

Analisa Penggunaan Induktor Terkopel Terhadap Kinerja Konverter SEPIC

Bambang Sri Kaloko¹, Wahyu Muldayani^{2*}, Sumardi³, Widyono Hadi⁴, H.R.B. Moch Ghazali⁵
Inta Nurkhaliza Agiska⁶ dan Gensen Brianda Rusoneri⁷
Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember¹²³⁴⁵⁶
wahyumuldayani.teknik@unej.ac.id

Abstrak

Penggunaan penguat tegangan seperti SEPIC converter akan menghasilkan gelombang ripple pada arus masukan yang relatif tinggi. Oleh karena itu, penggunaan induktor terkopel pada konverter SEPIC dinilai dapat menurunkan ripple gelombang. Penelitian ini menggunakan PSIM sebagai software untuk melakukan simulasi. Dengan beban yang digunakan masing masing sebesar 100 Ω , 200 Ω dan 300 Ω . Penggunaan induktor terkopel dapat mempercepat gelombang untuk mencapai steady state. Dengan selisih 0,11 s pada I_{in} , 0,08 s pada I_{out} dan 0,07 s V_{out} . Selain itu penggunaan induktor terkopel dapat mengurangi ripple gelombang sebesar 1,46. Sedangkan perubahan beban akan membuat rata-rata I_{in} semakin kecil, rata-rata I_{out} semakin kecil dan rata-rata V_{out} semakin besar.

Kata Kunci —konverter SEPIC, induktor, terkopel, simulasi

Abstract

The use of a voltage booster, such as a SEPIC converter, will produce relatively high ripple on the input current. Therefore, the implementation of a coupled inductor in the SEPIC converter is considered effective in reducing current ripple. This study employs PSIM software to perform simulations, with load values of 100 Ω , 200 Ω , and 300 Ω , respectively. The use of a coupled inductor accelerates the waveform in reaching steady state, with differences of 0.11s in I_{in} , 0.08s in I_{out} , and 0.07s in V_{out} . Furthermore, the use of a coupled inductor can reduce ripple magnitude by 1.46. On the other hand, variations in load result in a decrease of the average I_{in} and I_{out} , while the average V_{out} increases.

Keywords —SEPIC converter, inductor, coupled, simulation.

I. PENDAHULUAN

Seiring dengan berjalannya waktu, ketersediaan sumber daya energi fosil semakin hari semakin menipis. Sedangkan kebutuhan akan energi listrik semakin meningkat setiap harinya. Hal tersebut mengakibatkan banyak dilakukan penelitian mengenai sumber energi terbarukan. Namun sumber energi terbarukan tersebut cenderung akan menghasilkan tegangan keluaran DC yang relatif kecil. Oleh karena itu untuk memenuhi tegangan yang diinginkan maka diperlukan beberapa komponen penguat tegangan [1][2][3][4].

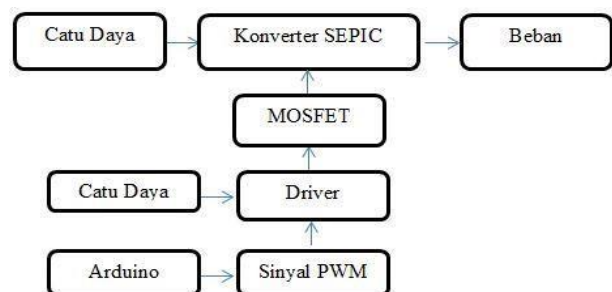
Penggunaan penguat tegangan seperti *boost converter* akan menghasilkan gelombang *ripple* pada arus masukan menjadi relatif tinggi. Selain itu, penggunaan *boost converter* konvensional juga memerlukan kapasitor yang cukup besar agar tegangan output tidak turun [5][6][7]. Semakin tinggi gelombang *ripple* pada arus masukan maka akan membuat daya keluaran yang dihasilkan juga akan mempunyai *ripple* yang tinggi. Sehingga, diperlukan sebuah konverter DC-DC yang dapat menguatkan tegangan keluaran sekaligus menghasilkan gelombang *ripple* arus masukan yang relatif kecil [8][9][10].

