



Desain dan Analisis PID Controller Menggunakan Metode Genetic Algorithm pada Boost Converter Tipe CCM

Ayu Kusuma Dewi, Dyah Lestari*, Muhammad Afnan Habibi

Departemen Teknik Elektro dan Informatika/Fakultas Teknik – Universitas Negeri Malang
Malang, Indonesia

*dyah.lestari.ft@um.ac.id

Abstract – This research focuses on the design and analysis of a PID controller for a boost converter, utilizing a genetic algorithm to optimize voltage output. Boost converters, essential for increasing DC voltage, require precise control to achieve stable and desired outputs. Traditional PID tuning methods often fall short, especially in nonlinear, high-order systems. The study progresses through several phases: literature review, open-loop design, analytical calculations, PID tuning via genetic algorithms and the Ziegler-Nichols method, circuit simulations, and comparative analyses of output responses. Utilizing MATLAB/SIMULINK, the research evaluates overshoot and settling time, revealing that while a boost converter without PID control exhibits a 55.7% overshoot and a 0.0767s settling time, the genetic algorithm method significantly reduces overshoot to 0% and shortens settling time to 0.000294s. In contrast, the Ziegler-Nichols method results in a 3.35% overshoot with a 0.1302s settling time. The findings underscore the genetic algorithm's superiority in refining the output voltage response of CCM type boost converters by minimizing overshoot and settling time more effectively than the Ziegler-Nichols approach.

Abstrak – Penelitian ini berfokus pada desain dan analisis pengendali PID untuk boost converter dengan menggunakan metode algoritma genetika untuk mengoptimalkan tegangan keluaran. Boost converter, yang sangat penting untuk meningkatkan tegangan DC, memerlukan kontrol yang tepat untuk mencapai keluaran yang stabil dan sesuai keinginan. Metode penyetelan PID konvensional seringkali kurang efektif, terutama dalam sistem nonlinier berorde tinggi. Studi ini melalui beberapa tahapan: tinjauan literatur, desain loop terbuka, perhitungan analitis, penyetelan PID melalui algoritma genetika dan metode Ziegler-Nichols, simulasi rangkaian, dan analisis perbandingan respons keluaran. Dengan menggunakan perangkat lunak MATLAB/SIMULINK, penelitian ini mengevaluasi overshoot dan waktu penyesuaian, menunjukkan bahwa boost converter tanpa kontrol PID mengalami overshoot sebesar 55,7% dengan waktu penyesuaian 0,0767 detik. Metode algoritma genetika secara signifikan mengurangi overshoot menjadi 0% dan memperpendek waktu penyesuaian menjadi 0,000294 detik. Sebaliknya, metode Ziegler-Nichols menghasilkan overshoot 3,35% dengan waktu penyesuaian 0,1302 detik. Temuan ini menekankan keunggulan algoritma genetika dalam menyempurnakan respons tegangan keluaran converter tipe CCM dengan meminimalisir overshoot dan waktu penyesuaian lebih efektif dibandingkan dengan pendekatan Ziegler-Nichols.

Kata Kunci – Boost Converter; Genetic Algorithm; PID Controller; CCM; Matlab.

I. PENDAHULUAN

BOOST converter merupakan salah satu topologi dari DC-DC converter yang dapat menaikkan tegangan sehingga menghasilkan tegangan keluaran yang lebih tinggi dibandingkan tegangan inputnya [1]. Nilai tegangan output boost converter dapat dinaikkan dengan cara mengubah nilai duty cycle pada pensaklaran rangkaian boost converter. Topologi boost converter menerapkan sistem SMPS (Switched-Mode Power Supply) sehingga topologinya minimal terdiri dari dua buah switch semikonduktor misalnya dioda dan transistor dan minimal satu elemen penyimpan energi, misalnya

induktor, kapasitor, atau kombinasi dari keduanya [2]. Penerapan sistem SMPS ini membuat efisiensi boost converter mampu mencapai 90% jika dibandingkan dengan sistem penaik tegangan konvensional [3].

Variasi beban dan tegangan input mengakibatkan output tegangan boost converter menjadi fluktuatif dan memiliki error yang cukup tinggi meskipun sudah menerapkan sistem SMPS. Tingkat error tegangan output pada boost converter dengan menerapkan sistem SMPS masih mencapai 15,79% [4]. Untuk mengoptimalkan tegangan output dari boost converter dibutuhkan suatu controller sehingga nantinya tegangan output dapat dijaga agar konstan ketika terjadi perubahan beban maupun tegangan input.

