

DOI: doi.org/10.21009/03.SNF2022.01.FA.11

SIMULASI RANGKAIAN DC-DC BUCK CONVERTER DENGAN VARIASI NILAI RESISTOR BEBAN PADA SISTEM PENYIMPANAN ENERGI LISTRIK PANEL SURYA

Valendio Febriano^{1,a)}, Widyaningrum Indrasari^{1,b)}, Rahmondia Nanda Setiadi^{2,c)}

¹*Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta, Jl. Rawamangun Muka, RT.11/RW.14, Rawamangun, Kec. Pulo Gadung, Kota Jakarta Timur, Daerah Khusus Ibukota Jakarta, Indonesia*

²*Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Riau, Jl. Bangau Sakti No.99, Simpang Baru, Kec. Tampan, Kota Pekanbaru, Riau, Indonesia*

Email: ^{a)} valendiofebriano_1306617026@mhs.unj.ac.id, ^{b)} widyafisikaunj@gmail.com, ^{c)} rahmon@gmail.com

Abstrak

Untuk memanfaatkan energi surya sebagai sumber energi alternatif, umumnya energi surya akan disimpan terlebih dahulu di dalam baterai. Dalam melakukan proses penyimpanan energi tersebut, diperlukan suatu sistem pengontrol energi listrik dari panel surya agar lebih stabil. Salah satu caranya adalah menggunakan DC-DC Buck Converter. Penelitian ini bertujuan merancang sistem untuk mengontrol daya yang ditransmisikan dari panel surya menuju baterai agar lebih optimal. Oleh karena itu dilakukan simulasi rangkaian DC-DC Buck Converter menggunakan aplikasi LT Spice untuk mengetahui nilai arus dan tegangan keluaran pada sistem rangkaian. Simulasi ini dilakukan dengan memvariasikan nilai beban (R) pada filter dari rangkaian DC-DC Buck Converter. Variasi nilai resistor yang digunakan adalah 18 Ohm, 25 Ohm, 30 Ohm, 35 Ohm, 40 Ohm, 50 Ohm, 60 Ohm, dan 220 Ohm. Dengan menetapkan nilai tegangan input sebesar 20 Volt dan *duty cycle* sebesar 60%, didapatkan variasi nilai R yang paling mendekati nilai tegangan baterai adalah 30 Ohm dengan tegangan keluaran sebesar 12,03 Volt.

Kata-kata kunci: energi surya, buck converter, simulasi, variasi beban

Abstract

To utilize solar energy as an alternative energy source, generally solar energy will be stored in the battery first. In carrying out the energy storage process, a system for controlling electrical energy from solar panels is needed to make it more stable. One way is to use a DC-DC Buck Converter. This study aims to design a system to control the power transmitted from the solar panel to the battery so that it is more optimal. Therefore, a DC-DC Buck Converter circuit simulation was carried out using the LT Spice application to determine the current and output voltage values in the circuit system. This simulation is done by varying the value of the load (R) on the filter of the DC-DC Buck Converter circuit. The resistor values used are 18 Ohm, 25 Ohm, 30 Ohm, 35 Ohm, 40 Ohm, 50 Ohm, 60 Ohm, and 220 Ohm. By setting the input voltage value of 20 Volt and a duty cycle of 60%, the variation of the R value that is closest to the battery voltage value is 30 Ohm with an output voltage of 12.03 Volt.

Keywords: solar energy, buck converter, simulation, load variation

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang sangat sering mendapatkan sinar matahari, sehingga dikategorikan sebagai negara tropis. Atas dasar inilah pemanfaatan teknologi surya di Indonesia sangat potensial dan berpeluang besar untuk dilakukan. Menurut [1, 2], Indonesia mendapatkan pancaran intensitas radiasi matahari rata-rata sekitar 4,8 – 6,0 kWh/m² setiap hari di seluruh wilayah Indonesia. Atas dasar inilah Indonesia mempunyai sumber energi surya yang melimpah.

