

Sistem Penyimpanan Energi Menggunakan Superkapasitor Dengan *Buck Converter* Dan *Boost Converter*

Puspa Jiwa Parahita Yunta^{1*}, Lisa Indriyani², Reza Maulidin³

^{1,2,3}*Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik dan Informatika, Universitas PGRI Semarang
Jl. Sidodadi Timur No.24 – Dr.Cipto, Semarang, 50232 Indonesia*

**Email: jiwapuspa316@gmail.com*

ABSTRAK

Di era modern ini perkembangan teknologi menjadi semakin pesat dan maju, perkembangan teknologi komponen dan rangkaian elektronika telah mampu menghasilkan sistem penyimpan daya tegangan searah (DC), yang dihasilkan melalui konversi tegangan dc masukan ke bentuk tegangan DC keluaran yang lebih tinggi atau lebih rendah. Pada perkembangannya, penerapan DC-DC konverter telah memungkinkan suatu perangkat elektronika dapat berfungsi dengan menggunakan sumber energi penyimpan baterai. Dimana baterai memiliki waktu pengisian-pengosongan yang cukup lama dibandingkan dengan superkapasitor yang memiliki waktu pengisian-pengosongan yang cepat, serta umur panjang. Maka dari itu penulis akan bereksperimen untuk membuat sistem penyimpanan energi menggunakan superkapasitor dengan buck converter dan boost converter. Buck boost converter merupakan salah satu regulator dc tipe switching non-isolated yang dapat menjawab kebutuhan akan sebuah sumber tegangan searah dengan tegangan keluaran yang variabel. Dengan sistem buckboost konverter, nilai tegangan keluaran dapat diatur untuk lebih besar maupun lebih kecil dari nilai tegangan masukannya dengan mengatur besar lebar pulsa (duty cycle). Tujuan dari peneliti ini adalah untuk mensimulasikan penyimpanan superkapasitor menggunakan buck boost converter dan menganalisa hasil simulasi dari penyimpanan energi superkapasitor pada buck boost converter untuk menentukan hasil perbandingan dengan beda tegangan masukan dan keluaran. Hasil yang akan dicapai buck boost converter lebih efisien dan stabil. Hasil percobaan buck boost converter yang dibuat, dikehendaki memiliki kemampuan untuk menaikkan tegangan input dan outputnya yang berasal dari superkapasitor. menggunakan PI controller.

Kata kunci: *Superkapasitor; Buck Converter; Boost Converter; Kontrol PI*

PENDAHULUAN

Di era milenial saat ini, Perkembangan teknologi komponen dan rangkaian elektronika telah mampu menghasilkan sistem penyimpan daya tegangan searah (DC), yang dihasilkan melalui konversi tegangan dc masukan ke bentuk tegangan dc keluaran yang lebih tinggi atau lebih rendah. Pada perkembangannya, penerapan dc-dc konverter telah memungkinkan suatu perangkat elektronika dapat berfungsi dengan menggunakan sumber energi penyimpan baterai. Dimana baterai memiliki waktu pengisian-pengosongan yang cukup lama dibandingkan dengan superkapasitor yang memiliki waktu pengisian-pengosongan yang cepat, serta umur panjang. Maka dari itu penulis akan bereksperimen untuk membuat sistem penyimpanan energi menggunakan superkapasitor dengan buck converter dan boost converter. Buck boost converter merupakan salah satu regulator dc tipe switching non- isolated yang dapat menjawab kebutuhan akan sebuah sumber tegangan searah dengan tegangan keluaran yang variabel. Dengan sistem buckboost konverter, nilai tegangan keluaran dapat diatur untuk lebih besar maupun lebih kecil dari nilai tegangan masukannya dengan mengatur besar lebar pulsa (duty cycle). Karena itu, dibandingkan dengan regulator dc tipe pensaklaran lainnya,

buckboost konverte memiliki range tegangan keluaran yang lebih lebar.

