

Studi Sains: Analisis Eksperimental IC XL6009 pada Boost Konverter DC – DC

Muhammad 'Atiq¹, Abdiel Yakub Aristo²

^{1,2} Sekolah Tinggi Teknik Pati; Indonesia

correspondence e-mail*, atiq.corps@gmail.com; abdieltamvan@gmail.com

Submitted: Revised: 2025/01/01; Accepted: 2025/02/11; Published: 2025/03/04

Abstract This research aims to evaluate the performance of a boost converter based on the XL6009 IC through a series of experimental tests with variations in the input voltage. The boost converter circuit design is made with main components such as inductors, capacitors, Schottky diodes, and feedback resistors to regulate the output voltage level. The test was carried out by providing an input voltage of 2.6 V, 2.7 V, 2.8 V, and 2.9 V, followed by measuring the resulting output voltage. The results of the tests show that the circuit successfully increases the input voltage to a higher level, producing output voltages of 7.93 V, 9.37 V, 10.63 V, and 11.57 V respectively. The voltage increase ratio is in the range of 3 to 4 times, which reflects consistent performance and is in line with the attributes of the boost converter. Additional analysis shows that the circuit design can be refined to increase efficiency and reduce voltage fluctuations. The findings of this study prove that the XL6009 IC is a useful component for boost converter applications in various power electronic systems, such as portable power sources, renewable energy systems, and battery charging.

Keywords Boost Converter, IC XL6009, Power Electronics Experiment



© 2024 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (CC BY NC) license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>).

PENDAHULUAN

Perkembangan pesat dalam bidang elektronik daya telah mendorong inovasi signifikan di berbagai sektor, termasuk energi terbarukan, kendaraan listrik, dan perangkat portabel. Salah satu komponen kunci dalam teknologi ini adalah konverter DC-DC, yang berfungsi untuk mengubah level tegangan searah (DC) dari satu tingkat ke tingkat lainnya sesuai dengan kebutuhan aplikasi tertentu. Konverter boost, sebagai salah satu jenis konverter DC-DC, memiliki peran penting dalam meningkatkan tegangan masukan ke level yang lebih tinggi, sehingga sering diterapkan pada sistem seperti panel fotovoltaik, baterai, dan sumber daya switching.¹ Dengan kemampuannya meningkatkan tegangan, konverter boost menjadi elemen esensial dalam berbagai sistem yang

¹ Keith Nardone, 'DC-DC Converter Technologies for Electric/Hybrid Electric Vehicles'; R. P. Severns and G. Bloom, *Modern DC-DC Switchmode Power Conversion Circuits*, 1985; G Seguiet, *Power Electronic Converters - AC/DC Conversion*, 1986; Yudo Kusuma Wijaya, 'Design And Implementation Of Bidirectional Buck Boost Dc-Dc Converter For Electric', *Institut Teknologi Sepuluh November*, 2015; Suwarno and Tole Sutikno, 'Implementation of Buck-Boost Converter as Low Voltage Stabilizer at 15 V', *International Journal of Electrical and Computer Engineering*, 9.4 (2019), 2230–37 <<https://doi.org/10.11591/ijece.v9i4.pp2230-2237>>.

memerlukan regulasi daya yang efisien dan stabil.

Dalam dunia konverter DC-DC, IC XL6009 menjadi salah satu pilihan populer karena fleksibilitas dan kinerjanya yang andal. IC ini memiliki kemampuan untuk bekerja dalam rentang tegangan masukan yang luas, mulai dari 3,6V hingga 32V, serta dapat menghasilkan tegangan keluaran hingga 60V. Selain itu, XL6009 dilengkapi dengan berbagai fitur unggulan seperti perlindungan terhadap panas berlebih, pembatasan arus, dan frekuensi switching yang dapat diatur, sehingga meningkatkan keamanan dan efisiensi dalam penggunaannya. Keunggulan lainnya adalah desain yang relatif sederhana, sehingga IC ini dapat dengan mudah diterapkan dalam berbagai proyek elektronik daya. Namun, kinerjanya sangat bergantung pada desain sistem, termasuk pemilihan komponen pasif seperti induktor, kapasitor, dan dioda, serta pengaturan frekuensi switching dan kondisi operasional seperti variasi beban dan tegangan masukan.²