Proportional Integral Derivative (PID) Controller merupakan salah satu controller terbaik yang penggu-

Naskah diterima 23-09-2023, revisi 10-03-2024, terbit online 29-03-2024. Emitor merupakan Jurnal Teknik Elektro – Universitas Muhammadiyah Surakarta yang terakreditasi dengan Sinta 3 beralamat di <https://journals2.ums.ac.id/index.php/emitor/index>.

naannya di industri mencapai angka 90% [5]. PID controller ini banyak digunakan di industri karena memiliki desain yang sederhana, kemudahan dalam perancangan, mudah diimplementasikan, serta memiliki performansi yang baik [6]. Penggunaan PID controller pada boost converter dapat membuat tegangan output menjadi lebih stabil [7–9]. Namun PID controller juga dapat menghasilkan offset atau selisih nilai set point dengan nilai variable hasil, serta sering menimbulkan osilasi [10]. Penentuan parameter PID Controller yang meliputi nilai K_p , K_i , dan K_d yang tepat sangat diperlukan untuk mengurangi adanya offset dan osilasi tersebut serta menghasilkan PID controller dengan performa yang baik [11]. Penentuan parameter PID ini dilakukan melalui proses tuning.

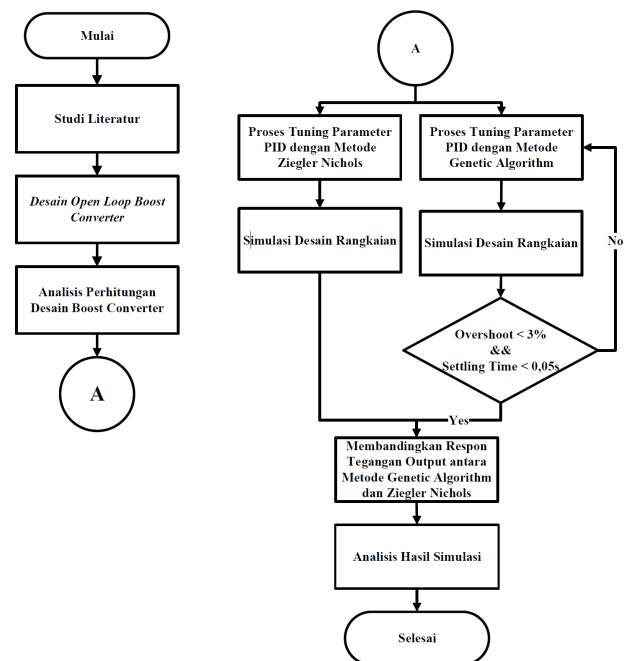
Penentuan parameter PID yang sering digunakan yaitu metode tuning konvensional yang meliputi Ziegler-Nichols (ZN), Gain-Phase Margin, Root Locus, Cohen-Coon, Gain Scheduling, dan Trial-and-Error. Penentuan parameter PID menggunakan metode tuning konvensional kurang optimal jika digunakan untuk sistem nonlinear dan memiliki orde tinggi [12]. Selain itu, beberapa metode tersebut juga memiliki perhitungan yang sulit. Oleh karenanya, beberapa peneliti mengembangkan metaheuristic algorithms untuk digunakan dalam penentuan parameter PID, seperti genetic algorithm, ant colony algorithm, artificial bee colony algorithm, bat algorithm, particle swarm algorithm, grey wolf optimization [5]. Penggunaan metaheuristic algorithms diharapkan mampu memberikan nilai parameter PID controller secara tepat sehingga dapat mengoptimalkan performa dari PID controller tersebut.

Genetic Algorithm adalah proses optimasi yang mengikuti proses evolusi alami dan terinspirasi dari proses seleksi dan mekanisme genetika [13]. Penggunaan genetic algorithm dalam metode tuning PID telah banyak dilakukan dan memiliki performa yang lebih baik dibandingkan metode tuning menggunakan Ziegler-Nichols [14]. Jika dibandingkan dengan metode trial and error, metode genetic algorithm memiliki respon sistem yang lebih baik dimana rise time dan settling time menjadi lebih singkat serta dapat meminimalkan adanya overshoot [15, 16]. Keunggulan dari penggunaan genetic algorithm dalam metode tuning PID adalah dapat mengatasi presisi yang rendah serta rise time dan settling time yang lama [17–20].

II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan mendesain boost converter tipe CCM dengan menggunakan PID controller menggunakan software MATLAB/SIMULINK dan proses tuning parameter PID controller dilakukan dengan menggunakan metode genetic algorithm. Selain itu,

penelitian ini juga memaparkan pengaruh penggunaan metode genetic algorithm terhadap respon tegangan output boost converter. Tahapan dalam melakukan penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 1.