Dalam kualitas penyimpanan energi akan muncul sebuah sistem penyimpanan energi menggunakan superkapasitor. Dimana penyimpanan energi superkapasitor lebih efisien, ketika beban tiba-tiba berubah dapat ditangani oleh superkapasitor dan baterai dapat menangani beban yang konstan. Seperti pada baterai, superkapasitor memiliki sebuah elektrolit didalamnya, memisahkan bagian plat-platnya yang lebih mirip elektrolit pada baterai daripada dielektrik pada kapasitor konvensional.

STUDI PUSTAKA

1. Superkapasitor

Pengertian Superkapasitor
Superkapasitor memiliki komponen yang terdiri dari elektrode, elektrolit, pemisah (separator), dan pengumpul arus (current collector). Salah satu komponen yang memainkan peranan penting adalah elektrode. Umumnya material yang digunakan untuk pembuatan elektrode superkapasitor selain murah, juga memiliki potensi kerapatan energi yang tinggi dan aksesibilitas pori yang baik, yaitu karbon. (Pakhapan, Karo, & Suroto, 2017, hal. 1).

Superkapasitor merupakan suatu kapasitor dengan nilai kapasitansi yang jauh lebih besar daripada kapasitor biasa. Hal yang membedakan superkapasitor dengan kapasitor biasa adalah pada strukturnya. Elektroda superkapasitor berbasis material karbon, sedangkan elektroda kapasitor biasa berbasis logam. Selain itu, tidak seperti kapasitor konvensional, kedua elektroda tidak dipisahkan oleh dielektrik, efek kapasitansi superkapasitor muncul akibat dua lapisan karbon yang terpisah pada skala nanometer. Luas permukaan elektroda dapat diperbesar karena range dari jarak antar lapisan superkapasitor berada pada skala nanometer, sehingga memiliki kapasitansi yang besar untuk ukuran perangkat yang sama dengan kapasitor konvensional. (Zaenab, Tahir, & dkk, 2018, hal. 1).

2. Buck Boost Converter

Pengertian Buck Converter

Buck converter adalah salah satu topologi DC-DC konverter yang digunakan untuk menurunkan tegangan DC. Prinsip kerja rangkaian ini adalah dengan kendali pensaklaran. Komponen utama pada topologi buck adalah penyalak, dioda freewheel, induktor, dan kapasitor. Penyalak dapat berupa transistor, mosfet, atau IGBT. Kondisi saklar terbuka dan tertutup ditentukan oleh isyarat PWM. Pada saat saklar terhubung, maka induktor, kapasitor, dan beban akan terhubung dengan sumber tegangan. Kondisi seperti ini disebut dengan keadaan ON (ON State). Saat kondisi ON maka dioda akan reverse bias. Sedangkan saat saklar terbuka maka seluruh komponen akan terisolasi dari sumber tegangan, keadaan ini disebut dengan kondisi OFF (OFF State). Saat kondisi OFF ini dioda menyediakan jalur untuk arus induktor. Buck konverter disebut juga down konverter karena nilai tegangan keluaran selalu lebih kecil dari inputnya. (Dwidayanti, 2017, hal. 22-31).

Buck converter mengubah nilai tegangan masukan ke nilai tegangan keluaran yang lebih rendah. Dalam proyek akhir ini perancangan buck converter yang dikehendaki yaitu dengan tegangan masukan sebesar 48 Volt yang diperoleh dari DC Power Supply dan akan diturunkan dengan mengubah nilai duty cycle dari rangkaian buck converter ini hingga mencapai tegangan keluaran sebesar 15 Volt. Ada dua Keuntungan pada konfigurasi Buck antara lain adalah efisiensi yang tinggi, rangkaiannya sederhana, tidak memerlukan transformer, riak (ripple) pada tegangan keluaran yang rendah sehingga penyaring atau filter yang dibutuhkan pun relatif kecil. Kekurangan yang ditemukan misalnya adalah tidak adanya isolasi antara masukan dan keluaran, hanya satu keluaran yang dihasilkan, dan tingkat ripple yang tinggi pada arus masukan. (sutedjo, efendi, & mursyida, tanpa tahun, hal. 1).