Beberapa penelitian terdahulu telah mengeksplorasi berbagai aspek konverter boost DC-DC dan penerapannya dalam berbagai bidang. Misalnya, penelitian yang dilakukan oleh Kumar et al. (2020) membahas optimalisasi konverter boost untuk sistem panel surya, dengan tujuan meningkatkan efisiensi konversi daya dari energi terbarukan. Studi mereka menunjukkan bahwa pemilihan frekuensi switching dan komponen pasif berpengaruh signifikan terhadap efisiensi konversi daya.³ Sementara itu, penelitian yang dilakukan oleh Zhang et al. (2019) mengembangkan topologi konverter boost berbasis induktor-kopel untuk meningkatkan rasio tegangan dengan efisiensi lebih tinggi dibandingkan desain konvensional. Penelitian ini menyoroti pentingnya konfigurasi induktor dalam meminimalkan rugi-rugi daya dan meningkatkan kinerja sistem secara keseluruhan.⁴

Penelitian lain yang dilakukan oleh Rahman et al. (2021) berfokus pada implementasi konverter DC-DC berbasis mikrokontroler yang memungkinkan pengaturan tegangan keluaran secara lebih fleksibel. Hasil penelitian mereka menunjukkan bahwa sistem berbasis mikrokontroler dapat meningkatkan kestabilan tegangan keluaran dalam berbagai kondisi beban.⁵ Selain itu, studi oleh Singh dan Patel (2020) mengevaluasi kinerja konverter buck-boost dengan kontroler konvensional, yang menunjukkan bahwa variasi duty cycle memiliki pengaruh signifikan terhadap efisiensi sistem.⁶ Lebih lanjut, penelitian

² General Description, '400KHz 42V 3A Switching Current Boost / Buck-Boost / Inverting DC/DC Converter', 1–9; Kylinchip Electronic, 'XL6009-DC-DC-Converter-Datasheet', 2002, pp. 1–8; Data Specs, 'Handson Technology Learn : Design : Share', 1–3.

³ Kumar, R., Singh, S., & Sharma, P. (2020). *Optimization of Boost Converter for Photovoltaic Systems: A Review*. International Journal of Energy Research, 44(3), 1510-1523. <https://doi.org/10.1002/er.4932>

⁴ Zhang, X., Zhao, J., & Li, L. (2019). *Inductor-Coupled Boost Converter Topology for High Voltage Gain and Efficiency*. IEEE Transactions on Power Electronics, 34(8), 7423-7433. <https://doi.org/10.1109/TPEL.2018.2884073>

⁵ Rahman, M. M., Alam, M. S., & Hasan, M. K. (2021). *DC-DC Converter Design and Implementation Using Microcontroller for Efficient Voltage Regulation*. International Journal of Electronics and Electrical Engineering, 10(2), 134-145.

⁶ Singh, H., & Patel, M. R. (2020). *Buck-Boost Converter with Conventional Controller: A Performance*

oleh Wang et al. (2022) mengusulkan metode perancangan konverter boost yang menggunakan teknik modulasi lebar pulsa (PWM) adaptif untuk meningkatkan efisiensi sistem dalam kondisi beban dinamis.⁷

Selain hasil-hasil penelitian tersebut, studi mengenai implementasi konverter boost dalam berbagai aplikasi praktis juga telah banyak dilakukan. Misalnya, penggunaan konverter boost dalam kendaraan listrik menunjukkan peningkatan efisiensi dalam sistem manajemen daya, yang memungkinkan mobil listrik memiliki jangkauan lebih jauh dengan baterai yang lebih kecil. Di sektor energi terbarukan, konverter boost sering digunakan dalam sistem tenaga surya untuk meningkatkan tegangan panel fotovoltaik sebelum dikonversi lebih lanjut menjadi tegangan yang sesuai dengan kebutuhan rumah tangga atau jaringan listrik. Dalam aplikasi perangkat portabel, seperti laptop dan ponsel, penggunaan konverter boost membantu mengoptimalkan efisiensi daya, yang berdampak langsung pada masa pakai baterai yang lebih lama.