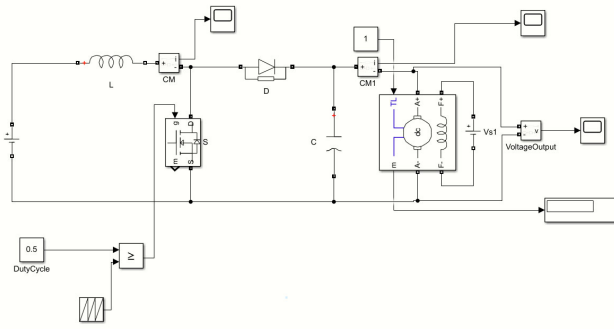


Gambar 1: Rancangan Tahapan Penelitian

Tahap awal dalam melakukan penelitian ini adalah dengan melakukan studi literatur. Studi literatur dilakukan dengan membaca dan mempelajari buku, artikel, jurnal, serta penelitian-penelitian terdahulu untuk mendapatkan pengetahuan yang dapat mendukung serta menunjang kegiatan penelitian ini. Hal-hal yang dapat menunjang penelitian ini diantaranya adalah spesifikasi dan karakteristik boost converter, PID controller, dan penerapan genetic algorithm untuk proses tuning parameter PID controller. Desain open loop boost converter dilakukan menggunakan bantuan software MATLAB. Desain open loop boost converter yang akan digunakan pada penelitian ini adalah boost converter konvensional yang terdiri dari sumber tegangan DC, induktor, kapasitor, MOSFET, dioda, dan motor DC sebagai beban. Desain boost converter yang digunakan pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 2.

Parameter dari boost converter yang digunakan pada penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 1. Parameter dari motor DC yang digunakan pada penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 2. Proses tuning parameter PID menggunakan metode genetic algorithm dan ziegler-nichols dilakukan menggunakan software Matlab. Tahapan-tahapan dalam genetic algorithm pada proses tuning parameter PID controller adalah sebagai berikut [19, 21].

1. Proses penetapan parameter PID controller, dibuat populasi awal dalam rentang yang ditetapkan sete-



Gambar 2: Desain Boost Converter

Tabel 1: Parameter Boost Converter

No.	Parameter	Simbol	Nilai
1	Tegangan Input	V_S	110V
2	Tegangan Output	V_{out}	220V
3	Frekuensi Switching	f_S	40kHz
4	Ripple Factor	r	1%
5	Kapasitor	C	50 μ F
6	Induktor	L	100 μ H

Tabel 2: Parameter Motor DC

No.	Parameter	Simbol	Nilai
1	Daya Nominal	P_{motor}	0,5 HP
2	Tegangan Armature Nominal	V_a	220V
3	Tegangan Field Nominal	V_f	120V
4	Arus Armature Nominal	I_a	4,5A
5	Arus Field Nominal	I_f	0,4473A
6	Resistansi Armature	R_a	35 Ω
7	Induktansi Armature	L_a	0,08717H
8	Resistansi Field	R_f	286,2 Ω
9	Induktansi Field	L_f	5,91H
10	Torsi Nominal	T	2,26 N.m
11	Tegangan Armature Maksimal	$V_{a maks}$	227V
12	Arus Armature Maksimal	$I_{a maks}$	7,15A
13	Ripple Arus Induktor Maksimal	ΔI_L	4,875V

Tabel 3: Fungsi Fitness yang Dapat Digunakan

Fungsi Fitness	Persamaan
ITAE (Integral Time-Weighted Absolute Error)	$\int_0^t t e(t) dt$
IAE (Integral Absolute Error)	$\int_0^t e(t) dt$
ISE (Integral Square Error)	$\int_0^t e(t)^2 dt$
ITSE (Integral Time-Weighted Square Error)	$\int_0^t te(t)^2 dt$

lah encoding parameter PID controller Kp, Ki, dan Kd. Semakin banyak jumlah populasi maka akan semakin baik akurasiya, namun akan membutuhkan

waktu yang lebih lama.

- Individu dalam populasi diberi parameter Kp, Ki, dan Kd dari PID controller secara bergantian.
- Menentukan fungsi fitness untuk mendapatkan osilasi yang kecil dari respon transien dan pilihan parameter PID controller yang terbaik. Fungsi fitness yang dapat dipilih ditunjukkan pada Tabel 3. Contoh perhitungan fungsi fitness ITAE pada saat $t=0,3$ dengan error 0,9 dan adalah sebagai berikut. Contoh perhitungan fungsi fitness ITAE pada saat $t = 0.3$ dengan error 0.9 adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \int_0^t t|e(t)| dt &= \frac{1}{2}|e(t)|t^2 \\ &= \frac{1}{2}|0.9|(0.3)^2 - \frac{1}{2}|0.9|(0)^2 \\ &= 0.0405 - 0 \\ &= 0.0405 \end{aligned}$$

- Menghitung nilai fitness untuk setiap himpunan solusi sesuai dengan persamaan fungsi fitness yang dipilih.
- Memilih solusi (Kp, Ki, dan Kd) dengan performa terbaik berdasarkan nilai fitness.
- Solusi terbaik (Kp, Ki, dan Kd) terbaik dianalisis apakah sudah sesuai dengan kriteria. Jika sudah proses dapat dihentikan. Namun jika belum proses pencarian dilanjutkan ke proses genetic operation yang terdiri dari operasi mutation, crossover, dan selection.
- Hasil dari proses genetic operation adalah sebuah populasi baru yang akan diproses kembali mulai dari tahap memilih solusi (Kp, Ki, dan Kd) dengan performa terbaik berdasarkan nilai fitness sampai menemukan individu terbaik yang sesuai dengan kriteria yang telah ditetapkan.

