

Pemodelan dan Analisa Kendali *PI Static* dan *PI Adaptive DC-DC Boost Converter*

Moh. Afandy

Prodi Teknik Listrik dan Instalasi
Politeknik Industri Logam Morowali
Morowali, Indonesia
Fandhymoh@gmail.com

Ikhsan Hidayat

Prodi Teknik Elektro
Universitas Negeri Gorontalo
Gorontalo, Indonesia
ikhshidayat@ung.ac.id

Abdul Haris Mubarak

Prodi Teknik Listrik dan Instalasi
Politeknik Industri Logam Morowali
Morowali, Indonesia
haris080686@gmail.com

Fachrur Razy Rahman

Prodi Teknik Listrik dan Instalasi
Politeknik Industri Logam Morowali
Morowali, Indonesia
fauzyrahmanpilm@kemenperin.go.id

Ayu Latifah

Prodi Informatika
Sekolah Tinggi Teknologi Garut
Garut, Indonesia
ayulatifah@sttgarut.ac.id

Diterima : Februari 2022
Disetujui : Juni 2022
Dipublikasi : Juli 2022

Abstrak—Riset ini merupakan riset lanjutan dari riset sebelumnya. Pada riset sebelumnya telah mengusulkan pengujian pada 6 rangkaian *dc-dc boost converter* dengan konfigurasi berbeda sehingga dihasilkan 3 rangkaian *dc-dc boost converter* dengan hasil terbaik. Pengendalian lebar pulsa PWM digunakan untuk mengetahui kemampuan awal rangkaian dalam menghasilkan penguatan tegangan. Kendali *PI Static* dan *PI Adaptive* juga ikut diuji untuk mengetahui kemampuan rangkaian saat terjadi peralihan tegangan masukan. Pengujian berbasis simulasi menggunakan pemrograman SPICE. Pengujian tegangan linear dan nonlinear dilakukan untuk mengetahui hasil kendali *PI* terbaik. Hasil yang diperoleh dari ketiga jenis rangkaian mampu menghasilkan penguatan keluaran diatas 200V. Hasil akhir pengujian diperoleh rangkaian BCI dengan pengendalian *PI Adaptive* mampu menghasilkan tegangan keluaran sebesar 249.069 V dengan beban 300Ω, sedangkan untuk beban 500Ω, menghasilkan tegangan keluaran sebesar 249.679 V dan 250.244 V untuk beban 1KΩ. Diakhir Pengujian tegangan *nonlinear* dilakukan diakhir pengujian untuk mengetahui kemampuan dari pengendalian *PI Adaptive* yang diusulkan. Pengendalian *PI Adaptive* mampu mempertahankan nilai tegangan keluaran saat terjadi peralihan tegangan masukan.

Kata Kunci—Power elektronik; DC-DC Boost Converter, non isolasi, *PI Static* and *Adaptive*.

Abstract— This research is a continuation of previous research. Previous research has proposed testing 6 *dc-dc boost converter* circuits with different configurations so that 3 *dc-dc boost converter* circuits are produced with the best results. PWM pulse width control is used to determine the initial ability of the circuit to generate voltage gain. *Static PI* and *Adaptive PI* controls were also tested to determine the ability of the circuit when there is a change in input voltage. Simulation-based testing using SPICE programming. Linear and nonlinear stress tests were carried out to determine the best *PI* control results. The results obtained from the three types of circuits can produce output gain above 200V. The final result of the test is that the BCI circuit with *Adaptive PI*

control is able to produce an output voltage of 249,069 V with a load of 300Ω, while for a 500Ω load, it produces an output voltage of 249,679 V and 250,244 V for a 1KΩ load. At the end of the test nonlinear stress is carried out at the end of the test to determine the ability of the proposed Adaptive PI control. Adaptive PI control can maintain the value of the output voltage when there is a change in the input voltage.

Keywords—Power electronics; DC-DC Boost Converter, non isolation, *PI Static* and *Adaptive*.

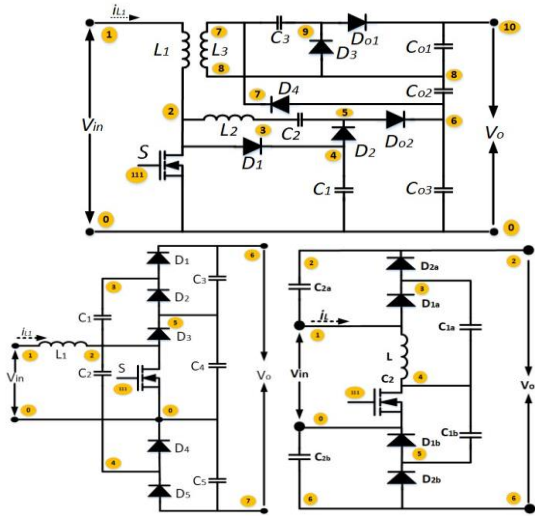
I. PENDAHULUAN

Kemajuan teknologi di bidang energi terbarukan menuntut penelitian lanjutan untuk menemukan metode pengendalian yang tepat dalam mengoptimalkan rangkaian *dc-dc boost converter* agar mampu menghasilkan gain tegangan keluaran dari setiap rangkaian [1]. Seperti yang telah dilaporkan dalam penelitian terdahulu terdapat banyak rangkaian yang dapat digunakan dalam menguatkan tegangan akan tetapi performa yang tidak begitu maksimal, menjadikan pengujian lanjutan kali ini dilakukan [2-6].