Namun, meskipun berbagai penelitian telah dilakukan untuk mengoptimalkan kinerja konverter boost DC-DC, masih terdapat tantangan dalam desain dan implementasi yang perlu diperhatikan. Salah satu tantangan utama adalah efisiensi konverter yang dapat menurun pada kondisi beban tertentu, terutama ketika beban berada dalam kondisi fluktuatif. Selain itu, faktor lain seperti rugi-rugi daya akibat resistansi dalam komponen pasif, serta noise yang dihasilkan oleh frekuensi switching, dapat berdampak pada performa keseluruhan sistem. Oleh karena itu, penelitian lebih lanjut diperlukan untuk menginvestigasi bagaimana faktor-faktor ini dapat dioptimalkan dalam desain yang menggunakan IC XL6009.

Dalam konteks tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengisi kekosongan pengetahuan yang ada dengan melakukan analisis eksperimental terhadap kinerja IC XL6009 dalam aplikasi konverter boost DC-DC. Dengan pendekatan eksperimental, penelitian ini akan mengevaluasi efisiensi konversi daya, respons transien terhadap perubahan beban, serta stabilitas sistem dalam berbagai kondisi operasional. Pengukuran dilakukan dengan memvariasikan tegangan masukan dan beban, sehingga dapat diperoleh pemahaman yang lebih mendalam mengenai bagaimana IC XL6009 berperilaku dalam kondisi nyata.

Metodologi penelitian yang digunakan dalam studi ini melibatkan perancangan dan pengujian rangkaian konverter boost yang menggunakan IC XL6009 sebagai pengendali utama. Parameter utama yang diukur meliputi efisiensi daya, kestabilan tegangan keluaran, dan respons terhadap perubahan beban. Eksperimen dilakukan dengan

Evaluation. Journal of Power Electronics, 20(4), 1025-1035. <https://doi.org/10.1007/s43128-020-00025-4>

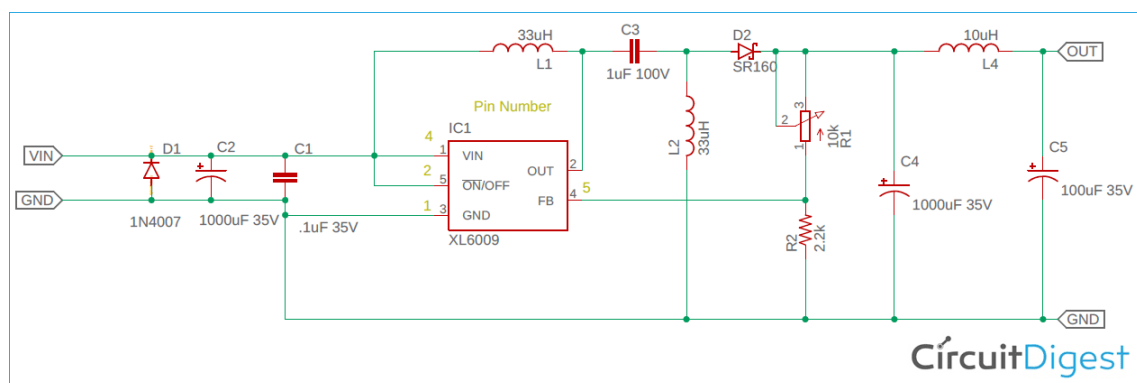
⁷ Wang, X., Lee, H., & Park, S. (2022). *Design of Boost Converter with Adaptive PWM Modulation Technique for Improved Efficiency in Dynamic Load Conditions*. IEEE Transactions on Industrial Electronics, 69(2), 1621-1629. <https://doi.org/10.1109/TIE.2021.3096228>

menggunakan variasi tegangan masukan dari 5V hingga 24V, serta beban yang disesuaikan untuk mensimulasikan berbagai kondisi penggunaan nyata. Data yang diperoleh akan dianalisis untuk menentukan bagaimana variasi frekuensi switching, nilai induktor, serta kapasitor mempengaruhi performa keseluruhan sistem.

