL	Z	PS	PL	PL	PL

Keterangan :

NL = *Negative Large*

NS = *Negative Small*

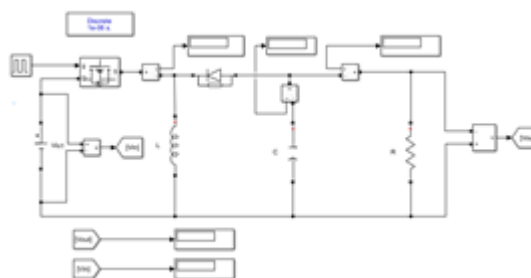
Z = *Zero*

PS = *Positif Small*

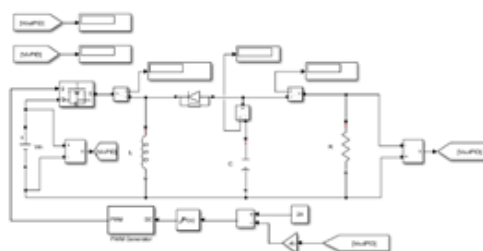
PL = *Positif Large*

Simulasi Konverter Buck- Boost

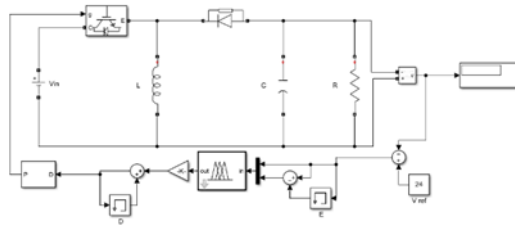
Konverter buck-boost memiliki tegangan input sebesar 12 V dan tegangan output dengan mode Buck sebesar 5V dan pada mode Boost sebesar 24 V. Untuk mencapai tegangan output yang stabil digunakan kontrol PID yang mengatur duty cycle berdasarkan perbedaan nilai yang terdeteksi. Serta penggunaan kontrol Logika Fuzzy yang akan menyempurnakan tegangan keluaran dari Buck-Boost Konverter. Simulasi dilakukan dengan menggunakan nilai parameter komponen yang telah ditetapkan sebelumnya. Simulasi dari rangkain buck boost menggunakan kontrol PID dan Fuzzy dapat dilihat pada gambar 3, 4 dan 5.



Gambar 3. Rangkaian Konverter Buck-Boost open loop



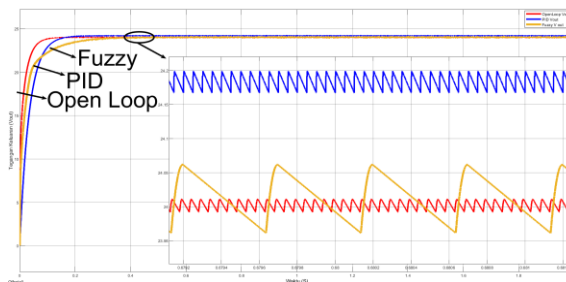
Gambar 4 Rangkaian Konverter Buck-Boost close loop PID



Gambar 5. Rangkaian Konverter Buck-Boost close loop Fuzzy

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Simulasi Konverter Buck-Boost mode boost



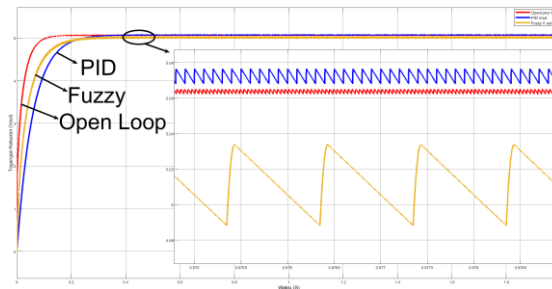
Gambar 6. Tegangan Keluaran 24 Volt mode Boost

Dari hasil simulasi di atas dapat di Analisa bahwa tegangan keluaran dari open loop pada buck boost menghasilkan tegangan 24,01 volt dengan waktu respon yang sangat cepat dan tidak dapat beradaptasi terhadap beban yang ada sehingga menyebabkan tegangan keluaran mengalami overshoot sebesar 0,041% dan membuat ripple tegangan yang tinggi juga (Huda, 2022). Tegangan keluaran pada buck boost dengan kontrol PID dengan nilai $K_p = 2$ dan $K_i = 0,2$ didapatkan overshoot yang tinggi sebesar 1,75% serta waktu respon yang lebih lambat dari pada kontroler lain karna harus memproses umpan balik untuk mengurangi error steady-state yang terjadi dan buck boost dengan kontrol logika fuzzy menghasilkan tegangan keluaran sebesar 24,08 volt dengan overshoot sebesar 0,3 % namun dengan respon waktu yang adiptif serta ripple tegangan yang sangat rendah dibandingkan dengan open loop dan kontrol PI (Otong & Bajuri, 2017). Data dari perbandingan antara konverter buck boost loop terbuka, pid dan fuzzy dapat dilihat pada table 3.

Tabel 3 Komparasi Kontrol

No	Performa	Kontroller		
		Loop Terbuka	PID	Fuzzy
1	Time Rise (Tr)	46.001 ms	72.452 ms	114.015 ms
2	Slew Rate (Sr)	208.789 s	133.60 s	84.490 s
3	Overshoot (Ov)	0.988%	0.995%	0.761%

Hasil Pengujian Simulasi Buck-Boost Konverter mode buck



Gambar 7. Tegangan keluaran 5 Volt mode Buck

Dari hasil simulasi pada gambar 7 didapatkan tegangan keluaran openloop sebesar 5.06 volt dengan waktu respon yang sangat cepat sehingga menyebabkan tegangan overshoot sebesar 0.992% dan ripple tegangan yang masih tinggi dan pada konverter buck boost menggunakan kontrol PID dengan nilai $K_p = 2$, $K_i = 0.2$ menghasilkan tegangan keluaran sebesar 5.076 volt dengan waktu respon yang lebih lambat dari controller lain yang menyebabkan tegangan overshoot sebesar 0.995% dan buck boost converter dengan kontrol fuzzy mendapatkan tegangan keluaran sebesar 5 volt serta waktu respon yang lebih rendah dari kontrol lain yang menyebabkan tegangan overshoot sebesar 0.971% dengan demikian kontrol fuzzy memiliki waktu respon yang lebih adaptif dengan overshoot yang kecil. Data dari perbandingan antara konverter buck boost loop terbuka, pid dan fuzzy dapat dilihat pada table 4.