Menurut [3] sel surya adalah elemen berbahan dasar semikonduktor yang berfungsi mengubah energi surya menjadi energi listrik dengan prinsip fotovoltaiik. Melalui efek fotovoltaiik, arus listrik searah akan dihasilkan pada panel surya. Bahan yang paling umum digunakan sebagai bahan dasar sel surya adalah silikon kristal [4]. Produk sel surya berbahan dasar silikon kristal telah banyak berada dipasaran dengan hampir 90% produksi modul surya global dalam berbagai bentuk.

Untuk memanfaatkan energi surya sendiri, diperlukan suatu sistem untuk mengontrol energi listrik yang disalurkan dari panel surya menuju baterai. Sistem yang umum digunakan untuk mengontrol transmisi energi listrik menuju baterai adalah DC-DC *buck converter*. DC-DC *buck converter* digunakan untuk menurunkan tegangan input tinggi ke *level* tegangan output yang lebih rendah. Tujuan penggunaan DC-DC *buck converter* adalah untuk menghasilkan keluaran tegangan DC yang stabil dengan menambahkan LC *low pass filter* ke rangkaian dasar [5].

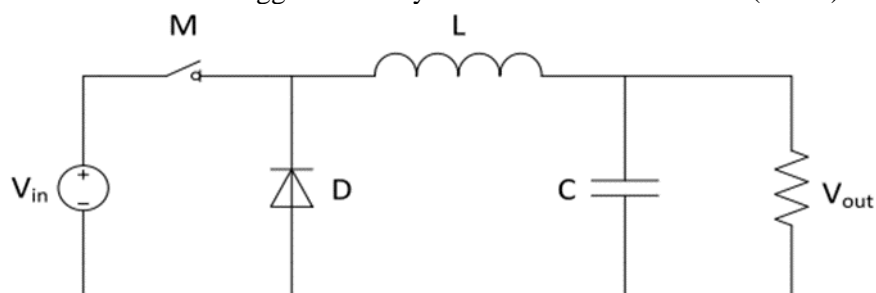
Pada penelitian sebelumnya [6] dilakukan penelitian mengenai rancang bangun sistem penyimpanan energi listrik panel surya. Pada penelitian ini, digunakan DC-DC Buck Converter dengan *Maximum Power Point Tracker* (MPPT) sebagai Pengontrol utama transmisi energi listrik panel surya menuju baterai. Dengan menggunakan beban $R = 220 \text{ Ohm}$ pada filter, arus yang dihasilkan dari keluaran rangkaian *buck converter* hanya sebesar 56,7 mA pada *duty cycle* 60% dan tegangan output 12,5 Volt. Disamping itu terdapat disipasi daya yang cukup besar, yaitu 57,69%.

Dari penelitian tersebut, diperlukan pengembangan untuk menaikan nilai arus pada output *buck converter*. Pengembangan dilakukan untuk mendapatkan daya yang cukup besar, sehingga disipasi daya yang terjadi dapat dikurangi secara signifikan. *Buck converter* terdiri dari beberapa komponen penyusun seperti dioda, induktor, kapasitor, resistor beban, dan saklar (*switching*) aktif. Komponen induktor, kapasitor, dan resistor beban merupakan komponen *low pass filter* pada *buck converter*, sehingga perubahan nilai komponen tersebut sangat mempengaruhi nilai keluaran dari *buck converter*.

Pada penelitian ini, dilakukan optimalisasi nilai keluaran pada filter *buck converter* dengan menggunakan variasi nilai resistor beban (R) yang disimulasikan dengan *software* LT Spice. Hasil yang didapatkan kemudian dianalisis untuk menentukan nilai resistor beban (R) yang tepat sebagai komponen resistor pada filter *buck converter*.