Dalam metode ziegler-nichols dengan metode osilasi, penentuan nilai Kp, Ti, dan Td didasarkan pada nilai Kcr (parameter kritis) dan Pcr (periode kritis). Nilai Kcr dan Pcr didapatkan dengan cara membuat sistem hanya bekerja dengan pengendali proporsional. Nilai Kp ditingkatkan dari 0 sampai ke nilai kritis Kcr sehingga diperoleh keluaran yang mulai berosilasi dengan amplitudo yang konstan secara terus menerus [22]. Setelah nilai Kcr dan Pcr didapatkan, selanjutnya nilai tersebut dimasukkan ke dalam persamaan seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.

Sedangkan simulasi desain rangkaian akan dilakukan menggunakan Simulink dengan nilai masing-masing komponen yang telah ditentukan sebelumnya menggunakan Matlab dengan enam kondisi sebagai berikut.

- Boost converter tanpa PID controller,
- Boost converter dengan PID controller menggunakan metode Ziegler Nichols,

Tabel 4: Parameter PID dengan Metode Ziegler-Nichols Kurva Reaksi

Tipe Kontroler	K_p	T_i	T_d
P	$0,5K_{cr}$	∞	-
PI	$0,45K_{cr}$	$0,5P_{cr}$	-
PID	$0,6K_{cr}$	$0,5P_{cr}$	$0,125P_{cr}$

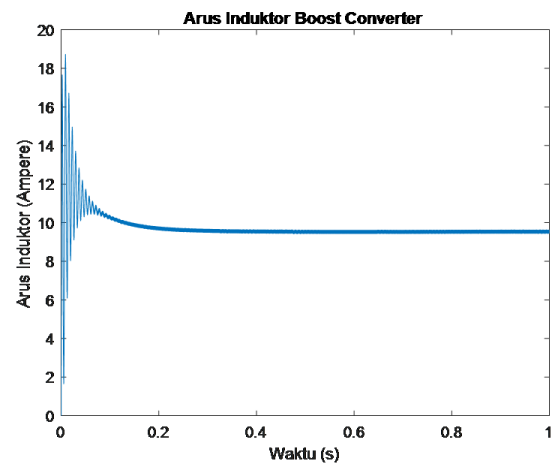
- Boost converter dengan PID controller menggunakan metode genetic algorithm dengan fungsi fitness ITAE,
- Boost converter dengan PID controller menggunakan metode genetic algorithm dengan fungsi fitness IAE,
- Boost converter dengan PID controller menggunakan metode genetic algorithm dengan fungsi fitness ITSE,
- Boost converter dengan PID controller menggunakan metode genetic algorithm dengan fungsi fitness ISE.

Respon tegangan output yang diharapkan pada penelitian ini adalah tegangan yang stabil dan memiliki respon yang cepat sehingga dapat menjaga kestabilan kecepatan motor DC pada kecepatan nominalnya dengan cepat. Berdasarkan hal tersebut, respon tegangan output yang diharapkan adalah yang tanpa overshoot, namun berdasarkan spesifikasi sistem pada motor DC yang digunakan memberikan toleransi perubahan kecepatan yang dihasilkan oleh lonjakan tegangan sebesar 3% dari tegangan nominalnya. Sehingga batas overshoot yang digunakan pada penelitian ini adalah 3%. Respon tegangan output yang diharapkan adalah yang dapat mencapai kestabilan secepat mungkin, berdasarkan spesifikasi sistem pada motor DC yang digunakan memberikan batas nilai settling time sebesar 0,05s. Respon tegangan output menggunakan metode ziegler nichols yang telah didapat pada tahap simulasi desain rangkaian dan respon tegangan output dengan metode genetic algorithm yang telah dipilih dibandingkan dengan melihat overshoot dan settling time yang dihasilkan oleh masing-masing metode. Perbandingan ini digunakan sebagai dasar untuk melakukan analisis.

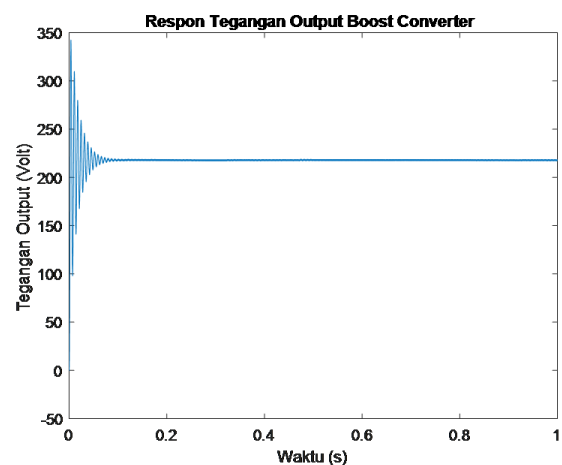
III. HASIL PENELITIAN DAN DISKUSI

Arus induktor yang dihasilkan oleh boost converter pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 3.