Terdapat beberapa metode pengendalian yang dapat dilakukan untuk memaksimalkan kerja dari rangkaian DC-DC Boost converter [7]. Dengan memaksimalkan pulsa *switching* yang diberikan untuk mengatur MOSFET dalam menghasilkan tegangan penguatan [8]. Teknik pengendalian *PI* dianggap menjadi salah satu metode yang cukup efektif dimana kendali *PI* dapat mengatur tegangan kerja MOSFET dengan mengandalkan umpan balik keluaran sebagai *setpoint* dari masukan MOSFET [9-11].

Pengujian yang dilakukan merupakan pengujian lanjutan dari tiga jenis rangkaian yang telah diuji dalam penelitian terdahulu antara lain rangkaian *Based on Coupled Inductor (BCI)*, *Multilevel Boost Converter (MBC)*, *Hybrid Boosting Converter (HBC)*.

Pengujian dengan membuat simulasi rangkaian menggunakan pemrograman SPICE berbasis teks dianggap sangat efektif karena pengujian jenis ini memiliki tingkat akurasi yang cukup tinggi dan tingkat kesalahan yang cukup rendah [12-13].



Gambar 1. Rangkaian BCI, rangkaian MBC, dan rangkaian HBC

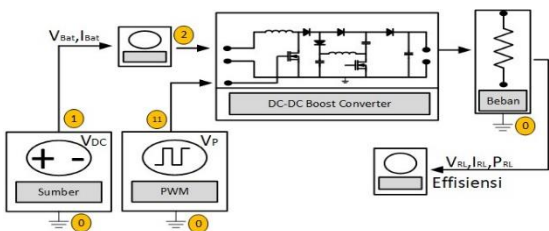
Gambar 1. Menampilkan ketiga jenis rangkaian dc-dc boost converter yang akan diujikan menggunakan pemrograman SPICE. Kendali *PI static* dan *PI adaptive* akan diterapkan dalam pengujian beban [14]. Penggunaan beban bervariasi akan menghasilkan penguatan tegangan keluaran yang akan bervariasi [15-17].

II. METODE

Dalam pengujian berikut, kami menggunakan beberapa metode. Untuk memahami prinsip pengujian maka pembahasan berikut ini disajikan desain sistem dan diagram pengujian rangkaian berbasis teks dengan menggunakan pemrograma SPICE [18-20]. Pengujian kendali lebar pulsa *PWM* dilakukan terlebih dahulu. Kemudian pengujian dengan menggunakan pengontrolan *PI Static* dan kendali *PI Adaptive* diusulkan.

A. Pemodelan desain sistem dalam pengujian

Pengujian dibagi kedalam dua tahapan dimana tahapan pertama pengujian dilakukan berdasarkan pengaturan lebar pulsa *PWM*. Untuk dapat mengatur lebar pulsa *PWM* dapat digunakan pengaturan *duttycycle* tegangan *switching* [21]. Prinsipkerja dari siklus pengisian dan pengosongan yang dibuat bergantian akan menghasilkan penguatan tegangan.

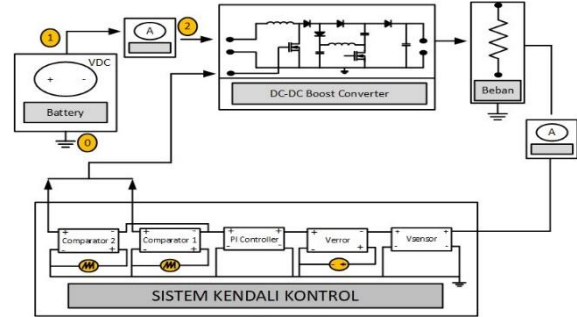


Gambar 2. Model pengujian menggunakan metode *switching*

Kemudian pengujian berikutnya yaitu dengan mengusulkan pengendalian *PI Static* dan *adaptive* dengan

pemodelan terlebih dahulu sebelum dilakukan pengujian. Pengujian pada pengendalian *PI Static*, umpan balik berupa tegangan keluaran dijadikan sebagai nilai *set poin* dalam mempertahankan kondisi dari tegangan penguatan [21].