Penelitian ini, akan dilakukan simulasi konverter sepic yang termodifikasi induktor terkopling agar output tegangan meningkat. Konverter sepic sendiri yaitu salah satu jenis konverter DC-DC yang dapat menurunkan maupun menaikkan tegangan output yang mempunyai sifat tidak membalik polaritas tegangan output (*non-inverting*) dan gelombang *ripple* arus masukan yang relatif kecil [11][12]. Penggunaan induktor terkopling di konverter sepic juga dapat mengurangi lebih banyak gelombang *ripple* arus masukan pada konverter sepic [13][14].

II. METODOLOGI PENELITIAN

A. Diagram Blok Sistem

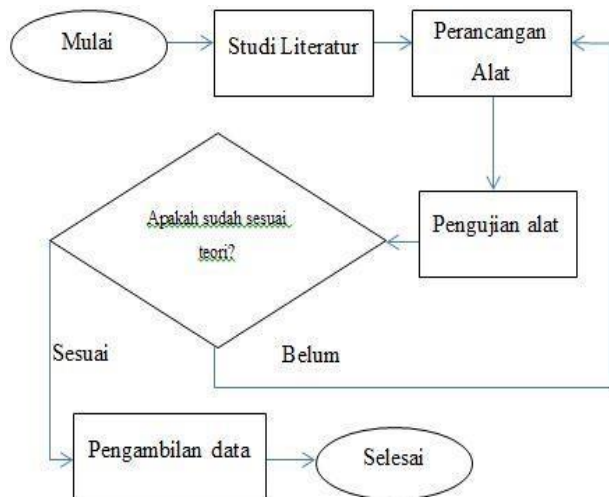
Agar alat dapat beroperasi sesuai yang diinginkan serta diperoleh data yang diperlukan, maka secara garis besar bentuk diagram blok dari keseluruhan sistem dapat digambarkan seperti Gambar 1. Secara garis besar pada gambar 1 diagram blok rangkaian konverter SEPIC membutuhkan beberapa komponen berupa Arduino, driver MOSFET, MOSFET dan catu daya.



Gbr. 1 Diagram Blok Rangkaian

B. Flowchart Sistem

Adapun beberapa tahapan dalam penyusunan dan penelitian ini yang secara garis besar yang digunakan sebagai kerangka dalam pemecahan masalah pada penelitian ini dapat digambarkan dalam bentuk diagram alir seperti Gambar 2.



Gbr. 2 Flowchart Sistem

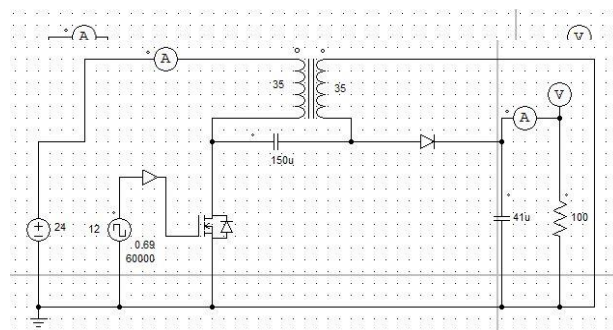
C. Perancangan Sistem

Rancangan konverter SEPIC dengan induktor terkopel tidak jauh berbeda dengan rancangan konverter SEPIC konvensional [15]. Perbedaannya hanya dari penggunaan dari induktor yang dipakai. Pada konverter SEPIC dengan induktor terkopel menggunakan dua buah induktor yang dililitkan pada satu inti besi [16][17]. Sedangkan pada konverter SEPIC konvensional menggunakan dua buah induktor yang terpisah. Parameter komponen yang digunakan pada sistem dapat dilihat pada Tabel 1.

