

Simulasi Dan Analisis Konverter Buck Untuk Penurunan Tegangan Pada Beban Spesifik

Dian Putra Saragi¹, Michael fritz Immanuel S², Muhammad Ashari³, Selly Annisa binti zulkarnain⁴, Desman Jonto Sinaga⁵, Saras Pratama⁶

^{1,3}Program Studi Teknik Elektro, Jurusan Pendidikan Teknik Elektro Fakultas Teknik, Universitas Negeri Medan, Jl Willem Iskandar Psr V, Medan Estate, Percut Sei Tuan, Kab. Deli Serdang, Sumatera Utara 20371

^{2,4,5}Program Studi Pendidikan Teknik Elektro, Jurusan Pendidikan Teknik Elektro Fakultas Teknik, Universitas Negeri Medan, Jl Willem Iskandar Psr V, Medan Estate, Percut Sei Tuan, Kab. Deli Serdang, Sumatera Utara 20371

⁶Program Studi Pendidikan Teknologi Informatika dan Komputer, Jurusan Pendidikan Teknik Elektro Fakultas Teknik, Universitas Negeri Medan, Jl Willem Iskandar Psr V, Medan Estate, Percut Sei Tuan, Kab. Deli Serdang, Sumatera Utara 20371

*Corresponding Author

E-mail Address: dianpsaragi@unimed.ac.id

ABSTRAK

Untuk mendapatkan desain konverter buck yang sesuai dengan kebutuhan beban tertentu, diperlukan perhitungan yang didasarkan pada teori dan parameter yang relevan. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan nilai-nilai komponen utama yang dibutuhkan dalam merancang konverter buck yang optimal, serta untuk memvalidasi hasil perhitungan melalui simulasi menggunakan perangkat lunak PSIM. Konverter buck merupakan elemen penting dalam sistem elektronika daya karena kemampuannya dalam menurunkan tegangan secara efisien. Desain konverter dalam penelitian ini memanfaatkan data arus beban, tegangan beban, tegangan input, dan frekuensi switching sebagai dasar perhitungan nilai *duty cycle*, induktor, dan kapasitor. Pada studi kasus yang diangkat, tegangan input sebesar 19 V diturunkan menjadi 9 V dengan arus beban sebesar 814 mA dan frekuensi switching sebesar 100 kHz. Berdasarkan perhitungan teoritis, diperoleh nilai *duty cycle* sebesar 47,36%, induktor 5,862 mH, dan kapasitor 0,113 μF . Hasil simulasi menunjukkan bahwa konverter mampu mempertahankan tegangan output 9 V dan arus sebesar 814 mA secara stabil. Temuan ini menegaskan bahwa pemilihan komponen dan strategi pengendalian sangat berpengaruh terhadap performa sistem. Penelitian ini memberikan kontribusi penting bagi pengembangan desain konverter buck yang efisien untuk berbagai aplikasi dalam sistem elektronika modern.

Kata Kunci : konverter, konverter buck, PSIM, elektronika daya, *duty cycle*

ABSTRACT

To obtain a buck converter design that is suitable for specific load requirements, calculations based on relevant theories and parameters are required. This research aims to determine the values of the main components needed in designing an optimal buck converter, as well as to validate the calculation results through simulation using PSIM software. The buck converter is an important element in power electronics systems due to its ability to reduce voltage efficiently. The converter design in this study utilizes data on load current, load voltage, input voltage, and switching frequency as the basis for calculating duty cycle, inductor, and capacitor values. In the case study, the input voltage of 19 V is reduced to 9 V with a load current of 814 mA and a switching frequency of 100 kHz. Based on theoretical calculations, a duty cycle value of 47.36%, an inductor of 5.862 mH, and a capacitor of 0.113 μF are obtained. Simulation results show that the converter is able to maintain an output voltage of 9 V and a current of 814 mA in a stable manner. This finding confirms that component selection and control strategies greatly affect system performance. This research makes an important contribution to the development of efficient buck converter designs for various applications in modern electronic systems.