Pengertian Boost Converter

Boost converter bekerja dengan menghasilkan tegangan keluaran yang lebih tinggi dari tegangan masukannya. Dalam perancangan proyek akhir ini Boost Converter yang akan dibuat dikehendaki memiliki kemampuan untuk menaikkan tegangan inputnya yang berasal dari DC Power Supply sebesar 15 Volt menjadi 48 Volt dengan arus output hingga mencapai 0.802 Ampere. Boost juga memiliki efisiensi tinggi, rangkaian sederhana, tanpa transformer dan tingkat ripple yang rendah pada arus masukan. Tetapi boost tidak memiliki isolasi antara masukan dan keluaran, hanya satu keluaran yang dihasilkan, dan tingkatan ripple yang tinggi pada tegangan keluaran. (sutedjo, efendi, & mursyida, tanpa tahun, hal. 2).

Tujuan pengujian ini adalah untuk mengetahui kemampuan rangkaian boost converter menghasilkan tegangan yang sesuai dengan kebutuhan pengisian superkapasitor. Pada pengujian ini Vout dipertahankan 48 Volt untuk mengetahui pengaruh nilai duty cycle terhadap tegangan masukan boost converter. Sebagai referensi digunakan software simulasi menggunakan power simulator (PSIM).

Pengertian Buck Boost Converter

Buck boost converter yang akan digunakan superkapasitor pada saat bekerja, superkapasitor melakukan pengisian dan pengosongan akan lebih cepat karena dari buck boost converter bisa mengatur tegangan keluaran lebih besar atau lebih kecil dari sumber.

Buck-boost converter adalah sebuah rangkaian DC-DC konverter yang memiliki kelebihan yaitu tegangan keluaran dapat diatur lebih besar atau lebih kecil dari sumber. Adanya gangguan seperti partial shadow pada sistem photovoltaic juga sangat mempengaruhi tegangan keluaran panel surya. Sehingga dibuatlah sebuah alat pengubah tegangan DC-DC yaitu buck-boost converter. Alat ini dapat mengubah tegangan DC ke DC menjadi lebih tinggi atau lebih rendah dari tegangan inputnya. Sehingga pengguna dapat memilih sendiri tegangan yang akan diaplikasikan ke beban yaitu lebih tinggi atau lebih rendah dari tegangan output photovoltaic. Frekuensi pada Buckboost Converter berpengaruh pada ukuran dari tiap komponen terutama nilai dari induktor dan kapasitor. Induktor dan kapasitor sangat berpengaruh pada kinerja buckboost.

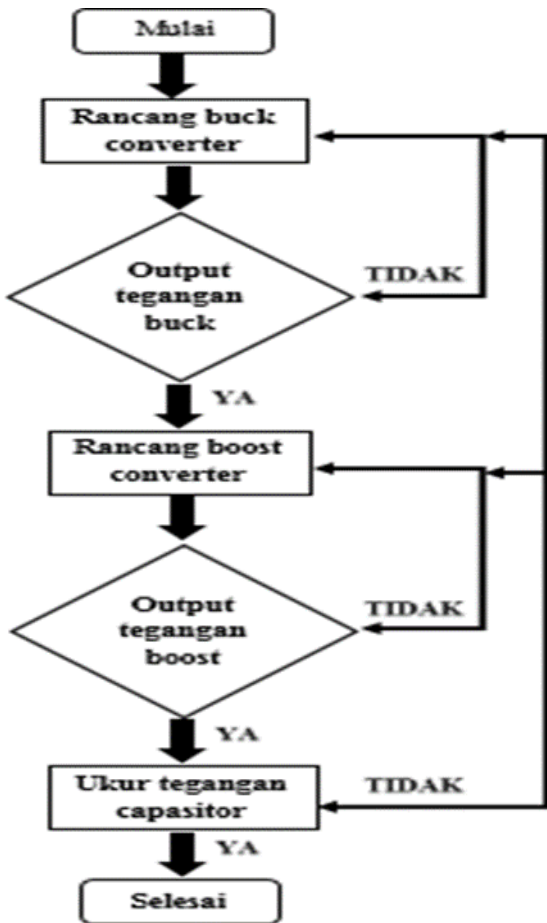
3. PI (*Proportional Integral*)