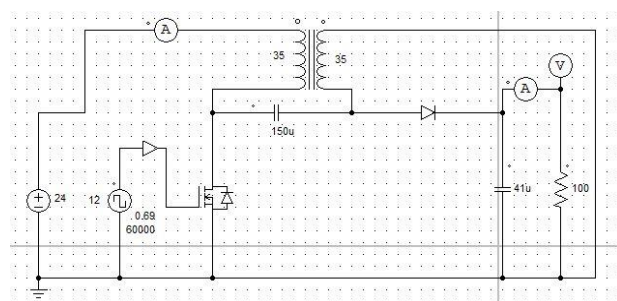
TABEL I
 PARAMETER PERANCANGAN KONVERTER SEPIC

Parameter	Nilai/Tipe
Tegangan Input	24 V
Frekuensi	60 kHz
Induktor 1 dan 2	121 μ H
Induktor Terkopel 1 dan 2	441 μ H
Kapasitor Kopling (C_1)	150 μ F
Kapasitor Output (C_0)	41 μ F
MOSFET	IRF 540
Inti Besi	ETD 49
Duty Cycle min	62%
Duty Cycle max	69%

Sedangkan untuk rancangan rangkaian konverter SEPIC konvensional dapat dilihat pada Gambar 3 dan untuk rancangan dari rangkaian konverter SEPIC dengan induktor terkopel dapat dilihat pada Gambar 4.



Gbr. 3 Rangkaian Konverter SEPIC konvensional

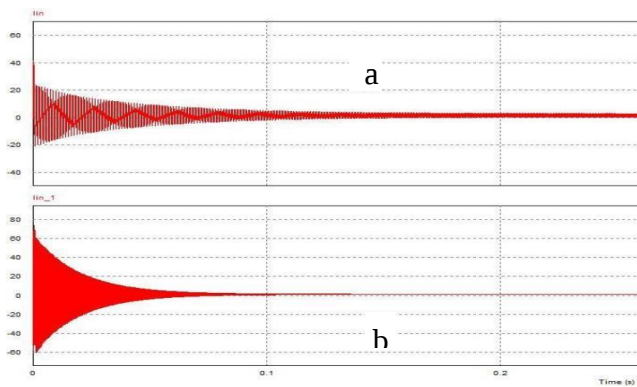


Gbr.4 Rangkaian Konverter SEPIC Dengan Induktor Terkopel

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian Dengan Beban Tetap

Berikut merupakan bentuk gelombang hasil dari perancangan konverter SEPIC konvensional dan konverter Sepic dengan induktor terkopel dengan beban 100 Ω . Gelombang I_{in} konverter SEPIC konvensional maupun konverter SEPIC dengan induktor terkopel yang ditunjukkan pada gambar 5 akan menghasilkan besaran arus puncak (*peak*), arus rata-rata (*Avg*) dan *ripple* I_{in} yang dapat dilihat pada tabel 2.

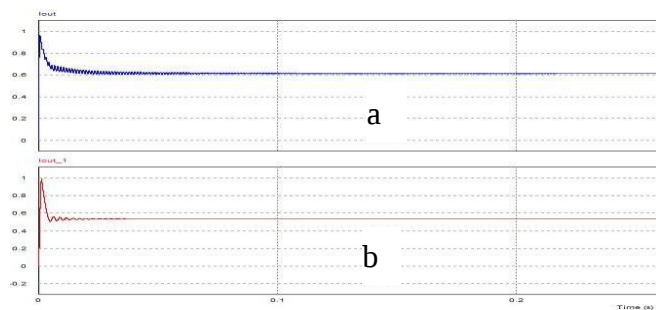


Gbr. 5 Gelombang I_{in} (a) Konvensional dan (b) Induktor Terkopel

TABEL II
 HASIL PENGUJIAN I_{in} RANGKAIAN

Konverter	I_{in} (A)		Ripple I_{in}
	Peak	Avg	
Konvensional	41	1,6	13,12
Induktor Terkopel	73	1,2	11,66