Pengujian tahapan kedua dilakukan dengan peralihan tegangan masukan secara mendadak untuk melihat respon kendali *PI Adaptive* dalam mempertahankan tegangan keluaran tetap stabil. Sistem kendali *PI Adaptive* akan menentukan nilai *set poin* umpanbalik secara otomatis [22].



Gambar 3. Model pengujian menggunakan metode kendali *PI*

Gambar 2 dan 3 merupakan diagram sisten dari model pengujian yang dilakukan pada ketiga rangkaian dc-dc boost converter. Hasil pengujian berupa analisis *transient* akan menampilkan kemampuan dari ketiga rangkaian yang telah diuji pada program SPICE.

Persamaan untuk melihat siklus *duttycycle* dapat dilihat sebagai berikut:

$$T_{total} = T_{on} + T_{off} \quad (1)$$

$$D = \frac{T_{on}}{T_{total}} \quad (2)$$

$$V_{out} = D \times V_{in} \quad (3)$$

$$V_{out} = \frac{T_{on}}{T_{total}} \times V_{in} \quad (4)$$

Dimana:

D = *Duttycycle* adalah lamanya pulsa *high* dalam satu perioda.

T_{on} = Waktu Pulsa "High".

T_{off} = Waktu Pulsa "Low".

B. Pengontrolan *PI Static* dan *PI adaptive*

Pengontrolan *Proportional Integral (PI)* merupakan pengontrolan umpan balik dengan menggunakan nilai referensi (*set poin*) untuk meningkatkan kinerja sistem. Pengontrolan nilai *PI* meminimalkan nilai kesalahan dengan mengatur sinyal input kedalam sistem [12]. Berdasarkan pengendalian *PI* terbagi menjadi pengendalian *PI Static* dan *PI Adaptive*. *PI Static* merupakan pengendalian secara manual dimana pengontrolan belum sepenuhnya mampu membaca peralihan nilai tegangan sehingga untuk menentukan besaran nilai *setpoin* perlu adanya kalibrasi kembali. Berdasarkan persamaan matematis *PI Static* dapat dijabarkan sebagai berikut.

$$PI = K_p e(t) + K_i \int e(t) dt \quad (5)$$

Sedangkan pengontrolan *PI adaptive* dilakukan dengan membandingkan tegangan keluaran dengan tegangan referensi. Berdasarkan selisih tegangan tersebut masukan *PI* diperoleh, selanjutnya sinyal gigi gergaji memicu perbandingan untuk menghasilkan sinyal persegi dalam mengendalikan tegangan output rangkaian[23-24]. Persamaan parameter *PI off-line* dengan menggabungkan parameter *PI* terbaik dari setiap nilai V_{in} . Penentuan nilai parameter *PI* dipengaruhi oleh perbedaan nilai V_{in} dan V_{ref} yang dilakukan secara real time. Nilai K_p^* adalah nilai rata-rata K_{pAAVe} dan K_{pMP} , sedangkan nilai K_i^* adalah nilai rata-rata K_{iAAVe} dan K_{iMP} yang dirumuskan masing-masing dalam persamaan sebagai berikut.

$$K_{p^*} = \frac{K_{pAAVe} + K_{pMP}}{2} \quad (6)$$

$$K_{i^*} = \frac{K_{iAAVe} + K_{iMP}}{2} \quad (7)$$

C. Perhitungan Efisiensi

Dalam pengujian rangkaian dengan melihan analisis *transient* rangkaian, perhitungan efisiensi memungkinkan untuk dilakukan pada pemrograman SPICE [25]. Evaluasi efisiensi rangkaian dilakukan dengan menggunakan persamaan berikut.

$$\eta = \frac{Daya_{output}}{Daya_{input}} \times 100\% = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \quad (8)$$

Dengan perhitungan daya yang diperoleh berdasarkan perkalian antara tegangan dan arus baik itu daya input maupun daya output.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif dengan melakukan simulasi dari beberapa jenis rangkaian. Simulasi menggunakan program SPICE A/D lite untuk menampilkan penguatan tegangan yang dihasilkan dari beberapa jenis rangkaian yang berbeda. Analisa mendalam dilakukan terhadap pengaruh tegangan input, *duttycycle*, dan beban yang ditingkatkan secara bertahap. Hasil berupa tegangan input, daya, efisiensi menjadi nilai dari hasil pengujian.