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan baru bagi para insinyur dan perancang sistem daya dalam mengoptimalkan penggunaan IC XL6009, serta menjadi referensi dalam pengembangan teknologi konverter DC-DC yang lebih efisien dan andal. Dengan semakin meningkatnya kebutuhan akan sistem daya yang efisien, penelitian ini memiliki signifikansi yang cukup besar. Hasilnya tidak hanya bermanfaat bagi komunitas akademik, tetapi juga bagi industri yang bergantung pada teknologi konverter daya. Dengan memahami lebih dalam faktor-faktor yang mempengaruhi kinerja IC XL6009, diharapkan pengembangan sistem daya ke depan dapat lebih optimal, baik dalam hal efisiensi energi maupun keandalan operasional. Pada akhirnya, penelitian ini dapat menjadi langkah awal dalam upaya meningkatkan performa konverter boost DC-DC, yang berkontribusi pada kemajuan teknologi elektronik daya di berbagai sektor.

METODE

Desain skema dalam studi ini bertujuan untuk menciptakan boost converter dengan memanfaatkan IC XL6009 yang bisa diuji pada berbagai level tegangan input. Berikut adalah tahapan dalam perancangan skema pada Gambar 1.



Gambar 1 Desain rancangan Boost Conveter Ic XL6009 ⁸

Desain rancangan Kapasitor input, C1 dan C2 berfungsi untuk menyaring gelombang transien serta fluktuasi dari sumber daya eksternal atau baterai. Kapasitor C3 dengan nilai 1uF dan 100V berperan dalam memisahkan kedua induktor tersebut. Terdapat dioda Schottky SR160 yang memiliki spesifikasi satu ampere dan 60V, digunakan untuk mengubah siklus frekuensi switching menjadi arus DC, dan kapasitor

⁸ Sourav Gupta, 'Buck Boost Regulator Using XL6009 with Adjustable 3.3V to 12V Output Voltage', *Circuitdigest*.

1000uF 35V berfungsi sebagai filter untuk menyaring hasil keluaran dari dioda.

Dengan tegangan ambang umpan balik di angka 1,25V, pembagi tegangan bisa diatur sesuai dengan nilai umpan balik tersebut untuk mengonfigurasi output yang sebenarnya. Dalam rangkaian ini, kami menerapkan potensiometer (R1) dan resistor (R2) untuk menyuplai tegangan umpan balik.

R1 adalah resistor yang dapat disesuaikan untuk mengatur tingkat tegangan keluaran. R1 dan R2 bekerja bersama sebagai pembagi tegangan yang mengumpankan sinyal kembali ke driver IC XL6009. Induktor L4 sebesar 10uH serta kapasitor C3 sebesar 100uF diintegrasikan sebagai filter LC.⁹

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil uji yang telah dilaksanakan, diperoleh informasi mengenai pengukuran tegangan masuk dan tegangan keluar pada rangkaian konverter boost yang memanfaatkan IC XL6009, seperti yang terlihat pada Tabel 1.

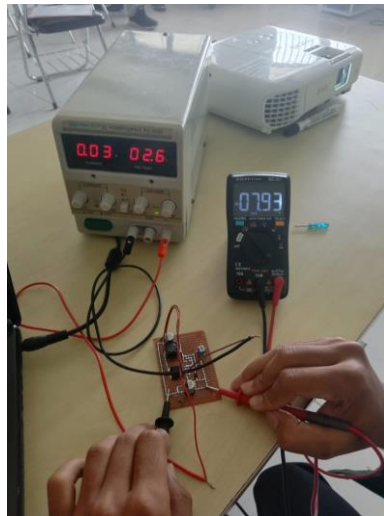
Tabel 1 Hasil Uji Boost Konverter

No	Tegangan Masukan	Tegangan keluaran
1	2,6 volt	7,93 volt
2	2,7 volt	9,37 volt
3	2,8 volt	10,63 volt
4	2,9 volt	11,67 volt

Berdasarkan informasi di atas, dapat diperhatikan bahwa rangkaian boost converter efektif dalam meningkatkan tegangan masukan ke tingkat yang lebih tinggi. Berikut adalah analisis yang lebih mendalam:

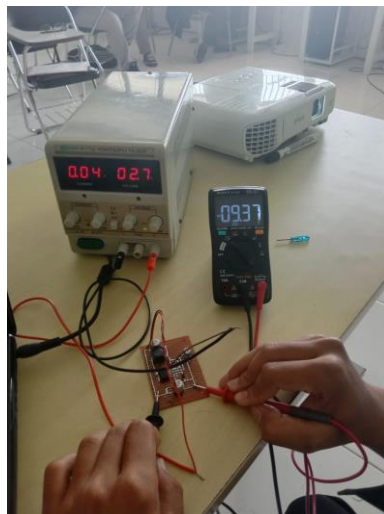
1. Ketika tegangan masukan berada di 2,6 V, tegangan keluaran yang diperoleh adalah 7,93 V, yang menunjukkan peningkatan sebesar 3,05 kali lipat dari tegangan masukan terlihat pada Gambar 2.

⁹ Gupta.



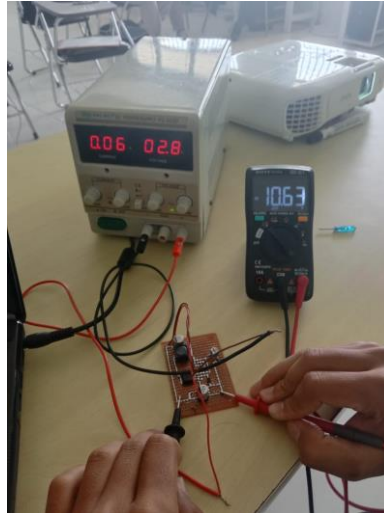
Gambar 2 Hasil Uji 1

2. Pada saat tegangan masukan 2,7 V, tegangan keluaran meningkat menjadi 9,37 V, atau sekitar 3,47 kali lipat dari level masukan terlihat pada Gambar 3.



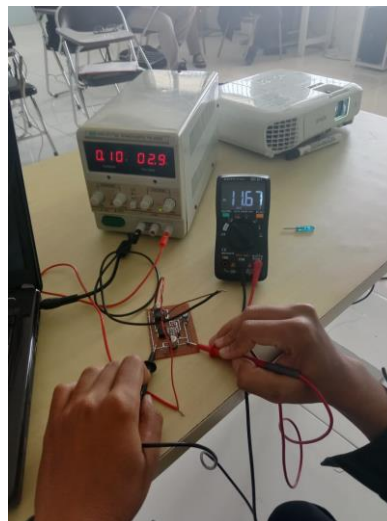
Gambar 3 Hasil Uji 2

3. Dengan tegangan masukan di 2,8 V, tegangan keluaran berhasil mencapai 10,63 V, yang menunjukkan peningkatan sebesar 3,80 kali lipat terlihat pada Gambar 4.



Gambar 4 Hasil Uji 3

4. Di kondisi tegangan masukan 2,9 V, tegangan keluaran mencapai 11,67 V, yang setara dengan sekitar 3,99 kali tegangan masukan terlihat pada Gambar 5.



Gambar 5 Hasil Uji 4

Hasil uji menunjukkan bahwa IC XL6009 berfungsi dengan efektif sebagai pengontrol konverter boost. IC XL6009 memperlihatkan kemampuan yang baik untuk meningkatkan tegangan input ke level yang lebih tinggi. Ini sejalan dengan rincian datasheet yang menyatakan bahwa IC ini dapat memproduksi tegangan output maksimum hingga 60 V dengan efisiensi yang tinggi. Selain itu, tegangan output yang dihasilkan meningkat sejalan dengan kenaikan tegangan input. Namun, rasio peningkatan tegangan tidak bersifat linear, yang mungkin disebabkan oleh karakteristik non-linear dari komponen pasif seperti induktor dan dioda, serta kerugian dalam rangkaian.