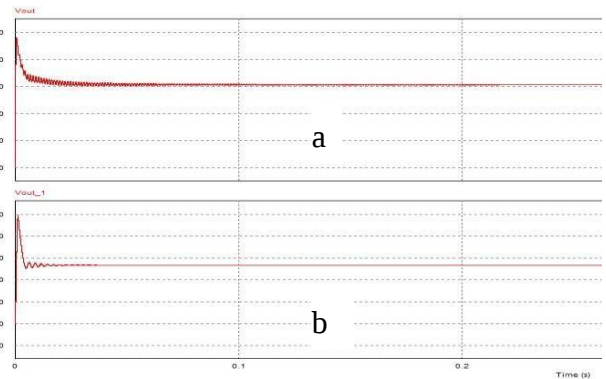
Gelombang I_{out} konverter SEPIC konvensional maupun konverter SEPIC dengan induktor terkopel yang ditunjukkan pada gambar 6 akan menghasilkan besaran arus puncak (*peak*), dan arus rata-rata (*Avg*) yang dapat dilihat pada tabel 3.



Gbr. 6 Gelombang I_{out} (a) Konvensional dan (b) Induktor Terkopel

TABEL III
 HASIL PENGUJIAN I_{out} RANGKAIAN

Konverter	I_{out} (A)	
	Peak	Avg
Konvensional	0,9	0,6
Induktor Terkopel	0,9	0,53



Gbr. 7 Gelombang V_{out} (a) Konvensional dan (b) Induktor Terkopel

TABEL IV
 HASIL PENGUJIAN V_{out} RANGKAIAN

Konverter	V_{out} (V)	
	Peak	Avg
Konvensional	96	61,6
Induktor Terkopel	99	53

Gelombang V_{out} konverter SEPIC konvensional maupun konverter SEPIC dengan induktor terkopel yang ditunjukkan pada gambar 7 akan menghasilkan besaran arus puncak (*peak*), dan arus rata-rata (*Avg*) yang dapat dilihat pada tabel 4.

Dari tabel 3 dan tabel 4 akan menghasilkan daya pada konverter SEPIC konvensional sebesar 36,96 W, sedangkan konverter SEPIC dengan induktor terkopel menghasilkan daya sebesar 28,09 W.

Selain itu dari gambar 5, gambar 6 dan gambar 7 terlihat bahwa gelombang konverter SEPIC dengan induktor terkopel membutuhkan waktu yang lebih cepat untuk mencapai *steady state* dengan rincian waktunya dapat dilihat pada tabel 5

TABEL V
 PERBANDINGAN WAKTU YANG DIBUTUHKAN GELOMBANG UNTUK MEMASUKI *STEADY STATE*

Gelombang	Konvensional (s)	Terkopel (s)	Selisih (s)
I_{in}	0,24	0,13	0,11
I_{out}	0,11	0,03	0,08
V_{out}	0,10	0,03	0,07

B. Pengujian Dengan Beban Berubah

Selanjutnya dilakukan pengujian kembali pada konverter SEPIC konvensional untuk mengetahui pengaruh dari

perubahan beban yang digunakan. Beban yang digunakan dalam pengujian kali ini masih menggunakan beban yang sama seperti sebelumnya yaitu beban sebesar 100 Ω , 200 Ω dan 300 Ω ditunjukkan pada tabel 6.

Dari data tabel 7 terlihat bahwa besaran beban yang digunakan tidak terlalu mempengaruhi arus masukan, namun perubahan beban akan cenderung mempengaruhi tegangan output dan arus output. Untuk tegangan output peak akan cenderung menurun seiring meningkatnya nilai beban yang digunakan, sedangkan untuk tegangan rata-ratanya akan meningkat seiring bertambahnya nilai beban. Selain itu arus output peak maupun arus output rata-rata juga akan ikut menurun seiring meningkatnya beban, oleh karena itu daya yang dihasilkan juga ikut menurun seiring bertambahnya beban.