METODOLOGI

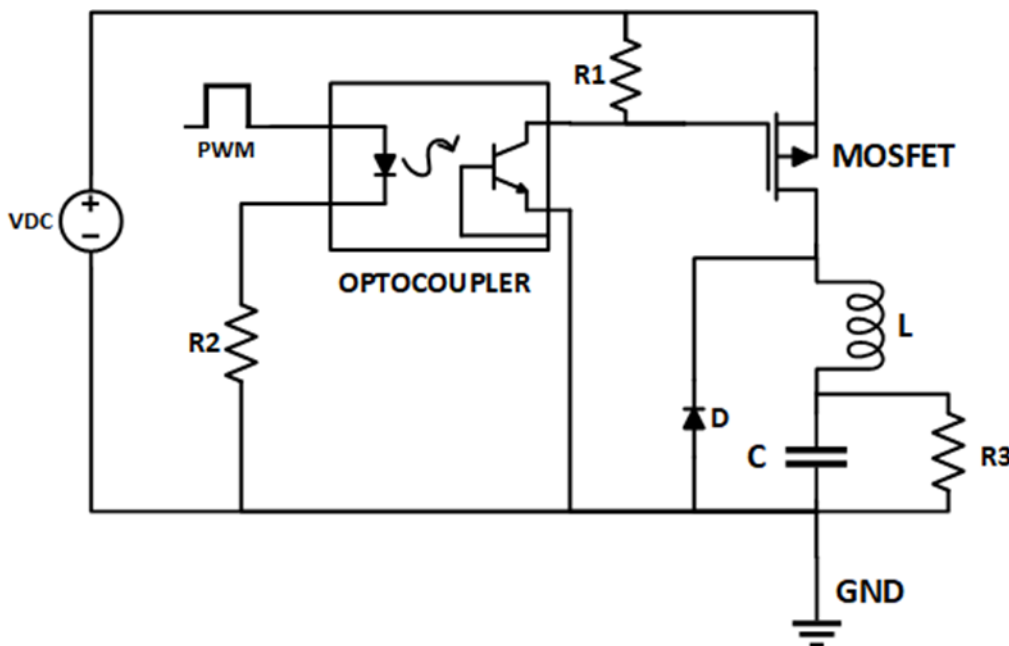
Simulasi dilakukan dengan mendesain rangkaian DC-DC *buck converter* yang berfungsi untuk menurunkan tegangan input ke level tegangan output dibawahnya. Rangkaian didesain sesuai dengan topologi buck converter dengan menggunakan *low pass filter* dan MOSFET *p-channel* IRF4905. penggunaan MOSFET dalam rangkaian *buck converter* berfungsi sebagai saklar atau *switching* [7]. Kontrol pada MOSFET diatur menggunakan sinyal *Pulse Width Modulation* (PWM).



GAMBAR 1. Topologi dasar DC-DC Buck Converter

Berdasarkan GAMBAR 1, terlihat bahwa komponen penyusun utama dari DC-DC buck converter terdiri dari kapasitor (C), induktor (L), dioda (D), saklar (M), pengontrol saklar, dan beban. DC-DC buck converter dapat dihubungkan ke penyimpanan daya atau baterai yang mempunyai tegangan lebih rendah dari tegangan input [5]. Prinsip kerja dari buck converter adalah menurunkan tegangan masukan dengan menggunakan MOSFET sebagai saklar atau switch yang dikontrol oleh sinyal PWM untuk membangkitkan nilai *duty cycle* yang tepat, sehingga tegangan keluaran dapat diatur sesuai dengan yang diinginkan [8].

Penelitian ini menggunakan variasi nilai resistor beban untuk melihat pengaruh tegangan keluaran pada rangkaian buck converter. Rangkaian disimulasikan menggunakan software LT Spice untuk mendapatkan data tegangan keluaran dari setiap variasi nilai resistor beban.