Keywords: converter, buck converter, PSIM, power electronics, *duty cycle*

PENDAHULUAN

Konverter buck, sebagai bagian dari elektronika daya, memainkan peran penting dalam elektronik modern dengan memungkinkan pengaturan tegangan yang efisien. Konverter ini sangat dihargai karena kemampuannya mengubah tegangan input DC yang lebih tinggi menjadi tegangan output yang lebih rendah dengan efisiensi tinggi, sehingga sangat penting dalam aplikasi mulai dari perangkat seluler hingga otomasi industri dan sistem energi terbarukan. Desain dan optimalisasi konverter buck menjadi semakin penting karena permintaan akan teknologi hemat energi meningkat, didorong oleh tujuan keberlanjutan dan berkembangnya perangkat yang dioperasikan dengan baterai.

Penelitian ini berfokus pada simulasi buck converter menggunakan PSIM, Awalnya penelitian ini dibuat oleh penulis karena adanya kebutuhan tegangan 9V dan arus maksimum 814mA, kemudian sumber tegangan converter buck ini berasal dari power supply SMPS dengan tegangan output 19V dan arus maksimum 2.37A. Bertujuan untuk menganalisis indikator kinerja utama seperti arus keluaran dan tegangan keluaran. Menemukan nilai komponen dari teori, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi praktik terbaik dalam desain dan operasi. Selain itu, penulis akan membahas implikasi dari temuan penulis untuk aplikasi dunia nyata, menyoroti bagaimana teknik simulasi yang lebih baik dapat menghasilkan solusi manajemen daya yang lebih andal dan efisien. Penulis mengacu pada penelitian berikut tentang konverter buck yang telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya.

Meningkatkan efisiensi konverter tegangan untuk menurunkan konsumsi adalah salah satu aspek yang paling banyak dibicarakan dalam penelitian yang bertujuan untuk meningkatkan otonomi perangkat portabel. Dalam hal ini, konverter DC/DC memiliki dua tujuan dalam elektronik portabel: konverter ini menyesuaikan level tegangan (step-up atau step-down) dan mengatur tegangan. Mereka juga menghasilkan banyak level DC untuk menyalakan sirkuit dalam perangkat. Penelitian ini menjelaskan desain dan pemodelan konverter DC/DC Buck dan Boost menggunakan Matlab/Simulink setelah meninjau konverter DC-DC yang sering digunakan dalam perangkat daya portabel (Bendaoud, 2016).

Dibuatlah Buck Converter dengan efisiensi hingga 90%. Pertama, simulasi rangkaian dibuat dengan menggunakan perangkat lunak NI Multisim 14.2 untuk memulai proses desain. Kontroler Arduino Nano digunakan untuk membuat prototipe converter buck berdasarkan simulasi ini. Simulasi converter buck mencapai efisiensi maksimum 98% dan Prototipe Buck Converter memiliki efisiensi maksimum 92% saat pengujian dengan tegangan input yang berbeda. Simulasi converter buck mencapai efisiensi maksimum 99,3% dan Prototipe Konverter buck mencapai efisiensi maksimum 96,4% saat pengujian dengan perubahan Duty Cycle. Simulasi Buck Converter mencapai efisiensi maksimum 97,3% dan Prototipe Buck Converter mencapai efisiensi maksimum 91,8% selama pengujian dengan perubahan beban (ALFIKRI, 2023).

Konverter buck, konverter dua arah yang didasarkan pada saluran transmisi powertrain kendaraan listrik, dimodelkan, dirancang, dan disimulasikan dalam penelitian ini. Tujuan dari operasi buck adalah untuk beralih dari tegangan input yang stabil ke tegangan output yang lebih rendah pada frekuensi tinggi dan memiliki jumlah riak paling sedikit pada frekuensi tetap. Dalam konverter dua arah, tegangan step-up diperlukan untuk menyalakan motor dari baterai sementara tegangan step-down diperlukan untuk mengisi baterai. Prosedur umum yang ditemukan dalam literatur digunakan untuk mendesain konverter yang disebutkan di atas. PowerSim 8.0 digunakan untuk simulasi. Selain itu, bentuk gelombang tegangan dan arus untuk dioda, kapasitor, dan induktor diperoleh. Ditemukan bahwa ada kesesuaian yang kuat antara temuan simulasi tegangan dan perhitungan analitis (Babu, 2019).