Selanjutnya dilakukan pengujian kembali pada konverter SEPIC dengan induktor terkopel untuk mengetahui pengaruh dari perubahan beban yang digunakan. Beban yang digunakan dalam pengujian kali ini masih menggunakan beban yang sama seperti sebelumnya yaitu beban sebesar 100 Ω , 200 Ω dan 300 Ω ditunjukkan pada tabel 8.

TABEL VI
HASIL PENGUJIAN I_{in} KONVERTER SEPIC KONVENSIONAL TERHADAP PERUBAHAN BEBAN

Beban (Ω)	I_{in} (A)		Ripple I_{in}
	Peak	Avg	
100	41	1,6	13,12
200	41	1,5	14
300	41	1,6	13,12

TABEL VII
HASIL PENGUJIAN I_{out} DAN V_{out} KONVERTER SEPIC KONVENSIONAL TERHADAP PERUBAHAN BEBAN

Beban (Ω)	I_{out} (A)		V_{out} (V)		Daya (W)
	Peak	Avg	Peak	Avg	
100	0,9	0,6	96	61,6	36,96
200	0,4	0,4	99	86	34,4
300	0,3	0,3	108	106	31,8

TABEL VIII
HASIL PENGUJIAN I_{in} KONVERTER SEPIC DENGAN INDUKTOR TERKOPEL TERHADAP PERUBAHAN BEBAN

Beban Ω	I_{in} (A)		Ripple I_{in}
	Peak	Avg	
100	73	1,2	11,66
200	73	0,6	23,3
300	73	0,4	35

TABEL IX
HASIL PENGUJIAN I_{out} DAN V_{out} KONVERTER SEPIC DENGAN INDUKTOR TERKOPEL TERHADAP PERUBAHAN BEBAN

Beban (Ω)	I_{out} (A)		V_{out} (V)		Daya (W)
	Peak	Avg	Peak	Avg	
100	0,9	0,53	99	53	28,09
200	0,5	0,2	102	53	10,6
300	0,3	0,17	104	53	9,01

Dari data tabel 9 terlihat bahwa besaran beban yang digunakan tidak terlalu mempengaruhi arus masukan maksimum maupun minimumnya, namun perubahan beban yang digunakan akan cenderung mempengaruhi besaran arus masukan rata-rata, tegangan output dan arus output. Pada nilai arus masukan rata-rata akan semakin kecil seiring bertambahnya nilai beban yang digunakan dan untuk tegangan output peak akan cenderung menurun seiring meningkatnya nilai beban yang digunakan, sedangkan untuk tegangan rata-ratanya cenderung stabil. Selain itu arus output peak maupun arus output rata-rata juga akan ikut menurun seiring meningkatnya beban, oleh karena itu daya yang dihasilkan juga ikut menurun seiring bertambahnya beban.

IV. KESIMPULAN

Penggunaan induktor terkopel dapat mengurangi waktu yang dibutuhkan gelombang untuk memasuki *steady state*. Pada gelombang I_{in} mempunyai selisih 0,11 s, gelombang I_{out} mempunyai selisih 0,08 s dan gelombang V_{out} mempunyai selisih 0,07 s. Seiring meningkatnya beban maka V_{out} avg konverter sepic konvensional akan meningkat mulai dari 61,6 V, 86 V, dan 106 V. Sedangkan pada konverter sepic dengan induktor terkopel V_{out} avg stabil di angka 53 V. Seiring meningkatnya beban maka I_{out} avg akan semakin kecil, yang berawal dari 0,6 A, 0,4 A dan 0,3 A untuk konverter sepic konvensional. Sedangkan I_{out} avg untuk konverter sepic dengan induktor terkopel menghasilkan 0,53 A, 0,2 A dan 0,17 A.