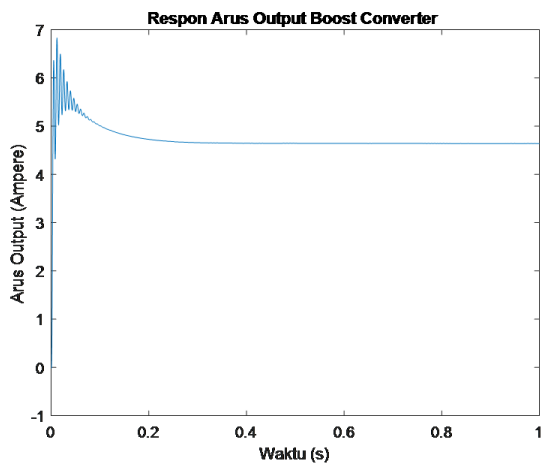
Boost converter yang digunakan pada penelitian ini adalah boost converter konvensional yang beroperasi pada mode operasi CCM. Gambar 3 menunjukkan bahwa besarnya arus induktor yang dihasilkan oleh boost converter pada penelitian ini selalu lebih besar dari

**Gambar 3:** Arus Induktor

0A. Pada awal waktu simulasi besarnya arus induktor mencapai 18,73A kemudian pada saat waktu simulasi 0,2s besarnya arus mulai stabil dengan nilai 9,5A. Berdasarkan hal tersebut maka dapat disimpulkan bahwa desain boost converter yang dibuat telah beroperasi pada mode operasi CCM (Continuous Conduction Mode). Respon tegangan output yang dihasilkan oleh boost converter tanpa PID controller ditunjukkan pada Gambar 4.

**Gambar 4:** Respon Tegangan Output Boost Converter

Gambar 4 menunjukkan tegangan output yang dihasilkan memiliki overshoot yang tinggi, yaitu mencapai 55,7% dengan lonjakan tegangan sebesar 142,54V di atas tegangan output yang diharapkan, yaitu 220V. Sedangkan waktu yang dibutuhkan untuk mencapai kestabilan yaitu 0,0767s. Nilai overshoot yang tinggi dan settling time yang lama ini disebabkan oleh tidak adanya controller yang mengatur besarnya duty cycle dengan mengoreksi nilai tegangan output yang dihasilkan. Respon arus output yang dihasilkan oleh boost converter tanpa PID controller ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5: Respon Arus Output Boost Converter

Arus output yang dihasilkan oleh boost converter pada penelitian ini diharapkan dapat memenuhi kebutuhan arus motor DC sebagai beban yang memiliki arus nominal sebesar 4,5A. Respon arus output yang dihasilkan oleh boost converter tanpa PID controller ditunjukkan pada Gambar 5. Berdasarkan Gambar 5 arus akan stabil dinilai 4,7A, namun pada awal waktu simulasi besarnya arus output mencapai 6,9A. Lonjakan nilai arus output ini akan digunakan untuk arus starting motor DC yang dalam penelitian ini digunakan sebagai beban. Berdasarkan hal tersebut maka dapat disimpulkan bahwa arus output boost converter yang telah didesain ini dapat memenuhi kebutuhan arus motor DC. Hasil dari proses tuning dengan menggunakan metode genetic algorithm ini ditunjukkan pada Tabel 5.

Berdasarkan Tabel 5 nilai overshoot paling rendah adalah 0% atau 0V yang didapatkan ketika proses tuning PID dilakukan menggunakan fitness function IAE pada batas error 1%; 1,5%; dan 3% serta ITAE pada batas error 1,5%. Namun, settling time pada fitness function IAE pada batas error 1% dan fitness function IAE pada batas error 1,5%; maupun 3% masih lebih lama dibandingkan dengan settling time pada fitness function IAE pada batas error 1,5%. Sedangkan nilai settling time terbaik didapatkan ketika proses tuning PID dilakukan menggunakan fitness function ISE pada batas error 1,5%; 2%; 2,5%; dan 3% serta ITSE pada batas error 1,5% dan 2% dengan settling time 0,000294s.