A. Pengujian berdasarkan pengaturan lebar pulsa PWM

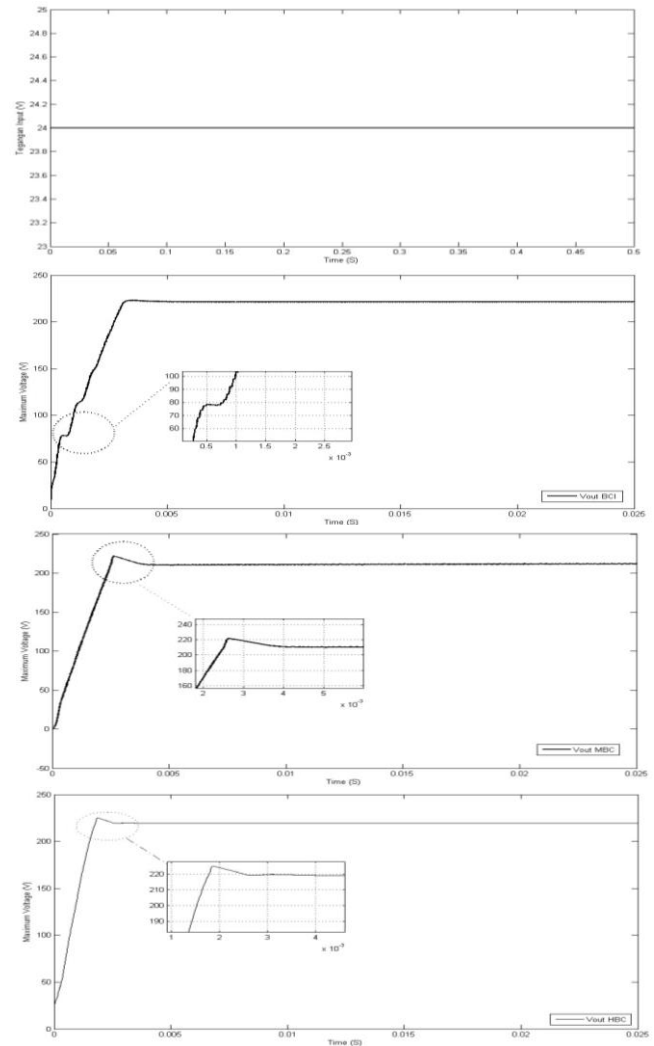
Berdasarkan pengujian menggunakan pengaturan lebar pulsa PWM diperoleh nilai tegangan keluaran bervariasi dari ketiga jenis rangkaian. Data tegangan keluaran diambil pada saat tegangan keluaran telah mencapai keadaan *studystate*.

Table 1 : Hasil simulasi berdasarkan pengaturan lebar pulsa PWM.

Circuit	Voltage (V)		Efficiency (%)	Time (s)
	Input	Output		
BCI	24	212.808	82.287	250m
MBC	24	154.021	60.305	250m
HBC	24	160.186	70.899	250m

B. Pengujian Berdasarkan kendali PI dengan variasi tegangan masukan 24V

Dari hasil pengujian dengan menggunakan kendali *PI static* ketiga rangkaian diuji menggunakan masukan 24V dengan beban konstan 1KΩ. Hasil simulasi menunjukkan ketiga rangkaian mampu menghasilkan tegangan penguatan diatas 200V. Gambar 4 merupakan grafik tegangan Masukan dan tegangan keluaran dari 3 jenis rangkaian yang diuji.



Gambar 4. Hasil Simulasi Tegangan input dan berdasarkan Kendali *PI* pada Rangkaian BCI, MBC, dan HBC

Table 2: Hasil simulasi berdasarkan pengontrolan *PI*

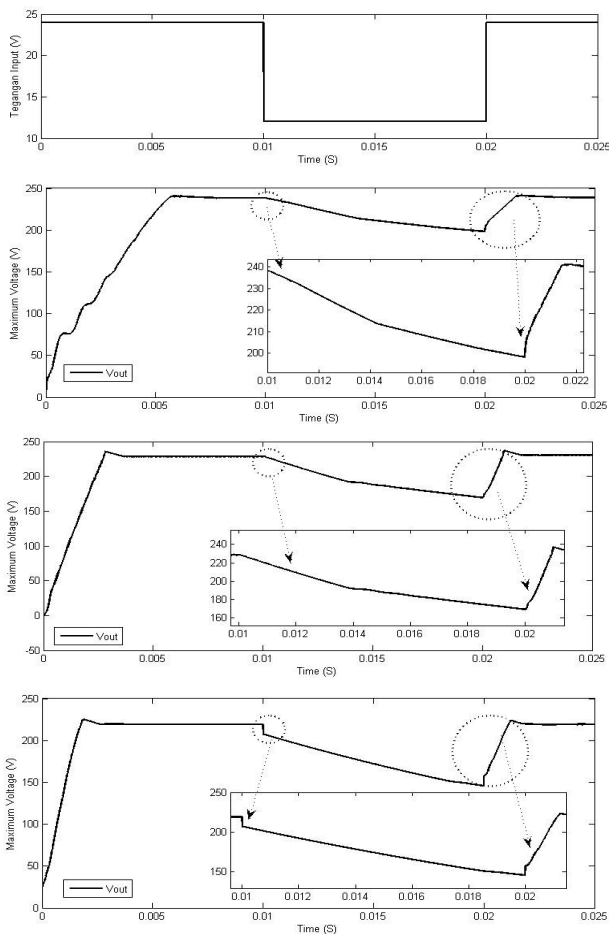
Circuit	Voltage (V)		Daya (W)	Efficiency (%)	Kp	Ki
	Input	Output				
BCI	24	222.940	48.896	84.071	10	10
MBC	24	221.961	46.722	78.983	7	25
HBC	24	219.283	47.986	70.899	15	20