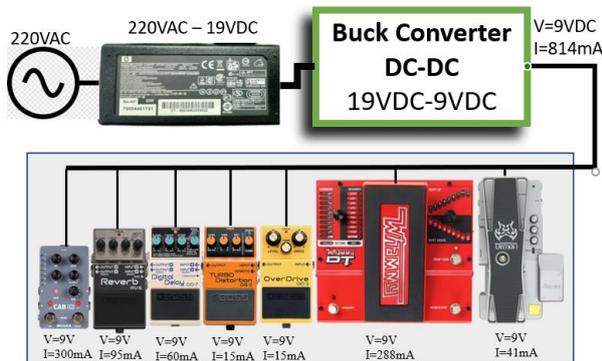
Dengan menggunakan perangkat lunak PROTEUS dari ISIS, sistem konverter 24VDC ke buck dengan kapasitas beban maksimum 500W dirancang. Kontrol IC, TL494, digunakan untuk memodifikasi siklus kerja yang dipasok oleh beban terkait. Metodologi yang digunakan melibatkan pemeriksaan pergeseran siklus kerja yang muncul dari perbedaan beban, mulai dari 100W hingga 500W (SETIAWAN, 2021).

Lingkungan simulasi daya digunakan untuk mendiskusikan dan mengimplementasikan inovasi dalam topologi Konverter DC-DC. Sistem energi surya berfungsi sebagai

sumber daya. Teknik titik daya maksimum digunakan untuk mendapatkan listrik sebanyak mungkin dari sistem fotovoltaik. Penelitian ini mengimplementasikan dan membandingkan berbagai topologi yang memanfaatkan matahari sebagai input, antara lain Buck, Boost, Buck-Boost, choke, dan zeta. karena kompleksitas dan efisiensi dari setiap topologi berbeda-beda. PSIM digunakan untuk pekerjaan tersebut (Khera, at al, 2020).

METODE PENELITIAN

Untuk merancang konverter buck yang akan digunakan untuk kebutuhan khusus. Sumber tegangan input DC (V_{in}) berasal dari catu daya SMPS dengan tegangan output sebesar 19 VDC. Tegangan 19 VDC ini akan menjadi tegangan input konverter buck diubah menjadi tegangan output konverter buck 9 VDC dengan menggunakan converter buck (Mohan, 2012). Sebelum merakit konverter buck secara teknis yang sesungguhnya, tentu saja simulasi kerja konverter buck pada software PSIM.



Gambar 1. Letak converter buck pada sistem

Data beban yang dibutuhkan adalah besarnya arus saat beban diaktifkan. Data arus beban diperoleh dari manual book yang diterbitkan oleh produsen produk. Setelah mendapatkan data beban berupa parameter arus dan tegangan, maka dapat dilakukan perhitungan komponen-komponen buck converter. Pada Gambar 1 dapat dilihat penempatan konverter buck.

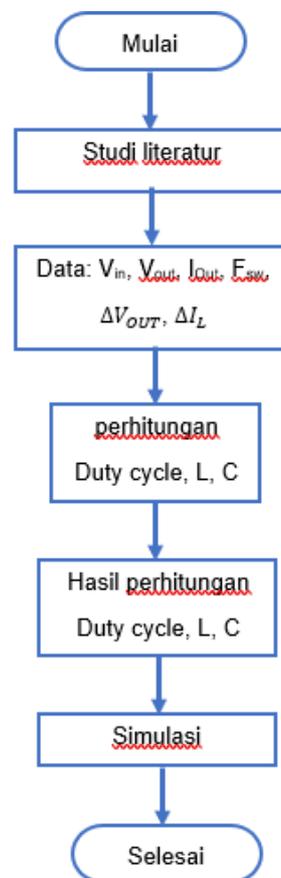
Berikut ini merupakan Tabel 1 parameter desain yaitu data yang dibutuhkan dalam melakukan desain konverter buck.