Nilai overshoot dan settling time yang dihasilkan oleh fitness function ISE pada batas error 1,5%; 2%; 2,5%; dan 3% serta ITSE pada batas error 1,5% dan 2% adalah sama yaitu sebesar 0,57V atau 0,26%. Hal tersebut dikarenakan nilai masing-masing parameter PID yang dihasilkan dari proses tuning PID menggunakan genetic algorithm juga sama sehingga respon tegangan output yang dihasilkan sama. Hasil tuning PID dengan

menggunakan metode genetic algorithm yang akan digunakan pada penelitian ini adalah yang memiliki nilai overshoot paling kecil dan waktu settling time yang paling singkat. Berdasarkan hal tersebut, maka yang akan digunakan adalah hasil tuning dengan genetic algorithm menggunakan fitness function IAE pada batas error 1,5% dengan overshoot 0% dan settling time 0,000415s serta menggunakan fitness function ISE pada batas error 1,5%; 2%; 2,5%; dan 3% serta ITSE pada batas error 1,5% dan 2% dengan overshoot 0,57V atau 0,26% settling time 0,000294s. Perbandingan overshoot dan settling time antara tegangan output boost converter tanpa PID dengan PID menggunakan proses tuning GA fitness function IAE, ITSE, dan ISE serta tegangan output boost converter dengan PID menggunakan proses tuning ziegler nichols ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6 menunjukkan bahwa penggunaan PID controller dapat mengurangi overshoot secara signifikan. Overshoot dari respon tegangan output pada boost converter tanpa menggunakan PID controller adalah 55,7%. Penggunaan PID controller yang proses tuningnya dilakukan dengan menggunakan metode ziegler nichols membuat overshoot turun dari 55,7% menjadi 3,35%, menggunakan metode genetic algorithm dengan fitness function ISE dan ITSE turun dari 55,7% menjadi 0,57%, dan menggunakan metode genetic algorithm dengan fitness function IAE turun dari 55,7% menjadi 0%. Tabel 3 juga menunjukkan bahwa penggunaan PID controller membuat settling time menjadi lebih singkat apabila proses tuning dilakukan dengan menggunakan metode genetic algorithm. Perubahan nilai settling time tersebut secara lebih jelas ditunjukkan pada Gambar 3.10. Settling time yang sebelumnya adalah 0,0767s pada respon tegangan output boost converter tanpa menggunakan PID controller turun menjadi 0,000294s apabila ditambahkan PID controller dengan tuning menggunakan genetic algorithm dengan fitness function ISE dan ITSE serta turun dari 0,0767s menjadi 0,000415s apabila menggunakan genetic algorithm dengan fitness function IAE. Namun, apabila menggunakan ziegler nichols, settling time menjadi lebih lama dibandingkan dengan yang tanpa menggunakan PID controller, yaitu dari 0,0767s menjadi 0,1302s. Perbandingan arus starting dan arus running antara arus output boost converter tanpa PID dengan PID menggunakan proses tuning GA fitness function IAE, ITSE, dan ISE serta arus output boost converter dengan PID menggunakan proses tuning ziegler nichols ditunjukkan pada Tabel 7.

Berdasarkan Tabel 7 arus running sama, baik saat tanpa PID controller maupun dengan menggunakan PID controller metode ziegler nichols maupun metode genetic algorithm. Sedangkan untuk arus starting

Tabel 5: Hasil Tuning PID Menggunakan Metode Genetic Algorithm

Batas Error	Fitness Function	KP	Ki	Kd	Overshoot	Settling Time (s)
1%	ITAE	57,09	6,26	1,86	2,6V atau 1,18%	0,000576
	IAE	11,83	31,38	1,17	0	0,0775
	ITSE	32,84	13,39	0,4	1,06V atau 0,481%	0,000295
	ISE*	50,05	63,05	2,98	107,62V atau 48,92%	0,999936
1,5%	ITAE	28,15	23,49	1,28	0	0,0295
	IAE	9,77	2,25	0,28	0	0,000415
	ITSE	30,11	13,29	0,39	0,57V atau 0,26%	0,000294
	ISE	30,11	13,29	0,39	0,57V atau 0,26%	0,000294
2%	ITAE	0,1	51,03	0,87	44,22V atau 20,1%	0,9986
	IAE	1,17	91,4	1,71	28,95V atau 13,15%	0,9811
	ITSE	30,11	13,29	0,38	0,57V atau 0,26%	0,000294
	ISE	30,11	13,29	0,38	0,57V atau 0,26%	0,000294
2,5%	ITAE	2,35	69,21	0,32	32,255V atau 14,66%	0,6798
	IAE	16,62	0,59	0,8	3,84V atau 1,74%	0,001121
	ITSE	26,2	26,78	0,35	1,43V atau 0,65%	0,000295
	ISE	30,11	13,29	0,38	0,57V atau 0,26%	0,000294
3%	ITAE	3,52	20,14	0,66	39,78V atau 18,1%	0,6098
	IAE	9,77	2,25	0,28	0	0,0011
	ITSE	32,84	13,39	0,4	1,062V atau 0,48%	0,000295
	ISE	30,11	13,29	0,38	0,57V atau 0,26%	0,000294

Tabel 6: Perbandingan Overshoot dan Settling Time Tegangan Output GA, ZN, dan Tanpa PID