Tabel 2 merupakan hasil pengukuran tegangan keluaran dengan menggunakan kendali *PI static*. Berdasarkan simulasi rankaian BCI mampu menghasilkan tegangan keluaran 222.940V dengan besar daya 48.896W. Perhitungan besaran daya dilakukan berdasarkan rumus perhitungan daya yaitu

perkalian antara arus dan tegangan yang dimasukkan kedalam pemrograman SPICE. Kemudian Perhitungan efisiensi dari rangkaian juga dilakukan untuk melengkapi hasil simulasi. Berdasarkan perhitungan efisiensi rangkaian BCI mampu menghasilkan efisiensi 84.071 % dalam waktu 250 ms.

C. Pengujian Berdasarkan kendali PI dengan variasi tegangan masukan 12-24V

Pengujian simulasi ini bertujuan mengetahui respon dari ketiga rangkaian terhadap variasi tegangan input. Simulasi dilakukan dengan memberikan input tegangan antara 12V dan 24V dengan beban konstan sebesar 1K Ω .



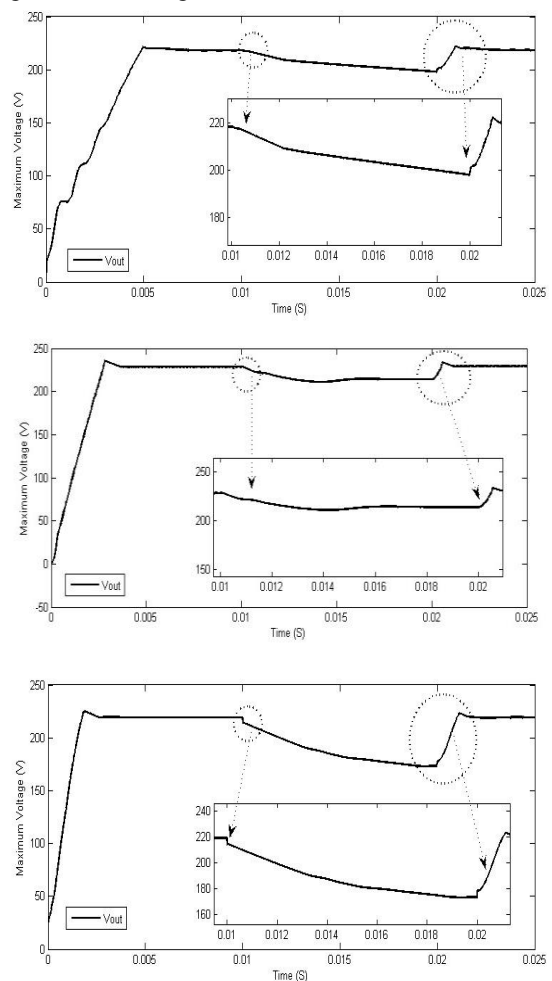
Gambar 5. Grafik Tegangan Input dan Output Masukan 12V dan 24V

Berdasarkan simulasi dengan menggunakan tegangan masukan 12-24 pada rangkaian BCI dengan menggunakan pengontrolan *PI adaptive* rangkaian ini mampu mengontrol tegangan keluaran stabil 225.988V, tetapi saat terjadi peralihan tegangan masukan dari 24V menjadi 12V, terjadi jatuh tegangan pada keluaran rangkaian. Tegangan terendah yang tercatat saat terjadinya jatuh tegangan sebesar 198.227V, akan tetapi rangkaian ini mampu mengembalikan kembali kestabilan tegangan saat terjadi peralihan kembali tegangan masukan menjadi 24V. Pengujian yang sama dilakukan pada rangkaian MBC, rangkaian ini mampu menghasilkan tegangan keluaran 228.299V pada saat masukan 24V namun saat terjadi peralihan tegangan ke 12V tegangan keluaran yang dihasilkan ikut turun. Tegangan terendah tercatat pada

saat peralihan tegangan sebesar 166.890V, namun rangkaian ini mampu menstabilkan kembali tegangan keluaran saat peralihan kembali tegangan masukan sebesar 24V. Pengujian terakhir yang dilakukan pada rangkaian HBC menunjukkan tegangan keluaran pada rangkaian ini sebesar 219.292V saat masukan diberikan 24V dan saat terjadi peralihan tegangan masukan menjadi 12V rangkaian ini juga mengalami jatuh tegangan keluaran. Tegangan terendah tercatat saat terjadi peralihan tegangan sebesar 145.855V pada masukan 12V. Hal ini dapat dilihat dalam Gambar. 5

D. Pengujian Berdasarkan kendali PI dengan variasi tegangan masukan 18-24V

Dalam simulasi ini dilakukan perubahan tegangan masukan untuk mengetahui respon kendali *PI* pada rangkaian untuk menghasilkan tegangan keluaran yang stabil. Tegangan masukan digunakan sebesar 18-24V.