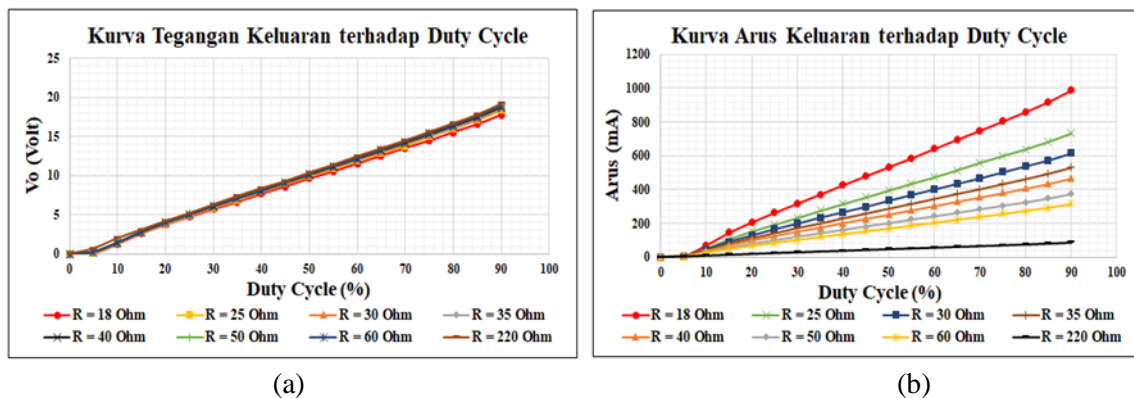
GAMBAR 2. Skematik Rangkaian DC-DC Buck Converter

Dari GAMBAR 2 resistor beban R3 pada rangkaian divariasikan menggunakan variasi nilai resistor sebesar 18 Ohm, 25 Ohm, 30 Ohm, 35 Ohm, 40 Ohm, 50 Ohm, 60 Ohm, dan 220 Ohm. Prinsip kerja dari rangkaian ini adalah sinyal PWM memberikan nilai *duty cycle* yang telah diatur dan memicu tegangan PWM masuk ke optocoupler dan membuka gate MOSFET. Saat kondisi MOSFET *on*, tegangan dan arus dari sumber diteruskan ke rangkaian filter. Tegangan dan arus keluaran rangkaian dapat diukur pada resistor beban R3. Penggunaan filter dimaksudkan untuk memfilter gangguan (*noise*) pada sinyal gelombang. Dan optocoupler digunakan sebagai IC *driver* tegangan *trigger* ke MOSFET.

Pada rangkaian simulasi, nilai kapasitor (C) dan Induktor (L) ditetapkan, yaitu 100nF dan 10mH. Tegangan masukan (VDC) ditetapkan sebesar 20 Volt, sedangkan tegangan masukan baterai sebagai sistem penyimpanan daya listrik panel surya yang akan digunakan bernilai 12 Volt

HASIL DAN PEMBAHASAN

Simulasi dimulai dengan mencari nilai arus dan tegangan keluaran dari rangkaian *buck converter*, menggunakan 8 variasi nilai resistor beban (R3) yaitu sebesar 18 Ohm, 25 Ohm, 30 Ohm, 35 Ohm, 40 Ohm, 50 Ohm, 60 Ohm, dan 220 Ohm secara bergantian. Sinyal PWM diatur untuk memberikan *trigger* ke optocoupler dengan rentang *duty cycle* 0% hingga 90% dengan kenaikan 5%. Hasil yang diperoleh dari simulasi rangkaian *buck converter* ditampilkan dalam kurva GAMBAR 3.



GAMBAR 3. Hasil simulasi rangkaian DC-DC Buck Converter ; (a) Kurva tegangan keluaran terhadap duty cycle (b) Kurva arus keluaran terhadap duty cycle

GAMBAR 3a memperlihatkan kurva nilai tegangan keluaran yang diperoleh pada simulasi rangkaian *buck converter*. *Duty cycle* yang di-trigger dengan sinyal PWM memberikan beberapa variasi nilai dari setiap persentasenya. Dari seluruh variasi nilai resistor yang diujikan, didapat bahwa tegangan pada setiap *duty cycle* memiliki nilai yang tidak jauh berbeda dengan penyimpangan yang tidak besar untuk setiap variasi.