Tabel 1. Parameter desain

Parameter	Simbol	Nilai
Tegangan input	V_{IN}	19VDC
Tegangan output	V_{OUT}	9VDC

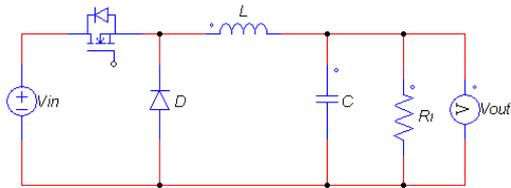
Arus output	I_{OUT}	814mA
Frekuensi switching	f_s	100KHz
Tegangan ripple output	ΔV_{OUT}	1%
Arus ripple induktor	ΔI_L	1%

Untuk melakukan penelitian ini penulis tentu menggunakan tahapan-tahapan yang sistematis, sehingga penulis dapat menyelesaikannya dengan tepat. Pada Gambar 2 adalah merupakan diagram alir yang menjadi panduan penulis.



Gambar 2. Diagram alir penelitian

Pada diagram alir tersebut dimulai dengan studi literatur dimana penulis mencari teori yang mendukung desain konverter buck. Tahap berikutnya adalah tahapan mengumpulkan data yang relevan untuk keperluan desain konverter buck. Melakukan perhitungan sehingga menghasilkan nilai duty cycle, nilai inductor, nilai kapasitor (Sutikno, 2020). Hasil perhitungan ini akan diaplikasikan pada software simulasi.



Gambar 3. Rangkaian converter buck

Untuk desain rangkaian konverter buck yang secara sederhana dapat dilihat pada Gambar 3. Converter buck dalam penerapannya terdiri dari komponen switching (transistor, mosfet, IGBT), inductor, kapasitor, dioda, beban.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bagian ini penulis akan menyajikan hasil simulasi buck converter. Konverter buck ini terdiri dari beberapa parameter yang nantinya akan disesuaikan dengan data hasil simulasi pada software. Untuk itu sebelum tahap simulasi, parameter lain seperti nilai inductor dan kapasitor harus dihitung terlebih dahulu. Perhitungan dimulai dengan menghitung nilai duty cycle dengan cara berikut ini:

$$D = \frac{V_{OUT}}{V_{IN}} = \frac{9}{19} = 0,4736 = 47,36\%$$

Bila kita memilih arus ripple yang digunakan pada converter buck adalah 1% maka:

$$I_L = I_{OUT} = 0.814 A$$

$$\Delta I_L = (1\%) 0.814 A = 0.00814 A$$

$$L = \frac{9(1-0.4736)}{0.00814 \times 100000} = \frac{4.7376}{814} = 0.00582 H = 5.82 mH$$

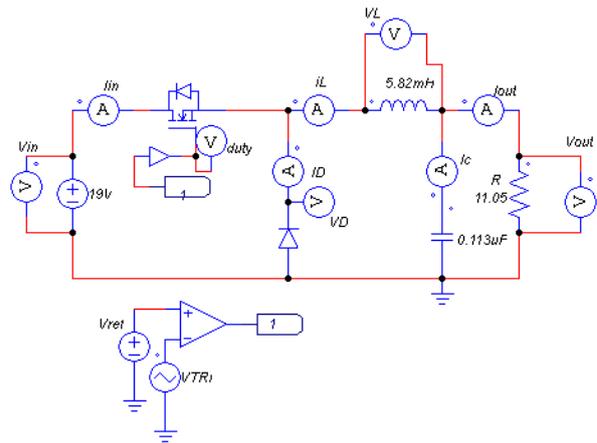
Kemudian tegangan ripple yang digunakan dalam converter buck maka nilai kapasitornya adalah:

$$C = \frac{\Delta I_L}{8 \Delta V_{OUT} f_s} = \frac{0.00814}{8 \times 0.09 \times 100000} = 1.13 \times 10^{-7} F = 0.113 \mu F$$

Dalam simulasi arus output 0.814 A dengan tegangan 9V dapat diganti dengan beban berikut:

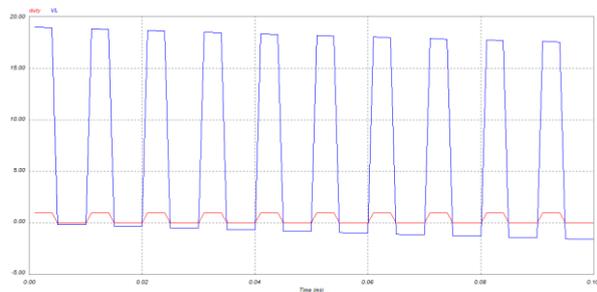
$$R = \frac{V_{OUT}}{I_{OUT}} = \frac{9}{0.814} = 11.05 \Omega$$

Nilai tersebut merupakan nilai yang akan diterapkan pada simulasi PSIM. Berikut ini pada Gambar 4 merupakan desain konverter buck yang di simulasikan pada PSIM.