Metode Tuning	Overshoot	Settling Time	Ripple
Tanpa PID	55,7% atau 142,54V	0,0767s	-1,2% s.d 0%
Ziegler Nichols	3,35% atau 7,37V	0,1302s	-0,83% s.d 1,04%
GA dengan ISE, ITSE	0,26% atau 0,57V	0,000294s	-0,22% s.d 0,24%
GA dengan IAE	0	0,000415s	-0,05% s.d 0%

Tabel 7: Perbandingan Arus Starting dan Running GA, ZN, dan Tanpa PID

Metode Tuning	Arus Starting	Arus Running
Tanpa PID	6,9A	4,7A
Ziegler Nichols	5,98A	4,7A
GA dengan ISE, ITSE	5,91A	4,7A
GA dengan IAE	5,88A	4,7A

mengalami penurunan apabila menggunakan PID controller. Nilai arus starting apabila tanpa menggunakan PID controller adalah 6,9A. Penggunaan PID controller dengan proses tuning menggunakan metode ziegler nichols membuat arus turun dari 6,9A menjadi 5,98A, metode genetic algorithm dengan fitness function ISE dan ITSE turun dari 6,9A menjadi 5,91A, serta metode genetic algorithm dengan fitness function IAE turun dari 6,9A menjadi 5,88A. Namun, semua arus output tersebut baik tanpa menggunakan PID controller maupun menggunakan PID controller dengan metode ziegler nichols dan genetic algorithm sudah dapat memenuhi kebutuhan arus motor DC sebagai beban. Penggunaan PID controller pada boost converter tipe CCM dapat memperbaiki overshoot dan settling time pada respon tegangan output boost converter tipe CCM. PID controller dapat berfungsi dengan lebih optimal apabila pada proses tuning didapatkan parameter Kp, Ki, dan Kd yang tepat. Proses tuning yang dilakukan dengan menggunakan metode genetic algorithm memberikan overshoot yang lebih kecil dan settling time yang lebih singkat dibandingkan dengan metode tuning konvensional ziegler nichols.

IV. KESIMPULAN

Desain boost converter yang dibuat dapat beroperasi pada mode operasi CCM (Continuous Conduction Mode) yang dibuktikan dengan nilai arus induktor yang selalu lebih besar dari 0. Desain boost converter ini juga dapat menaikkan tegangan sesuai yang diharapkan, yaitu dari tegangan input 110V menjadi 220V. Penggunaan PID controller dalam boost converter dapat memperbaiki overshoot dan settling time. Boost converter tanpa PID controller memiliki overshoot 55,7% dan settling time 0,0767s. Namun dengan menggunakan PID controller menggunakan metode genetic algorithm dengan fitness function IAE, overshoot turun menjadi 0% dan settling time lebih singkat yaitu menjadi 0,000415s, menggunakan metode genetic algorithm dengan fitness function ISE dan ITSE, overshoot turun menjadi 0,26% dan settling time lebih singkat yaitu menjadi 0,000294s. Apabila menggunakan metode ziegler nichols, overshoot turun menjadi 3,35%, tetapi settling time meningkat menjadi 0,1302s. Proses tuning yang dilakukan dengan menggunakan metode genetic algorithm memberikan overshoot yang lebih kecil dan settling time yang lebih singkat dibandingkan dengan metode tuning konvensional ziegler nichols.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Pradhan and B. Panda, "A simplified design and modeling of boost converter for photovoltaic system," *Int. J. Electr. Comput. Eng.*, vol. 8, no. 1, pp. 141–149, 2018. [Online]. Available: <https://doi.org/10.11591/ijece.v8i1.pp141-149>
- [2] A. Alfaris and M. Yuhendri, "Sistem kendali dan monitoring boost converter berbasis gui (graphical user interface) matlab