Selain tegangan keluaran, simulasi juga memperlihatkan nilai dari arus keluaran rangkaian *buck converter*. Sinyal PWM diatur untuk memberikan *trigger* ke optocoupler dengan rentang *duty cycle* yang sama dengan sebelumnya. Hasil yang diperoleh pada simulasi ditampilkan melalui kurva GAMBAR 3b. Pada kurva tersebut, terlihat bahwa nilai arus keluaran tertinggi berada pada resistor beban 18 Ohm, sedangkan nilai arus terendah berada pada resistor beban 220 Ohm. Dari data tersebut dapat diketahui bahwa nilai resistor beban mempengaruhi besar arus keluaran dari *buck converter*. Semakin kecil nilai resistor beban, arus yang didapat akan semakin besar, dan berlaku sebaliknya. Namun, untuk memilih nilai resistor yang tepat, tidak hanya didasarkan pada seberapa besar nilai arus yang tepat, tetapi perlu juga mengetahui seberapa besar selisih nilai tegangan keluaran dari rangkaian *buck converter* terhadap tegangan baterai dengan menetapkan persentase *duty cycle* yang akan digunakan. Pada GAMBAR 3a terlihat bahwa tegangan keluaran bernilai sekitar 12 Volt diperoleh pada *duty cycle* 60%. Hal ini sesuai dengan persamaan:

$$V_o = D \times V_{in} \tag{1}$$

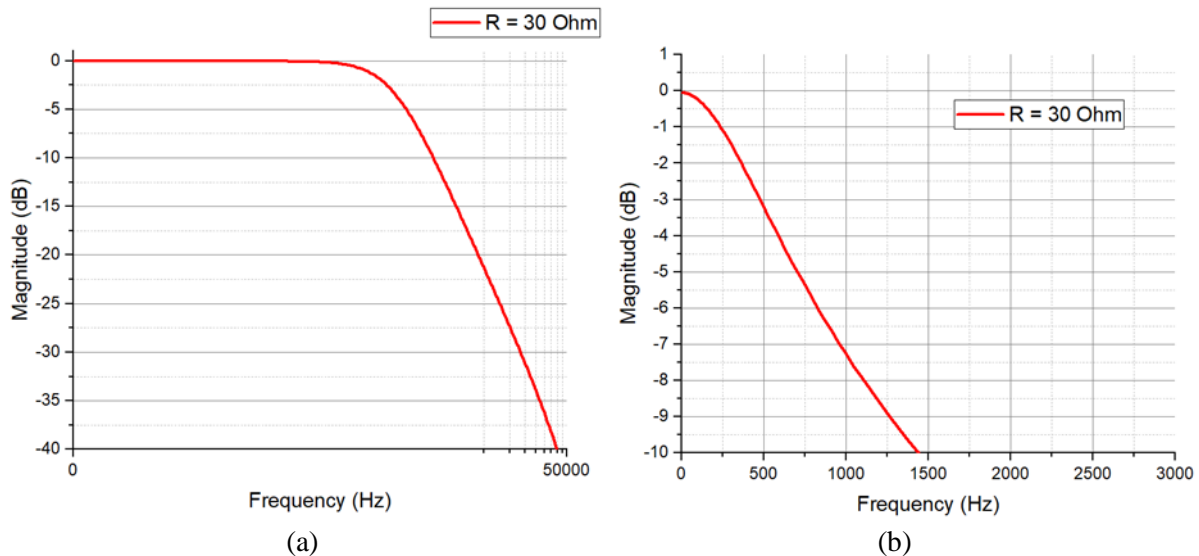
Dimana V_o adalah nilai tegangan keluaran, V_{in} adalah nilai tegangan masukan, dan D adalah persentase *duty cycle* yang diatur. Adapun selisih nilai tegangan keluaran rangkaian *buck converter* dari setiap variasi nilai resistor beban yang digunakan terhadap tegangan baterai (12 Volt) disajikan pada TABEL 1.

TABEL 1. Data Perbandingan Nilai Tegangan Keluaran untuk Setiap Variasi Nilai Resistor Beban pada Duty Cycle 60%

R (Ohm)	Tegangan Keluaran (V)	Selisih (%)
18	11,50	4,17
25	11,92	0,67
30	12,03	0,25
35	12,09	0,75
40	12,12	1,00
50	12,18	1,50
60	12,24	2,00
220	12,50	4,17

Dari tabel tersebut, terlihat bahwa nilai tegangan keluaran hasil simulasi yang paling mendekati tegangan baterai diperoleh pada resistor beban 30 Ohm dengan nilai 12,03 V. Pada variasi tersebut, mempunyai persentase selisih nilai yang paling kecil, yaitu 0,25%.

Setelah mendapatkan nilai resistor beban yang paling optimal, dilakukan analisis frekuensi *low pass filter* yang digunakan pada rangkaian *buck converter*. Simulasi dilakukan dengan mencari nilai frekuensi *cut off* dari rangkaian DC-DC Buck Converter. Hasil dari analisis frekuensi dari *low pass filter* ditampilkan pada kurva berikut ini.



GAMBAR 4. Kurva respon frekuensi output *Buck Converter* (a) Rentang Frekuensi 0 – 50 kHz, (b) Rentang Frekuensi 0 – 3 kHz

Pada GAMBAR 4, terlihat bahwa dengan kapasitor (C) senilai 100nF, induktor (L) senilai 10 mH, dan resistor beban 30 Ohm, *low pass filter* pada *buck converter* diketahui memiliki frekuensi *cut off* sebesar 479 Hz. Nilai frekuensi *cut off* didapat dengan menganalisis frekuensi pada saat mangitudo gelombang bernilai -3 dB.

SIMPULAN

Berdasarkan paparan diatas, dapat disimpulkan bahwa nilai keluaran *buck converter* pada setiap variasi resistor beban memiliki nilai yang berbeda. Nilai keluaran paling optimal diperoleh saat digunakan resistor 30 Ohm pada *duty cycle* 60%, yaitu 12,03 V dengan selisih 0,25%. Perubahan variasi nilai resistor berpengaruh terhadap besar arus keluaran *buck converter*. Semakin besar nilai resistor, maka arus yang didapat akan semakin kecil, begitupun sebaliknya. Dengan menetapkan nilai kapasitor (C) dan induktor (L) masing – masing 100 nF dan 10 mH, variasi resistor dengan R = 30 Ohm menghasilkan frekuensi *cut off* sebesar 479 Hz. Nilai tersebut didapat saat mangitudo gelombang keluaran bernilai -3 dB.

REFERENSI

- [1] A. S. Anhar, I. D. Sara & R. H. Siregar, “Desain Prototype Sel Surya Terkonsentrasi Menggunakan Lensa Fresnel,” *J. Karya Ilm. Tek. Elektro*, vol. 2, no. 3, pp. 1-7, 2017.
- [2] W. Indrasari, Habiburosid & R. Fahdiran, “Characterization of hybrid solar panel prototype using PV-TEG module,” *AIP Conf. Proc.*, vol. 2169, 2019, doi: 10.1063/1.5132678.
- [3] D. Suryana, “Pengaruh Temperatur/Suhu Terhadap Tegangan Yang Dihasilkan Panel Surya Jenis Monokristalin (Studi Kasus: Baristand Industri Surabaya),” *J. Teknol. Proses dan Inov. Ind.*, vol. 1, no. 2, 2016, doi: 10.36048/jtpii.v1i2.1791.

- [4] R. Foster, M. Ghassemi & A. Cota, "Solar Energy, Renewable Energy and The Environment," *New Mexico: Taylor and Francis Group, LLC*, 2010.
- [5] N. H. Baharudin *et al.*, "Topologies of DC-DC converter in solar PV applications," *Indones. J. Electr. Eng. Comput. Sci*, vol. 8, no. 2, pp. 368-374, 2017, doi: 10.11591/ijeecs.v8.i2.pp368-374.
- [6] W. S. Budi, "Rancang Bangun Sistem Penyimpanan Energi Listrik Panel Surya Menggunakan Maximum Power Point Tracker," *Skripsi*, 2021.
- [7] A. A. Mustaqim, A. Sujono & F. Adriyanto, "Closed loop control on battery charge regulator lead-acid using switching technique," *AIP Conf. Proc*, vol. 2097, 2019, doi: 10.1063/1.5098256.
- [8] I. N. W. Satiawan & I. B. F. Citarsa, "Desain Buck Converter Untuk Charging Baterai Pada Beban Bervariasi," *Dielektrika*, vol. 5, no. 1, pp. 30-35, 2018.