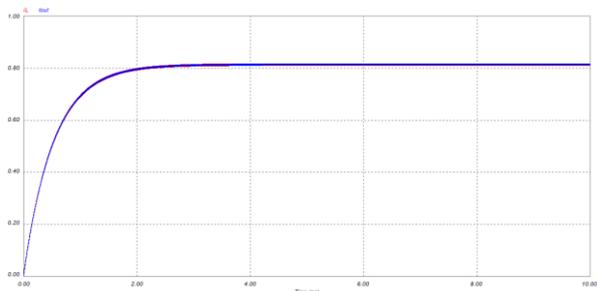
Gambar 4. Rangkaian konverter buck pada PSIM

Setelah menggunakan PSIM, maka didapatkan hasil simulasi berupa grafik seperti yang terlihat pada Gambar 5 berikut ini, yaitu grafik duty cycle dan grafik tegangan induktor.



Gambar 5. Duty cycle terhadap tegangan induktor

Berikut ini adalah grafik arus induktor (IL) dan arus keluaran (IOUT) pada simulasi konverter buck yang penulis lakukan. Dapat dilihat pada Gambar 5 bahwa arus induktor dan arus output terlihat memiliki bentuk yang saling menyerupai, nilai rata-rata arus output sebesar 0.814 A.



Gambar 6. Duty cycle terhadap tegangan induktor

Tegangan yang dihasilkan oleh konverter dan tegangan input (VIN) dapat dilihat pada Gambar 6. Dapat dilihat pada grafik bahwa tegangan output (VOUT) tampak konstan

setelah 4ms. Nilai rata-rata tegangan output adalah 9V.

PENUTUP

Rencana desain converter buck yang akan digunakan untuk beban tertentu dengan mengubah tegangan 19 VDC yang berasal dari SMPS menjadi 9 VDC dengan arus beban 0,814A telah menemukan titik terang. Nilai-nilai induktor dan kapasitor telah didapatkan dengan menggunakan studi teori buck converter. Pada akhirnya, penulis juga melakukan simulasi PSIM setelah semua nilai parameter komponen ditemukan. Hasil dari simulasi menunjukkan bahwa tegangan dan arus keluaran sudah sesuai dengan yang diharapkan. Nilai rata-rata tegangan dan arus pada simulasi PSIM adalah 9 VDC dan 0,814 A.

REFERENSI

- ALFIKRI, Ahmad Mushawwir; RAHAYU, Sofitri. Rancang Bangun Buck Converter Efisiensi Tinggi Dengan Pengendali Arduino Nano Berbasis Simulasi Multisim 14.2. *KILAT*, 2023, 12.2: 148-159.
- Babu, S. S., Chary, S. S. K., Abdullah, S. M., Elangovan, D., & Karuppa, R. R. T. (2019, September). Design and analysis of power converters for electric vehicle applications. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 312, No. 1, p. 012026). IOP Publishing.
- K. Bendaoud, J. Laassiri, S. -d. Krit and L. El Maimouni, "Design and simulation DC-DC power converters buck and boost for mobile applications using Matlab/Simulink," *2016 International Conference on Engineering & MIS (ICEMIS)*, Agadir, Morocco, 2016, pp. 1-6, doi: 10.1109/ICEMIS.2016.7745361.
- Khera, Richa & Khosla, Anita & Joshi, Dheeraj. (2020). Simulation of Photovoltaic based DC-DC Converter Topologies. *International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE)*. 8. 2032-2036. 10.35940/ijrte.D8553.038620.
- Ned Mohan. *Power Electronic*, John Wiley & Son, Inc, 2012
- SETIAWAN, D. (2021). Perancangan Buck Converter 24VDC-12VDC dengan Kapasitas 500W Berbasis TL494.

In *Prosiding Seminar Nasional Energi, Telekomunikasi dan Otomasi (SNETO)* (pp. 274-283).

Tole Sutikno, Hendril Satrial Purnama. *Koverter DC-DC Prinsip dan aplikasi*, UAD Press, 2020.