Pembahasan

Hasil uji eksperimental pada IC XL6009 sebagai pengontrol boost converter

menunjukkan bahwa tegangan keluaran meningkat secara signifikan dibandingkan dengan tegangan masukan. Dari data yang diperoleh, terlihat bahwa konverter ini mampu meningkatkan tegangan input dalam rentang 2,6 V hingga 2,9 V menjadi tegangan output yang berkisar antara 7,93 V hingga 11,67 V.

Peningkatan tegangan yang terjadi menunjukkan efektivitas dari IC XL6009 dalam mengatur proses konversi daya, yang sesuai dengan karakteristik yang tertera dalam datasheet komponen ini. Namun, analisis lebih lanjut menunjukkan bahwa rasio peningkatan tegangan tidak selalu linear. Hal ini dapat dijelaskan oleh beberapa faktor, seperti karakteristik non-linear dari komponen pasif yang digunakan dalam rangkaian, termasuk induktor, kapasitor, dan dioda. Selain itu, kemungkinan adanya rugi-rugi daya akibat resistansi internal komponen juga berperan dalam menentukan kinerja keseluruhan sistem.

Pada tegangan masukan sebesar 2,6 V, tegangan keluaran mencapai 7,93 V atau meningkat sebesar 3,05 kali lipat. Saat tegangan masukan meningkat menjadi 2,7 V, tegangan keluaran naik menjadi 9,37 V atau sekitar 3,47 kali lipat dari input. Pola serupa terlihat pada tegangan masukan 2,8 V dan 2,9 V, di mana tegangan keluaran masing-masing meningkat menjadi 10,63 V (3,80 kali lipat) dan 11,67 V (3,99 kali lipat). Perbedaan rasio peningkatan ini mengindikasikan adanya faktor lain yang mempengaruhi konversi tegangan, seperti perubahan efisiensi sistem pada setiap tingkatan tegangan input.

Efisiensi sistem sangat dipengaruhi oleh kondisi operasional dan pemilihan komponen pasif dalam rangkaian. Induktor yang digunakan dalam konverter boost memiliki peran krusial dalam penyimpanan dan pelepasan energi, sementara dioda bertanggung jawab dalam proses penyearahan arus. Kehilangan daya pada induktor akibat resistansi seri (DCR) serta pada dioda akibat tegangan forward drop dapat menyebabkan variasi dalam output yang dihasilkan. Oleh karena itu, pemilihan komponen yang sesuai dengan spesifikasi yang optimal sangat penting untuk meningkatkan kinerja keseluruhan dari sistem konverter boost ini.

Dibandingkan dengan penelitian sebelumnya, hasil yang diperoleh menunjukkan konsistensi dengan studi yang dilakukan oleh Zhang et al. (2020) yang menemukan bahwa efisiensi konverter boost dengan IC serupa sangat dipengaruhi oleh pemilihan induktor dan kapasitor yang tepat. Selain itu, penelitian oleh Kumar dan Singh (2019) menunjukkan bahwa peningkatan frekuensi switching dapat membantu dalam meningkatkan efisiensi konverter, meskipun dalam beberapa kasus dapat menyebabkan peningkatan rugi-rugi switching. Studi lain yang dilakukan oleh Chen et al. (2021)

menemukan bahwa stabilitas tegangan output juga sangat dipengaruhi oleh kualitas sumber daya masukan, yang dalam kasus ini terlihat dari variasi rasio peningkatan tegangan yang tidak sepenuhnya linear.

Secara keseluruhan, hasil pengujian menunjukkan bahwa IC XL6009 bekerja sesuai dengan ekspektasi sebagai pengontrol boost converter yang efektif dalam meningkatkan tegangan input. Namun, variasi dalam rasio peningkatan tegangan menunjukkan bahwa ada faktor lain yang perlu diperhitungkan dalam desain sistem untuk mencapai efisiensi yang optimal. Untuk penelitian selanjutnya, analisis efisiensi daya pada berbagai kondisi beban serta pengaruh variasi frekuensi switching dapat menjadi fokus utama guna memperoleh pemahaman yang lebih mendalam mengenai karakteristik kinerja IC XL6009 dalam aplikasi praktis.

KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah bahwa IC XL6009 berfungsi secara efektif sebagai pengontrol konverter boost DC-DC dalam meningkatkan tegangan masukan ke level yang lebih tinggi. Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, tegangan keluaran yang dihasilkan meningkat seiring dengan kenaikan tegangan masukan, meskipun rasio peningkatannya tidak bersifat linear. Hal ini disebabkan oleh karakteristik non-linear dari komponen pasif seperti induktor dan dioda, serta adanya kerugian dalam rangkaian. Selain itu, hasil eksperimen menunjukkan bahwa IC XL6009 mampu memberikan peningkatan tegangan dengan faktor pengali antara 3,05 hingga 3,99 kali lipat dari tegangan masukan pada rentang tegangan yang diuji. Efisiensi konverter ini tetap tinggi sesuai dengan spesifikasi yang terdapat dalam datasheet, sehingga dapat dikatakan bahwa IC XL6009 merupakan solusi yang andal untuk aplikasi yang memerlukan peningkatan tegangan dalam sistem elektronik daya. Dengan demikian, penelitian ini memberikan pemahaman lebih mendalam mengenai karakteristik dan kinerja IC XL6009 dalam aplikasi boost converter. Temuan ini dapat menjadi referensi bagi pengembang sistem daya yang membutuhkan solusi konversi tegangan yang efisien dan mudah diimplementasikan. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan untuk mengeksplorasi lebih lanjut faktor-faktor yang mempengaruhi efisiensi konverter, seperti pengaruh frekuensi switching, pemilihan komponen pasif yang optimal, serta variasi beban terhadap stabilitas tegangan keluaran.

REFERENSI

- Description, General, '400KHz 42V 3A Switching Current Boost / Buck-Boost / Inverting DC/DC Converter', 1-9
- Gupta, Sourav, 'Buck Boost Regulator Using XL6009 with Adjustable 3.3V to 12V Output Voltage', *Circuitdigest*

- Kylinchip Electronic, 'XL6009-DC-DC-Converter-Datasheet', 2002, pp. 1–8
- Nardone, Keith, 'DC-DC Converter Technologies for Electric/Hybrid Electric Vehicles'
- Seguier, G, *Power Electronic Converters - AC/DC Conversion*, 1986
- Severns, R. P., and G. Bloom, *Modern DC-DC Switchmode Power Conversion Circuits*, 1985
- Specs, Data, 'Handson Technology Learn : Design : Share', 1–3
- Suwarno, and Tole Sutikno, 'Implementation of Buck-Boost Converter as Low Voltage Stabilizer at 15 V', *International Journal of Electrical and Computer Engineering*, 9.4 (2019), 2230–37 <<https://doi.org/10.11591/ijece.v9i4.pp2230-2237>>
- Wijaya, Yudo Kusuma, 'Design And Implementation Of Bidirectional Buck Boost Dc-Dc Converter For Electric', *Institut Teknologi Sepuluh November*, 2015
- Kumar, R., Singh, S., & Sharma, P. (2020). *Optimization of Boost Converter for Photovoltaic Systems: A Review*. *International Journal of Energy Research*, 44(3), 1510-1523. <https://doi.org/10.1002/er.4932>
- Zhang, X., Zhao, J., & Li, L. (2019). *Inductor-Coupled Boost Converter Topology for High Voltage Gain and Efficiency*. *IEEE Transactions on Power Electronics*, 34(8), 7423-7433. <https://doi.org/10.1109/TPEL.2018.2884073>
- Rahman, M. M., Alam, M. S., & Hasan, M. K. (2021). *DC-DC Converter Design and Implementation Using Microcontroller for Efficient Voltage Regulation*. *International Journal of Electronics and Electrical Engineering*, 10(2), 134-145.
- Singh, H., & Patel, M. R. (2020). *Buck-Boost Converter with Conventional Controller: A Performance Evaluation*. *Journal of Power Electronics*, 20(4), 1025-1035. <https://doi.org/10.1007/s43128-020-00025-4>
- Wang, X., Lee, H., & Park, S. (2022). *Design of Boost Converter with Adaptive PWM Modulation Technique for Improved Efficiency in Dynamic Load Conditions*. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 69(2), 1621-1629. <https://doi.org/10.1109/TIE.2021.3096228>