Pengertian PI

Pengertian dan kegunaan dari alat diatas tentang penyimpanan energi menggunakan superkapasitor dengan buck boost converter, maka peralatan tersebut akan disimulasikan menggunakan PI. PI digunakan untuk mengetahui hasil nilai simulasi penyimpanan energi superkapasitor pada saat pengisian maupun pengosongan. Maka dari itu, PI pada penelitian ini akan mensimulasikan superkapasitor dengan buck boost converter. Untuk lebih jelasnya akan dibahas pengertian dan kegunaan tentang PI.

METODE/DESAIN

Tahapan Penelitian



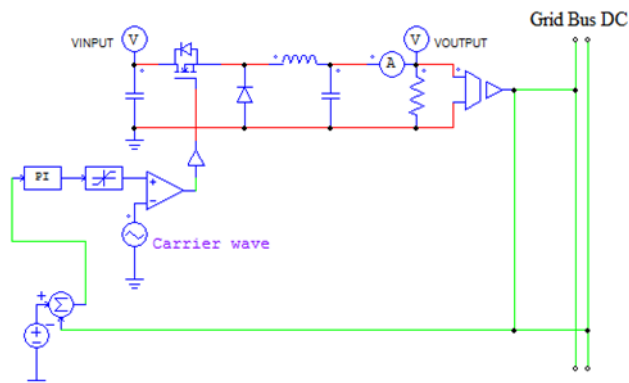
Gambar 1 Flowchart tahapan penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Buck Converter

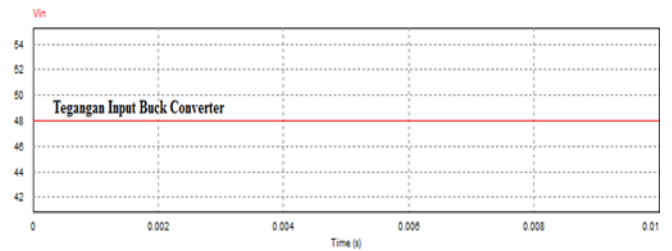
Berikut ini adalah simulasi rangkaian buck converter menggunakan pengendali PI, dengan $V_{in} = 48$ Volt dan akan diturunkan menjadi 15 Volt dengan frekuensi 4Khz.

Buck Converter dari 48 ke 15 dengan PI



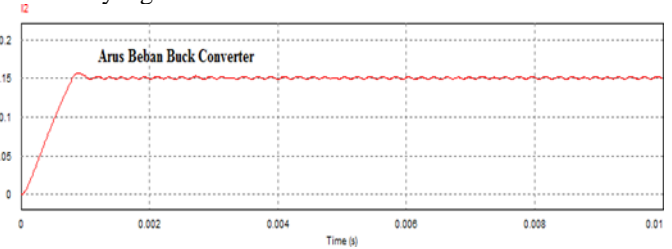
Gambar 2 Rangkaian buck converter dengan pengendali PI

Berikut ini adalah hasil simulasi dari tegangan input buck converter yang terkontrol PI.