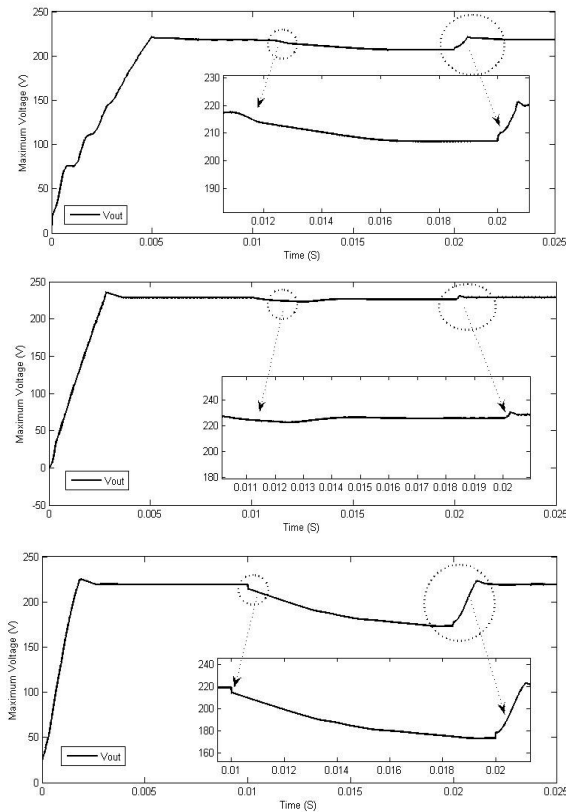


Gambar 6. Grafik Tegangan Input dan Output Masukan 18V-24V

Gambar 6 merupakan grafik respon dari ketiga rangkaian dengan pengujian berdasarkan tegangan masukan sebesar 18-24V. Berdasarkan pengujian simulasi yang dilakukan rangkaian mampu menghasilkan tegangan keluaran terendah 220.328V pada rangkaian BCI, pada rangkaian MBC tegangan terendah adalah 213.918 V sedangkan pada rangkaian HBC tegangan terendah tercatat adalah 166.508V.

E. Pengujian Berdasarkan kendali PI dengan variasi tegangan masukan 19-24V

Dalam simulasi berikut tegangan masukan yang digunakan sebesar 19-24V dengan beban 1K Ω .

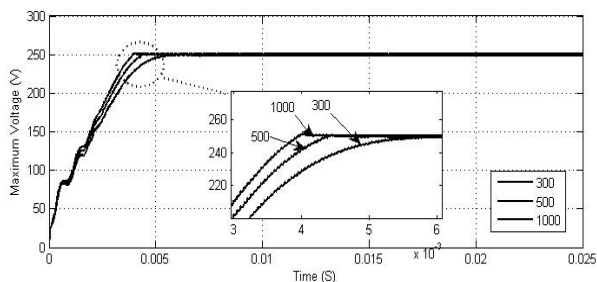


Gambar 7. Grafik Tegangan Input dan Output Masukan 19-24 V

Gambar 7 merupakan grafik respon dari ketiga rangkaian dengan pengujian berdasarkan tegangan masukan sebesar 19-24V. Berdasarkan pengujian simulasi yang dilakukan rangkaian mampu menghasilkan tegangan keluaran terendah 224.861V pada rangkaian BCI, pada rangkaian MBC tegangan terendah adalah 223.471V sedangkan pada rangkaian HBC tegangan terendah tercatat adalah 173.349V.

F. Pengujian Rangkaian BCI menggunakan kendali PI Adaptive

Gambar 8 merupakan grafik hasil simulasi yang diperoleh dalam pengujian rangkaian BCI dengan menggunakan kendali *PI Adaptive*. Pengujian *PI adaptive* menggunakan beban resistif 300 Ω sampai 1K Ω .