- menggunakan arduino,” *JTEIN J. Tek. Elektro Indones.*, vol. 1, no. 2, pp. 266–272, 2020. [Online]. Available: <https://doi.org/10.24036/jtein.v1i2.83>
- [3] E. Prianto, N. Yuniarti, and D. C. Nugroho, “Boost-converter sebagai alat pengisian baterai pada sepeda listrik secara otomatis,” *J. Edukasi Elektro*, vol. 4, no. 1, pp. 52–62, 2020. [Online]. Available: <https://doi.org/10.21831/jee.v4i1.32632>
- [4] M. Jamlay and W. M. Faizal, “Dual feedback control dc-dc boost converter menggunakan pi controller,” *Inovtek*, vol. 4, pp. 91–97, 2014.
- [5] S. B. Joseph, E. G. Dada, A. Abidemi, D. O. Oyewola, and B. M. Khammas, “Metaheuristic algorithms for pid controller parameters tuning: review, approaches and open problems,” *Heliyon*, vol. 8, no. 5, p. e09399, 2022. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09399>
- [6] E. Abbasi and N. Naghavi, “Offline auto-tuning of a pid controller using extended classifier system (xcs) algorithm,” *J. Adv. Comput. Eng. Technol.*, vol. 3, no. 1, pp. 41–44, 2017.
- [7] R. N. Amalia, W. Kusuma, and F. Alfian, “Desain simulasi dan analisa closed loop boost converter terintegrasi solar pv berbasis pid,” vol. 10, no. 1, pp. 48–53, 2023.
- [8] P. Sharma, P. Kumar, H. Sharma, and N. Pal, “Closed loop controlled boost converter using a pid controller for solar wind power system installation,” *Int. J. Eng. Technol.*, vol. 7, no. 2.8, p. 255, 2018. [Online]. Available: <https://doi.org/10.14419/ijet.v7i2.8.10420>
- [9] O. Djamel, G. Dhaouadi, S. Youcef, and M. Mahmoud, “Hardware implementation of digital pid controller for dc-dc boost converter,” in *Proc. - 2019 4th Int. Conf. Power Electron. their Appl. ICPEA 2019*, vol. 1, no. September, 2019, pp. 1–4. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1109/ICPEA1.2019.8911129>
- [10] M. Ali, A. N. Afandi, A. Parwati, R. Hidayat, and C. Hasyim, “Design of water level control systems using pid and anfis based on firefly algorithm,” *JEMECS (Journal Electr. Eng. Mechatron. Comput. Sci.)*, vol. 2, no. 1, 2019. [Online]. Available: <https://doi.org/10.26905/jemecs.v2i1.2804>
- [11] E. Marpanaji *et al.*, “Trainer pid controller sebagai media pembelajaran praktik sistem kendali,” *Elinvo (Electronics, Informatics, Vocat. Educ.)*, vol. 2, no. 1, pp. 27–40, 2017. [Online]. Available: <https://doi.org/10.21831/elinvo.v2i1.16369>
- [12] M. F. Aranza, J. Kustija, B. Trisno, and D. L. Hakim, “Tunning pid controller using particle swarm optimization algorithm on automatic voltage regulator system,” in *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 128, no. 1, 2016. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/128/1/012038>
- [13] C. Audet and W. Hare, *Genetic Algorithms*, ser. Springer Series in Operations Research and Financial Engineering, 2017. [Online]. Available: https://doi.org/10.1007/978-3-319-68913-5_4
- [14] M. M. Gani, M. S. Islam, and M. A. Ullah, “Optimal pid tuning for controlling the temperature of electric furnace by genetic algorithm,” *SN Applied Sciences*, vol. 1, no. 8, 2019. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1007/s42452-019-0929-y>
- [15] M. A. Ibrahim, A. K. Mahmood, and N. S. Sultan, “Optimal pid controller of a brushless dc motor using genetic algorithm,” *Int. J. Power Electron. Drive Syst.*, vol. 10, no. 2, pp. 822–830, 2019. [Online]. Available: <https://doi.org/10.11591/ijpeds.v10.i2.pp822-830>
- [16] E. W. Suseno and A. Ma’arif, “Tuning of pid controller parameters with genetic algorithm method on dc motor,” *Int. J. Robot. Control Syst.*, vol. 1, no. 1, pp. 41–53, 2021. [Online]. Available: <https://doi.org/10.31763/ijrcs.v1i1.249>
- [17] J. W. Perng and S. C. Hsieh, “Design of digital pid control systems based on sensitivity analysis and genetic algorithms,” *Int. J. Control. Autom. Syst.*, vol. 17, no. 7, pp. 1838–1846, 2019. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1007/s12555-018-0570-3>
- [18] S. Mahfoud, A. Derouich, N. E. Ouanjli, M. Taoussi, and M. E. Mahfoud, “Improved dtc of the pid controller by using genetic algorithm of a doubly fed induction motor,” in *Lect. Notes Networks Syst.*, 2021, vol. 211, pp. 1687–1698. [Online]. Available: https://doi.org/10.1007/978-3-030-73882-2_153
- [19] T. Hui, W. Zeng, and T. Yu, “Core power control of the ads based on genetic algorithm tuning pid controller,” *Nuclear Engineering and Design*, vol. 370, p. 110835, 2020. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.nucengdes.2020.110835>
- [20] M. O. Ali and A. H. Ahmad, “Design, modelling and simulation of controlled sepic dc-dc converter-based genetic algorithm,” *Int. J. Power Electron. Drive Syst.*, vol. 11, no. 4, pp. 2116–2125, 2020. [Online]. Available: <https://doi.org/10.11591/ijpeds.v11.i4.pp2116-2125>
- [21] J. Amaral, R. Tanscheit, and M. Pacheco, “Tuning pid controllers through genetic algorithms,” *complex Syst*, vol. 2, no. 3, pp. 1–9, 2018.
- [22] M. N. Athoillah, M. S. Zuhrie, W. Rusimanto, and N. Kholis, “Rancang bangun pid controller dengan tuning ziegler nichols untuk pengendalian posisi sudut motor dc,” *J. Tek. Elektro*, vol. 10, no. 02, pp. 537–545, 2021. [Online]. Available: <https://doi.org/10.26740/jte.v10n2.p537-545>