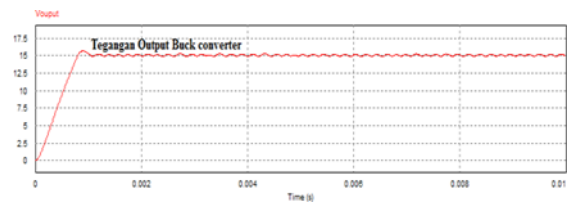
Gambar 3 Tegangan input buck converter yang terkontrol PI.

Berikut ini adalah hasil simulasi dari arus beban buck converter yang terkontrol PI.



Gambar 4 Arus beban buck converter yang terkontrol PI

Berikut ini adalah hasil simulasi dari tegangan output buck converter yang terkontrol PI.



Gambar 5 Tegangan output buck converter yang terkontrol PI

Dengan perhitungan parameter buck converter dari 48 ke 15 sebagai berikut:

A.) Step 1 : Menentukan Nilai Duty Cycle:

$$D = \frac{V_o}{V_{in}} = \frac{15}{48} = 0.31 = 31\%$$

B.) Step 2 : Arus rata-rata induktor:

$$I_L = \frac{15}{100} = 0.15 \text{ A}$$

$$\Delta I_L = 0.3 \times 0.15 = 0.045$$

C.) Step 3 : Menentukan Nilai Induktor:

Induktor berfungsi sebagai pengatur ripple arus pada rangkaian dan menyimpan energi. Berikut hasil perhitungan nilai Induktor:

$$L = \left(\frac{1}{f}\right) = [V_{in} - V_{out}] \times \left(\frac{V_o + V_f}{V_{in} + V_f}\right) = \left(\frac{1}{\Delta I_L}\right)$$

$$L = \frac{1}{4000} \times [48 - 15] \times \left(\frac{15 + 4000}{48 + 4000}\right) \times \left(\frac{1}{0.045}\right)$$

$$L = 0.00025 \times 33 \times 0.628 \times 22.22 = 0.181 \text{ H}$$

D.) Step 4 : Menentukan Nilai Kapasitor:

Kapasitansi digunakan sebagai pengurang ripple tegangan yang disebabkan kenaikan nilai beban. Berikut hasil perhitungan kapasitor :

$$\Delta V_o = \pm 0.1 \% \times V_{out} = 0.001 \times 15 = 0.015$$

$$C_o = \frac{\Delta I_L}{8 \times f \times \Delta V_o} = \frac{0.045}{8 \times 40 \times 0.015}$$

$$C = \frac{0.045}{480} = 0.0000937 \mu$$

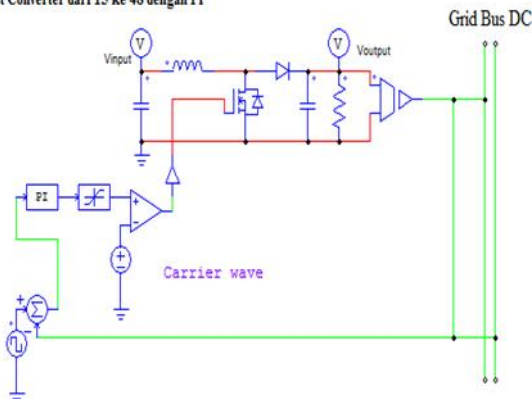
Tabel 1 Hasil simulasi rangkaian buck converter dengan pengontrol PI

No.	Vin	Vout	Iout
1	28	15	0.151
2	38	15	0.155
3	48	15	0.156

2. Boost Converter

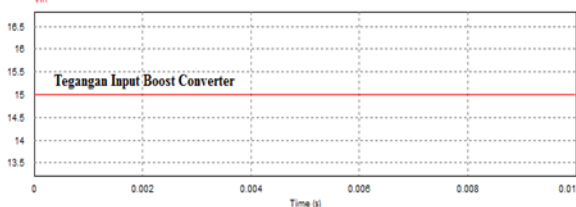
Berikut adalah simulasi rangkaian boost converter menggunakan pengendali PI, dengan Vin = 15 Volt dan akan dinaikkan menjadi 48 Volt dengan frekuensi 4Khz.