Tabel 4 Komparasi Kontrol

No	Performa	Kontroller		
		Loop Terbuka	PID	Fuzzy
1	Time Rise (Tr)	57.763 ms	123.203 ms	104.051 ms
2	Slew Rate (Sr)	35.074 s	16.482 s	19738 s
3	Overshoot (Ov)	0.992%	0.995%	0.971%

KESIMPULAN

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan optimalisasi dari buck boost converter agar tegangan keluaran yang dihasilkan dapat stabil dan maksimal. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, Dengan menerapkan kontrol logika fuzzy dalam memodifikasi aturan dasar dari logika fuzzy seperti input error dan delta Error sehingga menghasilkan tegangan keluaran yang stabil dengan nilai 24 volt pada mode boost dan 5 volt pada mode buck dengan waktu respon yang adaptif setra overshoot yang kecil dengan nilai 0.761 % pada tegangan keluaran 24 Volt serta 0.971 % pada tegangan keluaran 5 volt hasil penerapan kontrol logika fuzzy pada konverter buck boost memeberikan hasil yang lebih maksimal dibandingkan kontrol konvensional lain karena kontrol logika fuzzy dapat beradaptasi dengan beban serta memiliki waktu respon yang adaptif sehingga dapat mengurangi overshoot yang terjadi pada converter buck boost.

BIBLIOGRAFI

- Adhul, S. V., & Ananthan, T. (2020). FOPID controller for buck converter. *Procedia Computer Science*, 171, 576–582.
- Ajami, A., Ardi, H., & Farakhor, A. (2014). Design, analysis and implementation of a buck–boost DC/DC converter. *IET Power Electronics*, 7(12), 2902–2913.

- Almanda, D., & Chamdareno, P. G. (2019). Perbandingan Kinerja Konverter Buck Boost Dan Konverter Sepic Sebagai Charger Baterai Berbasis Panel Surya. *Prosiding Semnastek*.
- Aura, K. (2024). Implementasi Fuzzy Logic Pada Kendali Robot E-Puck Wall Following: Implementasi Metode Mamdani pada Fuzzy Logic Controller untuk Navigasi Robot e-puck Mengikuti Dinding. *JEECAE (Journal of Electrical, Electronics, Control, and Automotive Engineering)*, 9(1), 16–21.
- Banaei, M. R., & Bonab, H. A. F. (2019). A high efficiency nonisolated buck–boost converter based on ZETA converter. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 67(3), 1991–1998.
- Carrano, R. C., Passos, D., Magalhaes, L. C. S., & Albuquerque, C. V. N. (2013). Survey and taxonomy of duty cycling mechanisms in wireless sensor networks. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 16(1), 181–194.
- Huda, R. N. (2022). Desain dan Simulasi Non-Inverting Buck-Boost Konverter. *MSI Transaction on Education*, 3(4), 187–198.
- IGAM, R. (2024). *Rancang Bangun Dc/Dc Cuk Converter Berbasis Fuzzy Logic Control Untuk Kendali Baterai Pada Plts Skala Kecil*. Itn Malang.
- Jumiyatun, S., Irwan Mahmudi, S. T., & Aidynal Mustari, S. T. (2021). *Kontrol Power Elektronik Dan Aplikasinya: Perancangan, Pemodelan, Simulasi dan Implementasi*. Media Nusa Creative (MNC Publishing).
- Kusmanto, A. (2022). *Peningkatan Daya Pv Terhubung Ke Grid Dengan Koordinasi Kontrol MPPT*.
- Maulina, N. G., Wiryajati, I. K., & Satiawan, I. N. W. (2024). Peningkatan Kinerja Cuk Konverter Berbasis Kontroler Konvensional Dengan Metode Persamaan Linier. *Action Research Literate*, 8(5).
- Otong, M., & Bajuri, R. M. (2017). Maximum power point tracking (MPPT) pada sistem pembangkit listrik tenaga angin menggunakan buck-boost converter. *Setrum: Sistem Kendali-Tenaga-Elektronika-Telekomunikasi-Komputer*, 5(2), 103–110.
- Setiawan, I. (2013). *Kontrol PID untuk proses industri*. Elex Media Komputindo.
- Wiryajati, I. K., Satiawan, I. N. W., Citarsa, I. B. F., Budi, I. M., Suksmadana, S., & Supriono, S. (2024). Simulasi Dan Analisis Model Matematika Three State Buck-Boost Converter (TBBC) Dengan Kendali State Feedback. *Prosiding SAINTEK*, 6, 83–91.
- Yunta, P. J. P., Indriyani, L., & Maulidin, R. (2022). Sistem Penyimpanan Energi Menggunakan Superkapasitor Dengan Buck Converter Dan Boost Converter. *JETI (Jurnal Elektro Dan Teknologi Informasi)*, 1(1), 13–18.

Copyright holder:

Bagas Briantara Putra Wiwaha, I Ketut Wiryajati, I Nyoman Wahyu Satiawan (2024)

First publication right:

[Syntax Idea](#)

This article is licensed under:

