

RANCANG BUCK BOOST CONVERTER UNTUK MENGATUR ENERGI PADA BATERAI

Reza Maulidin^{1*}, Puspa Jiwa Parahita Yunta², Lisa Indriyani³

^{1,2,3}*Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik dan Informatika, Universitas PGRI Semarang*

JL.Sidodadi Timur No.26-Dr.Cipto Semarang, 50232 Indonesia

** Email: rezabatang24@gmail.com*

ABSTRAK

Konverter DC-DC merupakan salah satu jenis rangkaian daya yang berfungsi untuk mengkonversi tegangan masukan searah konstan menjadi tegangan keluaran searah yang dapat divariasikan berdasarkan perubahan duty cycle rangkaian kontrolnya. Pada pengembangannya, penerapan DC-ke-DC konverter telah memungkinkan suatu perangkat elektronika dapat berfungsi dengan menggunakan sumber energi penyimpanan baterai. Maka dari itu penulis akan membuat eksperimen rancang buck boost converter untuk mengatur energi pada baterai dan menganalisa hasil simulasi dari rancang bangun buck boost converter. Simulasi dan analisa dilakukan menggunakan perangkat lunak PSIM, meliputi percobaan pengaturan tegangan dan arus beban, dengan parameter yang diamati berupa arus kualitas tegangan DC. Dari hasil pengujian dan analisa rangkaian buck boost converter ini di dapat hasil pengujian pada keadaan buck converter dengan efisiensi $V_{in} = 12$ dan $V_{out} = 48$ dengan hasil Arus beban 0.6A. Sedangkan dalam keadaan boost converter dengan efisiensi $V_{in} = 48$ dan $V_{out} = 12$ didapatkan hasil arus beban 0.24A.

Kata Kunci : Buck boost converter, Baterai, PSIM

PENDAHULUAN

Saat ini, konverter DC-ke-DC banyak dikembangkan karena mempunyai berbagai keunggulan, diantaranya adalah bentuknya yang lebih kompak dan mempunyai efisiensi tinggi. Terdapat dua jenis konverter yang sering digunakan, yaitu buck dan boost. Konverter buck digunakan untuk menurunkan tegangan masukan dan konverter boost untuk menaikkan tegangan. Agar suatu konverter dapat menaikkan dan menurunkan tegangan masukan dan juga mempunyai kisaran tegangan masukan lebih besar, dikembangkanlah konverter dengan konfigurasi buck boost. Pada pengembangannya, penerapan DC-ke-DC konverter telah memungkinkan suatu perangkat elektronika dapat berfungsi dengan menggunakan sumber energi penyimpanan baterai. Maka dari itu penulis akan membuat eksperimen rancangan buck boost converter untuk mengatur energi pada baterai. Untuk mengoptimalkan efisiensi keluaran pada baterai maka diperlukan beberapa subjek dan pengetahuan dasar dalam perancangan, salah satunya adalah penerapan konsep Buck-Boost converter sebagai kontrol charger. Dengan menerapkan konverter ini akan memungkinkan suatu perangkat elektronika dapat menggunakan sumber energi masukan yang bernilai kecil atau rendah. Tipe konverter buck-boost juga banyak digunakan karena tegangan keluarannya dapat bernilai lebih besar ataupun lebih kecil dari pada tegangan masukannya, atau dengan kata lain, level tegangan keluaran dapat diatur sesuai kebutuhan pemakaian

1. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas maka dapat dirumuskan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana desain simulasi rancang buck boost converter untuk mengatur energi pada baterai yang dapat menstabilkan tegangan pada digrid

DC dengan proses discharging dan bagaimana proses charging pada baterai pada saat tegangan pada baterai rendah, serta bagaimana bentuk sinyal tegangan dan arus keluaran pada buck boost converter.

2. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Memahami cara kerja konverter DC-DC buck boost dua arah.
- Mensimulasikan rancang bangun buck boost converter dua arah.
- Memahami pengaruh duty cycle pada rancang bangun buck boost converter dua arah.
- Dapat Menganalisa hasil tegangan masukan dan keluaran dari rancang bangun buck boost converter pada baterai dan digrid DC.

3. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan penelitian ini yaitu antara lain sebagai berikut :

- Dapat menambah pengetahuan yang berkaitan dengan konverter buck boost.
- Peneliti diharapkan dapat menjadi informasi, evaluasi, referensi dan keuntungan untuk penelitian yang akan datang serta dapat memberikan perbandingan dalam mengadakan penelitian terkait dengan rancang buck boost converter untuk mengatur energi pada baterai.
- Dapat membantu memanfaatkan energi terbaru untuk digunakan kebutuhan sehari-hari atau sesuai kapasitas beban yang tersimpan pada batara

STUDI PUSTAKA

Model boost-buck untuk membentuk konverter DC-ke-DC. Konverter ini tersusun dari konverter boost dan buck.

Konverter boost mengonversi tegangan masukan menjadi tegangan di kapasitor bersama dengan empat mode operasi: tanpa beban, transisi-naik, boost, dan transisi turun. Sementara itu konverter buck mengonversi tegangan di kapasitor bersama menjadi tegangan keluaran. Untuk memperkecil waktu transien dan tegangan kerut, konverter buck menanggapi kemungkinan naik/turunnya tegangan keluaran dengan menurunkan/menaikkan waktu on/off pulsa switching. Konverter boost-buck ini mempunyai waktu transien 1 mikrodetik dan tegangan kerut 20 mV pada beban 5 A. (Freddy Kurniawan,2018).Penelitian yang dilakukan oleh Mosey (2016), yang berjudul simulasi dan pembuatan rangkaian sistem kontrol pengisian batrai untuk pembangkit listrik tenaga surya, dalam penelitian ini metode penelitian yang di lakukan yaitu dengan merangkai rangkaian yang di dapat dari pustaka kemudian di simulasikan dengan perangkat lunak proteus ISIS profesional, selanjutnya dilakukan pembuatan rangkaian

elektronika dalam sebuah PCB. Untuk mengetahui penuh atau tidaknya batrai, sistem ini bekerja dengan memonitor tegangan baterai 15 VDC. Sebelumnya batas tegangan atas indikator baterai penuh adalah 14,8 volt dan batas tegangan bawah. Untuk tegangan ambang $11,95 \text{ Volt} < V_{\text{baterai}} < 14,8 \text{ Volt}$, pengisian baterai atau pembebanan ke dummy load akan ditentukan oleh user dengan menekan switch on-off pada kontrol.

1. Baterai

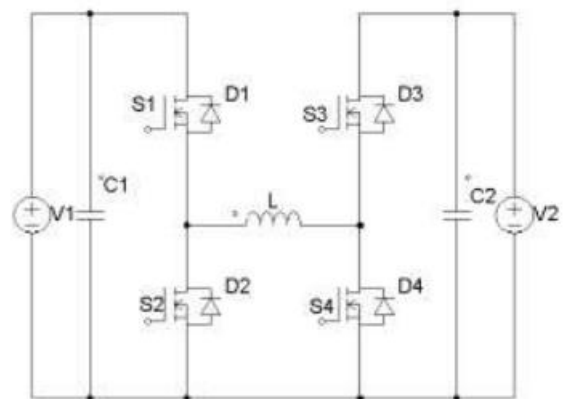
Baterai adalah perangkat yang mengandung sel listrik yang dapat menyimpan energi yang dapat dikonversi menjadi daya. Baterai menghasilkan listrik melalui proses kimia. Baterai atau akumulator adalah sebuah sel listrik dimana didalamnya berlangsung proses elektrokimia yang reversible (dapat berkebalikan) dengan efisiensi yang tinggi. Yang dimaksud dengan reaksi elektrokimia menjadi tenaga listrik (proses pengosongan) dan sebaliknya dari tenaga listrik menjadi tenaga kimia (proses pengisian) dengan cara proses regenerasi dari elektroda –elektroda yang dipakai yaitu dengan melewati arus listrik dalam arah polaritas yang berlawanan didalam sel. Status pengisian baterai dapat diketahui berdasarkan tegangan atau berat jenis elektrolit. Perubahan kepadatan berat jenis asam sulfat baterai memberikan suatu keadaan pengisian yang berbeda. Berat jenis elektrolit baterai dapat dibaca menggunakan hydrometer untuk memberikan informasi tentang keadaan pengisian secara tepat. Namun hydrometer tidak dapat digunakan untuk baterai berjenis sealed, AGM, dan baterai gel cell. Voltmeter juga dapat digunakan untuk menunjukkan kondisi pengisian baterai. Voltmeter memberikan akurasi untuk membaca tegangan dan mudah untuk digunakan

Tabel 1 Standar charge baterai

Percentage of charger	Specific Gravity Corrected to 80°F	Open Circuit Voltage					
		6V	8V	12V	24V	36V	48V
100	1.277	6.37	8.49	12.73	25.46	38.20	50.93
90	1.258	6.31	8.41	12.62	25.24	37.85	50.47
80	1.238	6.25	8.33	12.50	25.00	37.49	49.99
70	1.217	6.19	8.25	12.37	24.74	37.12	49.49
60	1.195	6.12	8.16	12.24	24.48	36.72	48.96
50	1.172	6.05	8.07	12.10	24.20	36.31	48.41
40	1.148	5.98	7.97	11.96	23.92	35.87	47.83
30	1.124	5.91	7.88	11.81	23.63	35.44	47.26
20	1.098	5.83	7.77	11.66	23.32	34.97	46.63
10	1.073	5.75	7.67	11.51	23.02	34.52	46.03

2. Buck Boost Converter Dua Arah

Konverter DC-DC dua arah umumnya digunakan untuk mengatur aliran daya dari suatu level tegangan DC menuju level tegangan DC yang lain seperti yang sering digunakan pada kendaraan listrik (sheng, dkk. 2012). Pada kendaraan listrik , konverter DC-DC buck boost dua arah ini dapat berfungsi mengatur aliran daya pada saat akselerasi maupun pengereman. Pada saat mode akselerasi, konverter mengalirkan daya dari baterai menuju ke motor. Tegangan pada motor dapat diubah ubah dengan cara mengubah pola pensaklaran dan duty cycle pada konverter. Pada mode pengereman konverter mengalirkan daya dari motor menuju baterai, pada keadaan ini kecepatan mototr dapat diperlambat dan arus pengereman dapat digunakan untuk pengisian baterai. Arus pda mode pengereman dapat diatur sehingga mencegah kerusakan baterai saat tegangan baterai turun, pada keadaan ini tegangan pengisian baterai harus lebih kecil dari tegangan maksimum pengisian baterai sehingga arus pengisian tidak terlalu besar.(Yudo, dkk. 2015). Topologi buck boost dua arah terdiri dari empat saklar, empat dioda, dua kapasitor dan satu iinduktor sebagai mana ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1 Topologi Buck Boost Converter Dua arah

Konfigurasi rangkaian sebagaimana ditunjukkan pada gambar 1.1 adalah dua saklar yang disusun secara seri pada sisi tegangan V_1 dan dua saklar yang disusun secara seri pada sisi tegangan V_2 . Terpasang empat dioda yang masing-masing terpasang secara paralel dengan keempat saklar. Titik diantara kedua saklar pada sisi tegangan V_1 dan titik diantara kedua saklar pada sisi tegangan V_2 tersebut dihubungkan dengan sebuah induktor. Sisi negatif dari kedua tegangan V_1 dan V_2 saling dihubungkan. Kapasitor C_1 berfungsi memperhalus riak tegangan pada sisi V_1 , sedangkan kapasitor C_2 berfungsi memperhalus riak tegangan pada sisi V_2 .

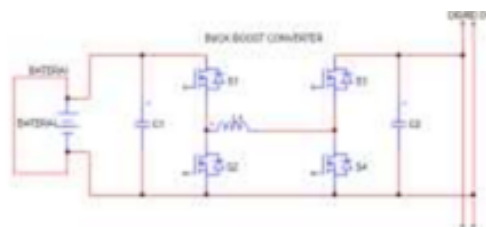
3. Microbrid

Microgrid secara sederhana dapat didefinisikan sebagai sistem listrik kecil yang terdiri dari pembangkit terdistribusi dan beban yang beroperasi sebagai kesatuan jaringan otonom, baik tersambung dengan sistem eksternal ataupun beroperasi secara terisolasi. Dalam microgrid, sumber energi dan beban bisa terhubung maupun terputus ke jaringan distribusi (grid). Sistem microgrid PLTS yang dikembangkan ini untuk menjadi pasokan daya listrik untuk beban-beban penting. Microgrid sendiri adalah jaringan lokal dengan kemampuan kendali, yang berarti dapat memisahkan diri dari jaringan listrik tradisional dan bekerja secara mandiri atau terpisah. Cara kerja jaringan pada microgrid menghubungkan rumah, bisnis dan bangunan lain ke sumber listrik pusat, yang memungkinkan kita menggunakan alat-alat rumah tangga, sistem pemanas atau pendingin dan alat-alat elektronik. Secara umum microgrid beroperasi ketika terhubung dengan jaringan listrik, tetapi dapat memisahkan diri dan bekerja secara mandiri menggunakan energi lokal, misal ketika badai, mati lampu atau alasan lainnya. Microgrid bisa ditenagai oleh generator, baterai atau sumber tenaga yang dapat diperbarui seperti panel surya. Microgrid dapat berfungsi tanpa batas waktu, bergantung pada sumber tenaga dan pengolahannya. Microgrid tidak hanya dapat berfungsi sebagai backup dalam keadaan darurat, tetapi juga dapat mengurangi biaya atau terhubung dengan sumber energi lokal yang terlalu kecil. Microgrid memungkinkan masyarakat untuk lebih mandiri dalam hal energi dan dalam beberapa kasus dan lebih ramah lingkungan.

METODE PENELITIAN

1. Konfigurasi sistem

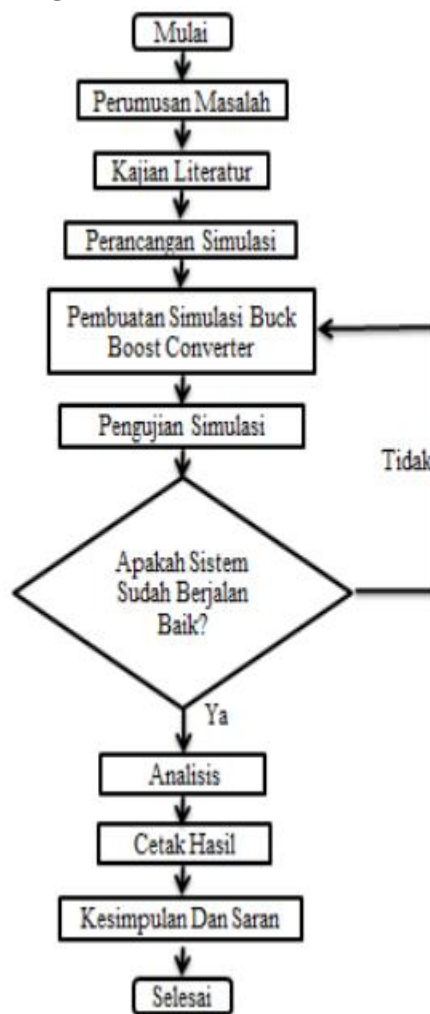
Topologi konverter DC-DC buck boost dua arah pada tugas akhir ini menggunakan baterai sebagai sumber tegangan V_1 , rangkaian konverter DC-DC buck boost dua arah. Baterai berfungsi sebagai sumber tegangan pada saat mode buck sekaligus berfungsi menyimpan energi. Digrid DC berfungsi sebagai beban dan sebagai sumber pada saat baterai habis. Dengan demikian konverter DC-DC mempunyai dua fungsi yaitu untuk mengalirkan daya dari baterai menuju beban dan sebaliknya. Konfigurasi sistem ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2.1 Konfigurasi Sistem Buck Boost Converter

Konverter DC-DC buck boost merupakan konverter yang dapat bekerja menurunkan tegangan (buck) dan menaikkan tegangan (boost). Mekanisme kerja konverter sehingga dapat menurunkan atau menaikkan tegangan ditentukan oleh pensaklaran $S_1, S_2, S_3,$ dan S_4 . Pensaklaran nyala dan padam dari keempat saklar tersebut diatur menggunakan gerbang NOT. Seperti pada penjelasan diatas, konverter ini berfungsi mengalirkan daya secara dua arah, sehingga dibutuhkan mekanisme kontrol yang berfungsi mengatur konverter untuk dapat bekerja pada dua keadaan tersebut.

2. Perancangan Sistem



Gambar 3 Perancangan Sistem

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Pengujian Simulasi Converter

Pada simulasi konverter ini dibagi menjadi dua bagian yaitu pengujian konverter mode boost dan mode buck. Pengujian mode boost dilakukan dengan menaikkan tegangan dari sisi V1 sebesar 12V menuju tegangan sisi V2 sebesar 48V. Bagian ini dinamakan discharging dikarenakan pada simulasi konverter menggunakan sumber energi baterai dan beban digrid DC, mode ini mengalirkan daya dari baterai (V1) menuju beban digrid DC (V2). Pada mode buck, konverter menurunkan tegangan V2 sebesar 48V menjadi tegangan V1 sebesar 12V. mode ini dinamakan charging dikarenakan pada simulasi konverter menggunakan baterai dan digrid DC, konverter mengalirkan daya dari digrid DC (V2) menuju baterai (V1). Nilai parameter pengujian konverter pada pengujian ini ditunjukkan oleh tabel 2.

Tabel 2 Nilai Parameter Pengujian Konverter

Parameter	Nilai
tegangan V1	12V
tegangan V2	48V
Induktor L	150uH
Kapasitor C1	9,43uF
Kapasitor C2	3,14uf
Frekuensi (f)	200kHz

Pada pengujian konverter, beban yang digunakan pada sisi V1 pada mode discharging adalah resistor 79,5Ohm sehingga dengan tegangan 48V arus yang melewati beban adalah sebesar arus beban penuh yakni sebesar 0,6A. Sebaliknya pada pengujian konverter mode buck, bebanyang digunakan pada sisi V1 adalah resistor sebesar 50 Ohm sehingga dengan tegangan sebesar 12V arus melewati beban adalah sebesar 0,24A. Selanjutnya pada pengujian dalam dua kondisi diatas pengamatan dilakukan menggunakan simulasi pada gelombang tegangan dan arus induktor.

2. Simulasi Boost

Pada simulasi konverter mode ini, konverter berkerja menaikkan tegangan V1sebesar 12V menjadi tegangan V2 sebesar 48V. Konverter ini diuji dengan daya sebesar 200W, dengan demikian besarnya arus keluaran (I2) diatur sebesar 0.6A dengan cara memberikan beban resistif (RL) sebesar.

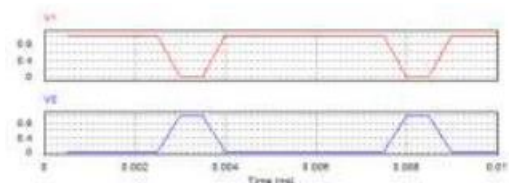
$$R_L = \frac{V_2}{I_2} = \frac{48}{0.6} = 80 \text{ ohm}$$

Parameter lain yang digunakan pada simulasi konverter mode boost ditunjukkan pada tabel 3.2. Tabel 3.2 Parameter Simulasi Konverter Mode Boost

Tabel 3 Parameter Simulasi Konverter Mode Boost

Parameter	Nilai
V1	12V
C2	3.14uF
L	150uH
duty cycle (D)	0.75
RL	80ohm

Pada rangkaian penganti konverter saat bekerja pada mode boost, saklar yang berfungsi sebagai ON/OFF adalah saklar S4. Saklar S3 bekerja berkebalikan dengan saklar S4. Saklar S1 selalu menyala, sedangkan saklar S2 selalu padam. Dengan demikian pada saat saklar S4 menyala, pada induktor dilakukan pengisian, sedangkan saat saklar S4 padam, pada induktor dilakukan pengosongan. Pada saat pengosongan, arus yang mengalir adalah arus pengosongan induktor.



Gambar 4 Arus Boost Converter

3. Simulasi Mode Buck

Pada simulasi konverter mode buck, konverter bekerja menurunkan tegangan V2 sebesar 48V menjadi tegangan V1 sebesar 12V. Dengan demikian tegangan V2 merupakan tegangan masukan (input) dan tegangan V1 merupakan tegangan keluaran (Output) konverter. Konverter diuji pada daya sesuai desain, yaitu sebesar 450W, dengan demikian arus keluaran converter (I1) diatur 0,24A dengancara memberikan beban resistif pada sisi V1 sebesar.

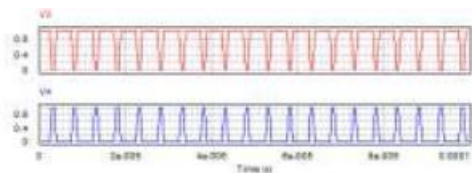
$$R_L = \frac{V_2}{I_2} = \frac{12}{0.24} = 50 \text{ Ohm}$$

Parameter yang digunakan pada simulasi konverter mode buck ditunjukkan oleh tabel 3.

Tabel 3 Parameter Simulasi Konverter Mode Buck

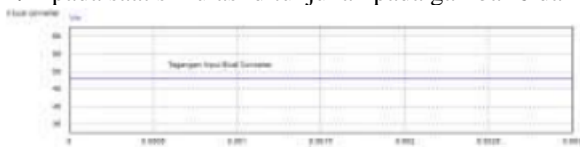
Parameter	Nilai
V2	48V
C1	9,434uF
L	150uH
duty cycle (D)	0,25
RL	50ohm

Pensaklaran pada mode buck ini sama dengan pensaklaran pada mode boost. Namun yang berperan sebagai pencacah pada mode ini adalah saklar S3. Saat saklar S3 menyala, pada induktor dilakukan pengisian, sedangkan saat saklar S3 padam, pada induktor dilakukan pengkosongan.



Gambar 5 Pensaklaran Buck Converter

Pada konverter DC-DC dua arah ini, kapasitor $C1$ merupakan kapasitor yang berfungsi mengurangi riak tegangan pada sisi $V1$. Sama halnya dengan induktor, waktu pengisian kapasitor $C1$ adalah pada saat saklar $S3$ menyala dan dikosongkan pada saat saklar $S3$ padam. Pada pengujian konverter mode buck, tegangan $V1$ yang dikehendaki pada sisi keluaran konverter bernilai 12V. Grafik tegangan $V1$ dan $V2$ pada saat simulasi ditunjukkan pada gambar 6 dan 7



Gambar 6 Tegangan Input Buck Converter



Gambar 7 Tegangan Output Buck Converter

Tegangan keluaran pada pengujian konverter mode boost, yaitu tegangan V adalah sebesar 12V. Pada pengujian konverter mode boost ini arus yang dialirkan pada konverter ini yaitu 0,24A yang ditunjukkan pada gambar 8.

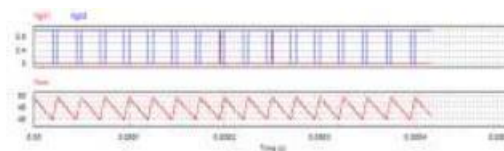


Gambar 8 Arus Output Buck Converter

4. Pengaruh Duty Cycle (D) Dan Kapasitor C Pada Rangkaian.

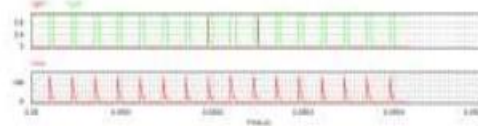
Saat keadaan Boost Converter

Pengujian Duty Cycle 80% Pada saat keadaan duty cycle 80% output tegangan rangkaian boost converter mengalami kenaikan. Dimana tegangan output sebesar 47,8V yang dipengaruhi oleh nilai duty cycle. Keadaan tunak pada duty cycle 80% pada output mencapai waktu 0,050019. Kemudian pada keadaan overshoot pada output mencapai 0,050024. Saat keadaan duty cycle 80% tegangan output sebesar 47,8V dimana keadaan tunak pada output tegangan saat menggunakan kapasitor mencapai waktu 0.050019499, kemudian pada keadaan overshoot pada output tegangan mencapai waktu 0.050025766. Dapat dilihat pada gambar 9.



Gambar 9 Output Tegangan Pada Saat Duty Cycle 80%

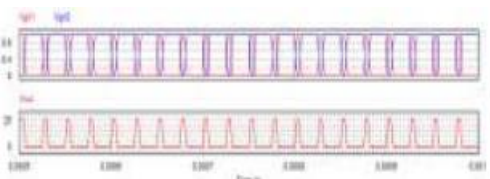
Sedangkan saat rangkaian tanpamenggunakan kapasitor tegangan output sebesar 26,2V dimana keadaan tunak pada output tegangan mencapai waktu 0.05002507, kemudian pada keadaan overshoot pada output tegangan mencapai waktu 0.050044568. Dapat dilihat pada gambar 10



Gambar 10 Output Tegangan Saat Tidak Menggunakan Kapasitor

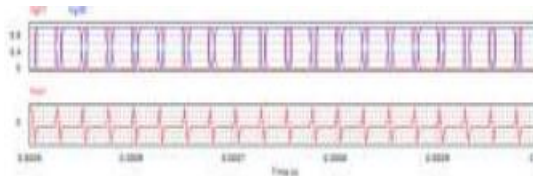
Saat keadaan Buck Converter Pengujian Duty Cycle 20%

Pada saat keadaan duty cycle 20% output tegangan rangkaian buck converter mengalami kenaikan. Dimana tegangan output sebesar 11,7V yang dipengaruhi oleh nilai duty cycle. Keadaan tunak pada duty cycle 20% pada output mencapai waktu 0.00050557103. Kemudian pada keadaan overshoot pada output mencapai 0.0005264624. Saat keadaan duty cycle 40% tegangan output sebesar 11,7V dimana keadaan tunak pada output tegangan saat menggunakan kapasitor mencapai waktu 0.00050626741, kemudian pada keadaan overshoot pada output tegangan mencapai waktu 0.00052855153. Dapat dilihat pada gambar 11.



Gambar 11 Output Tegangan Pada Saat Duty Cycle 20%

Sedangkan saat rangkaian tanpa menggunakan kapasitor tegangan output sebesar 43,9V dimana keadaan tunak pada output tegangan mencapai waktu 0.00050487465, kemudian pada keadaan overshoot pada output tegangan mencapai waktu 0.00052785515. Dapat dilihat pada gambar 12.



Gambar 12 Output Tegangan Saat Tidak Menggunakan Kapasitor

KESIMPULAN DAN SARAN

1. Kesimpulan

Dari hasil percobaan dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

- Konverter DC-DC buck boost dua arah pada tugas akhir ini dapat menaikkan atau menurunkan level tegangan DC pada dua arah aliran daya.
- Dari hasil pengujian simulasi nilai duty cycle (D) sangat berpengaruh pada output. Saat nilai duty cycle diatas 50% maka akan berkerja sebagai boost converter dan saat nilai duty cycle dibawah 50% maka akan berkerja mde buck converter.
- Dari hasil pengujian dan analisa rangkaian buck boost converter ini di dapat hasil pengujian pada keadaan buck converter dengan efisiensi $V_{in} = 12V$ dan $V_{out} = 48V$ dengan hasil Arus beban 0,6A. Sedangkan dalam keadaan
- boost converter dengan efisiensi $V_{in} = 48V$ dan $V_{out} = 12V$ didapatkan hasil arus beban 0,24A.
- Dari hasil percobaan rangkaian buck boost converte didapat bahwa fungsi nilai capasitor adalah untuk mengurangi riak tegangan.
- Sistem yang digunakan dalam penelitian ini yaitu sistem microgrid. Karena sistem microgrid sangat cocok di pakai di daerah pegunungan atau pedalaman, yang sangat mempengaruhi intensitas cahaya saat diterapkan. Microgid adalah sistem yang ramah lingkungan karena energi yang dihasilkan dari energi matahari.

2. Saran

Sebagai saran kedepannya hasil penelitian berupa simulasi ini dapat dikembangkan lagi dengan caramerealisasikannya dalam bentuk perangkat keras. Pada aplikasi perangkat keras yang akan dirancang, alat ini dapat digunakan untuk mensuplai beban DC yang nilai bebannya tetap dengan menggunakan sistem microgrid.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Adi, a. n. (2010). Mekatronika. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- [2] Arifin, B., Suryoatmojo, H., & Soedibojo. (2016). DESAIN DAN IMPLEMENTASIPENAIK TEGANGAN MENGGUNAKAN KOMBINASI KY CONVERTER DAN BUCK BOOST CONVERTER. JURNAL TEKNIK ITS, B176-B182.
- [3] Ashari, M. (2012). Sistem Konverter DC.Surabaya: ITS PRESS.
- [4] Cahyadi, L. W., Andromeda, T., & Facta, M. (2017). KINERJA KONVERTER ARUS SEARAH TIPE BUCK CONVERTERDENGAN UMPAN BALIK TEGANGAN BERBASIS TL494. TRANSIENT, 161-167.
- [5] dewi, r., Prijono, a., & & dkk. (2015). Dasar-dasar rangkaian listrik . Bandung: Alfabeta.
- [6] Fitri, A. L., Iskandar, R. F., & Qurthobi, A. (2018). Desain Dan karakterisasi Konverter DC Ke DC Berbasis RANGKAIAN BUCK-BOOST PADA SISTEM MAXIMUM POWER POINT TRACKING (MPPT). e-Proceeding of Engineering, 2314-2321.
- [7] Juarsah, M. A., Facta, M., & Nugroho, A. (2015). PERANCANGAN DC CHOPPER TIPE BUCK-BOOST CONVERTER PENGUATAN UMPAN BALIK IC TL 494. TRANSIENT, 597-562.
- [8] Justiadi, Houssein, E. H., & Samman, F. A. (2014). SISTEM KENDALI LEVEL TEGANGAN KONVERTER BUCK-BOOST TIPE SEPIC. Seminar Nasional Teknik Energi dan Ketenagalistrikan (SNTEK), 133-136.
- [9] Komarudin, A. (2014). DESAIN DAN ANALISIS PROPORSIONAL KONTROL BUCK BOOST CONVERTER PADA SISTEM PHOTOVOLTAIK. Jurnal ELTEK, 78-89.
- [10] kurniawan, F. (2018). Pengembangan Model Boost-Buck untuk Mempertinggi Stabilitas Tegangan Keluaran Konverter DC-ke-DC. Jurnal EECCIS, 98-103.
- [11] Mahrubi, I., Bintoro, J., & Djatmiko, W. (2018). RANCANG BANGUN SOLAR CHARGE CONTROLLER MENGGUNAKAN SYNCRONOUS NON-INVERTING BUCK BOOST CONVERTER PADA PANEL SURYA 50 WATT PEAK (WP) BERBASIS ARDUINO NANO V3.0. Jurnal Pendidikan Vokasional Teknik Elektronika Volume I, 14-17.
- [12] Maulana, A., Sarwoko, I., Rusdinar, A. P., & MT.K. B. (2016). RANCANG BANGUN KONVERTER BUCK – BOOST MENGGUNAKAN FUZZY LOGIC UNTUKPEMBANGKIT LISTRIK TENAGA OMBAK. e-Proceeding of Engineering, 35-42.
- [13] Putra, W., Bachtiar, I. K., & Suhendra, T. (2017). Perancangan Battery Charge Control Unit (BCCU) untuk Aplikasi Solar Home System (SHS). -, 1-10.
- [14] Sandewo, R. A., Kurniawan, E., & Adam, K. B. (2017). Perancangan Dan Implementasi Pengisian Baterai Lead Acid Menggunakan Solar Cell Dengan Menggunakan Metode Three Steps Charging Design and Implementation Of Charging Lead Acid Battery . -, hal 26-35.
- [15] Santoso, Y. A., Setiawan, D. K., & Kaloko, B. S. (-). Rancang Bangun Sistem Pengisi Baterai Lead Acid Berbasis Mikrokontroler Atmega328 dengan Sumber Stand-Alone PV System. Jurnal Aris Elektro Indonesia (JAEI), 1-7.
- [16] Wijaya, Y. K. (2015). DESAIN DAN IMPLEMENTASI KONVERTER DC-DC BUCK BOOST DUA ARAH UNTUK APLIKASI KENDARAAN LISTRIK. -, -.