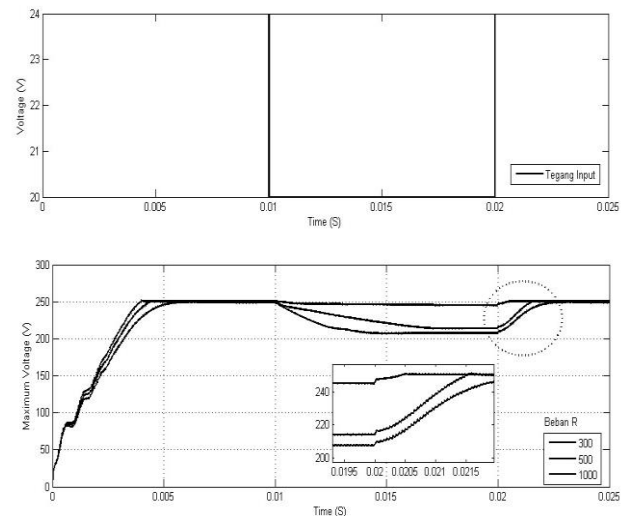


Gambar 8. Hasil Simulasi Tegangan Keluaran berdasarkan Kendali *PI Adaptive* pada Rangkaian HBC

Berdasarkan hasil simulasi rangkaian BCI mampu mengendalikan tegangan keluaran tetap stabil. Tegangan keluaran diperoleh untuk beban sebesar 300 Ω yaitu 249.069 V, untuk beban 500 Ω tegangan terukur sebesar 249.697 V, sedangkan untuk beban 1K Ω tegangan output diperoleh sebesar 250.244 V.

G. Pengujian Rangkaian BCI Input 20V-24V kendali PI Adaptive

Pengujian ini menggunakan perubahan tegangan non-linear dimana masukan tegangan dibuat berubah tiba-tiba dari 24V turun menjadi 20V dan kembali naik diakhir. Respon kendali mengontrol tegangan tetap stabil dengan variasi beban yang telah ditentukan bervariasi dari 300 Ω sampai dengan 1K Ω .



Gambar 9: Grafik Tegangan Input dan Grafik Tegangan Output Rangkaian BCI Dengan kendali *PI Adaptive*

Pada Gambar 9 menampilkan hasil pengujian dengan tegangan nonlinear. Tegangan output menurun untuk kondisi beban 300 Ω dan 500 Ω hal ini dipengaruhi masukan tegangan akan tetapi tegangan keluaran berhasil kembali dikontrol stabil saat tegangan masukan beralih menjadi 24V. Sedangkan berdasarkan simulasi tegangan keluaran diperoleh tetap stabil pada kondisi beban sebesar 1K Ω . Untuk beban 300 Ω tegangan output terendah tercatat sebesar 207.281 V sementara untuk beban 500 Ω tegangan terendah sebesar 213.876V dan pada beban 1K Ω tegangan tetap stabil terkontrol sebesar 244.790V.

IV. KESIMPULAN

Akhirnya makalah ini menyajikan hasil pengujian dari 3 jenis rangkaian berbeda. Pengujian kendali yang dilakukan menguji kendali *PI Static* dan *PI Adaptive* menggunakan SPICE. Dari tiga jenis rangkaian *DC-DC Boost* yang telah diuji memiliki kemampuan boosting tegangan yang cukup tinggi Berdasarkan hasil percobaan yang dilakukan kendali *PI Adaptive* jauh lebih baik untuk digunakan dimana pengujian tegangan nonlinear dilakukan pada kendali *PI Adaptive*. Hasil diperoleh respon kendali *PI Adaptive* mampu mengontrol tegangan keluaran tetap stabil.