REFERENSI

- [1] D. J. S. Newlin, R. Ramalakshmi & M. S. Rakasekaran. 2013. "A Performance Comparison of Interleaved Boost Converter and Conventional Boost Converter for Renewable Energy Application." in International Conference on Green High Performance Computing, March 2013, Tamil Nadu, India.
- [2] J. Falin. 2010. "Coupled Inductors Broaden DC/DC Converter Usage." Texas Instruments Incorporated, Dallas, Texas.
- [3] Zulkarnain, G. R. 2016. "Desain Dan Implementasi Konverter Dcdc Rasio Tinggi Berbasis Pensaklaran Kapasitor Dan Induktor Terkopel." Institut Teknologi Surabaya, Surabaya.
- [4] Farnell. 2013. Arduino Uno Datasheets. 1-4. <https://www.farnell.com/datasheets/1682209.pdf>
- [5] Zhang, D. 2013. "AN-1484 Designing A SEPIC Converter." Texas Instruments Incorporated, Texas.
- [6] Suryoatmojo, Heri, dkk. 2018. "Desain dan Implementasi Konverter DC-DC Topologi SEPIC Termodifikasi dengan Gain Statis yang Tinggi untuk Aplikasi pada Photovoltaic." Institut Teknologi Surabaya, Surabaya.

- [7] G. Ranganathan & L. Umanand. 1999. "Power Factor Improvement using DCM Cuk Converter with Coupled Inductor." in IEE Proc.-Electr.Power Appl., Vol.146, No.2, March 1999, India.
- [8] Susanto, B. K. 2017. "Desain Dan Implementasi Konverter Cuk Dengan Induktor Terkopel Untuk Reduksi Ripple Arus Masukan". Institut Teknologi Surabaya, Surabaya.
- [9] I. Khyavy, M. Aziz, & M. R. Jannat. 2018. "Analysis and Simulation of SEPIC Converter." in International Conference on Innovations in Electrical Engineering and Computational Technologies (ICIEECT), April 2018, India.
- [10] M. E. Zeynep, A. Zeki, A. Ahmet. 2018. "A Novel SEPIC Converter with Coupled Inductor for DC-DC Conversion." in 6th International Istanbul Smart Grids and Cities Congress and Fair (ICSG), April 2018, Istanbul.
- [11] M. Ouyang, F. C. Lee. 2005. "Coupled Inductor Design and Performance in SEPIC Converters." *IEEE Transactions on Power Electronics*, Vol. 20, No. 5.
- [12] N. B. Gayathri, & P. Tamilarasi. 2017. "Design and Analysis of Coupled Inductor SEPIC Converter for LED Driver Application." in International Conference on Information Communication and Embedded Systems (ICICES), February 2017, India.
- [13] H. W. Lee, M. H. Cho, B. H. Cho. 2008.
- [14] "Design and Performance Evaluation of SEPIC Converters." *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, Vol. 55, No. 7.
- [15] M. Madhusudhanan, K. Baskaran. 2012. "Analysis and Design of the SEPIC Converter." *International Journal of Engineering Research and Applications (IJERA)*, Vol. 2(3).
- [16] J. Periasamy & K. Subramani. 2019. "Coupled Inductor Design in Integrated SEPIC Converter with PFC for AC-DC Applications." in 3rd International Conference on Inventive Systems and Control (ICISC), January 2019, India.
- [17] Y. Zhou, J. Gong, F. Liu, Y. Li. 2017. "A New SEPIC Converter with Coupled Inductor for High Step-Up and High-Efficiency Applications." *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, Volume 64(10): 7913-7923.
- [18] M. A. Al-Rashidi, M. A. Hannan, N. A. Rahim. 2017. "Analysis and Design of a Coupled Inductor-Based Boost Converter for Photovoltaic Systems." *IEEE Transactions on Power Electronics*, Volume 32(3): 2241-2251.
- [19]
- [20]