REFERENSI

- [1] J.C R.Caro, J.M Ramirez, F.Z.Peng, A.Valderrabano; "A DCDC multilevel boost converter," IET Power Electronics, Volume 03, 2010, Pages 129-137
- [2] B.Wu, S Li, Y Liu, K M Smadley; "A New Hybrid Boosting Converter for Renewable Energy Applications," IEEE Transaction On Power Electronics, Volume 31, No 2, February 2016, Pages 1203-1215.
- [3] J.C.M Maldonado, R.S. Cabrera, J.C R Caro, J.D L Morales; "Modelling and control of a DCDC multilevel boost converter," IET Power Electronics, Volume 04, Iss 6, October 2010, Pages 693700
- [4] M.Muhammad, M Armstrong, M A. Elgendy, " Analysis and implementation of high-gain non-isolated DCDC boost converter," Analysis and implementation of highgain non-isolated DCDC boost converter, Volume 10, March 2017, Pages 1241-1249
- [5] M.Khalilzadeh, K.Abbaszadeh; "Non-isolated high step-up DCDC converter based on coupled inductor with reduced voltage stress," IET Power Electronics, Volume 08, ISSN 17554535, 2015, Pages. 21842194.
- [6] Afandy, M., Samman, F. A., & Salam, A. E. U. (2019, July). Performance Comparative study on DC-DC Boost Converters Non-Isolated Configurations. In *2019 International Conference on Information and Communications Technology (ICOIACT)* (pp. 728-732). IEEE.
- [7] Farzad.M Shahir, Ebrahim Babaei, Murtaza Farsadi ;"Analysis and design of voltage-lift techniquebased non-isolated boost dc dc converter," IET Power Electronics, Vol. 11, Year: 2018, Pages: 1083-1091
- [8] P Yang, J. Xu, G. Zhou, S. Zhang, "A New Quadratic Boost Converter with High Voltage Step-up Ratio and Reduced Voltage Stress", International Power Electronics and Motion Control Conference - ECCE Asia, June 2012, pp. 1164-1168
- [9] F. L Tofoli, D. D.C Pereira, W. J.D Paula: , "Survey on non-isolated high-voltage step-up dc dc topologies based on the boost converter", IET Power Electronics, Volume 08, Iss 10, 2015, Pages 20442057
- [10] I. Hidayat, F. A. Samman and R. S. Sadjad, "Single-Phase DC-AC Inverter with Transformer and Transformerless and Low Power Dissipation Filter for Photovoltaic-Based Home-Scale Electric Power System," 2019 International Conference on Information and Communications Technology (ICOIACT), 2019, pp. 723-727, doi: 10.1109/ICOIACT46704.2019.8938478.
- [11] Hidayat, I., Mahdali, A., & Afandy, M. (2022). Analisis Perbandingan Inverter Satu Fasa PWM dan SPWM dengan Trafo. *Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering*, 4(1), 27-32.
- [12] C Srun, F A Samma, R S.Sadjad:, "High Voltage Gain DC-DC Converter based on Charge Pump Circuit Configuration with Voltage Controller", IEEE, Year: 2017
- [13] M Forouzesh, S Asghari, G Y Siwakoti, F Blaabjerg, "Step-Up DCDC Converters: A Comprehensive Review of Voltage Boosting Techniques, Topologies, and Applications ", IEEE Transactions On Power Electronics, Vol. 32, No. 12, December 2017, Volume 42, Issue 28, 13 July 2017, Pages 17713-17722,
- [14] W Subsingha, "High Voltage Charge Pump Circuit Using Vertical Parallel Plate Capacitors ", IEEE, pp. 762-763. 2017
- [15] I. Hidayat, F. A. Samman and R. S. Sadjad, " Low Power Dissipation Filter of Single-phase DC-AC Inverter for Photovoltaic Based Homescale Electric Power System," 1st International Conference on Science and Technology, ICOST 2019, 2-3 May, Makassar, Indonesia, 2019, pp. 447-457, doi: 10.4108/eai.2-5-2019.2284602.
- [16] K.I Hwu, T.J. Peng, "High-voltage-boosting converter with charge pump capacitor and coupling inductor combined with buckboost converter," IET Power Electron., 2014, Vol. 7, Iss. 1, pp. 177188
- [17] S Ngueya W, J Millier, S Ricard, J M Portal, H. Aziza; "High Voltage Recycling Scheme to Improve Power Consumption of Regulated Charge Pumps," International Symposium on Power and Timing Modeling, Optimization and Simulation (PATMOS), 2017.
- [18] G.Spiazzi, D.Biadene, S.Marconi, A.Bevilacqua; " Nonisolated High Step-up DC-DC Converter with Minimum Switch Voltage Stress," IEEE Transactions on Power Electronics, 2018.
- [19] L Darbha, Parthiban P; "High Gain Bidirectional DC-DC Converter With Reduced Component CountHigh Gain Bidirectional DC-DC Converter With Reduced Component Count," National Power Electronics Conference (NPEC), 2017, pp. 314318 .
- [20] K Varesi, S Hosseini, M Sabahi, E Babaei; "A Multi-Port High Step-Up DC-DC Converter with Reduced Normalized Voltage Stress on Switches/Diodes," Power Electronics, Drives Systems and Technologies Conference (PEDSTC) 2018,
- [21] S Revathi B, M.Prabhakar; "High Gain High Power Non Isolated DC-DC Converter for Renewable Energy Applications," IEEE 2nd International Conference on Electrical Energy Systems (ICEES), 2014, pp 229-234.
- [22] G Wu, X Ruan, Z Ye; "Non-Isolated High StepUp DC-DC Converters Adopting Switched-Capacitor Cell, ", IEEE Transaction On Industrial Electronics, 2013.
- [23] V.A.K.Prabhala, P.Fajri, V.S.P.Gouribhatla, B.P.Baddipadiga, Mehdi Ferdowsi; "A Dc-Dc Converter with High Voltage Gain and Two Input Boost Stages, ", IEEE , 2015.
- [24] M H. Rashid, Hasan M;, "Spice for Power Electronics and Electric Power," Taylor and Francis Group, Volume: 2, 2006
- [25] M H. Rashid, Hasan M, "Power Electronics Handbook," Fellow IET (UK), Fellow IEEE (USA), Volume: 3, 2007