Boost Converter dari 15 ke 48 dengan PI



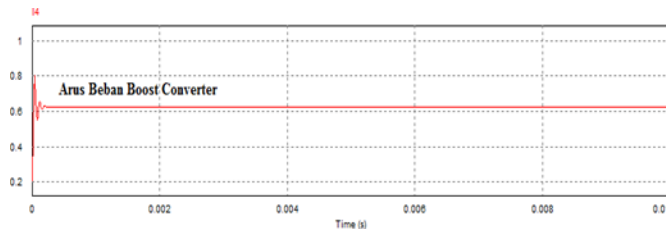
Gambar 6 Rangkaian boost converter dengan pengendali PI

Berikut ini adalah hasil simulasi dari tegangan input boost converter yang terkontrol PI.



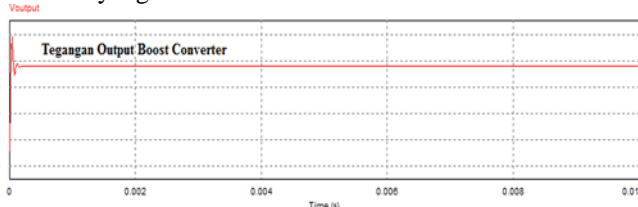
Gambar 7 Tegangan input boost converter yang terkontrol PI

Berikut ini adalah hasil simulasi dari arus beban boost converter yang terkontrol PI.



Gambar 8 Arus beban boost converter yang terkontrol PI

Berikut ini adalah hasil simulasi dari tegangan output boost converter yang terkontrol PI.



Gambar 9 Tegangan output boost converter yang terkontrol PI

Dengan perhitungan parameter boost converter dari 15 ke 48 sebagai berikut:

$$V_{out} = -V \left[\frac{D}{1-D} \right]$$

$$-48 = -15 \left[\frac{D}{1-D} \right]$$

$$3.2 = \left[\frac{D}{1-D} \right]$$

$$3.2 (1-D) = D$$

$$3.2 - 3.2 D = D$$

$$3.2 = D + 3.2 D$$

$$3.2 = 4.2 D$$

$$D = \frac{3.2}{4.2} = 0.761$$

A.) Step 1 : Menentukan resistansi beban:

Pada perancangan boost converter kita perlu menentukan nilai resistor untuk menstabilkan tegangan dan arus pada rangkaian boost converter. Berikut hasil perhitungan resistance beban:

$$R = \frac{V_o}{I}$$

$$R = \frac{48}{2} = 24 \Omega$$

B.) Step 2 : Menentukan Nilai Arus Induktor :

$$I_L (avg) = \frac{V_o^2}{V_{SRD}} = \frac{48^2}{15 \times (24 \times 0.761)} = \frac{2.304}{273.96} = 8.40 A$$

C.) Step 3 : Menentukan Gap/Delta Inductor Current Value:

$$\Delta I_L (avg) = 20\% \times I_L (avg) = 0.2 \times 8.40 = 1.68 A$$

D.) Step 4 : Menentukan Nilai Induktor:

Induktor berfungsi sebagai pengatur ripple arus pada rangkaian dan penyimpanan energi. Berikut hasil perhitungan nilai Induktor:

$$L = \left(\frac{1}{f} \right) = [V_{out} + V_f] \times \left(\frac{V_{in} - V_{min}}{V_{out} + V_f + V_{in} + V_{min}} \right) = \left(\frac{1}{\Delta I_L} \right)$$

$$= \frac{1}{4000} \times [48+1] \times \left(\frac{15}{48+1+15} \right) \times \left(\frac{1}{1.68} \right)$$

$$= 0.00025 \times 49 \times 0.23 \times 0.6 = 0.0016905 H$$

E.) Step 5 : Menentukan Nilai Kapasitor:

Kapasitansi digunakan sebagai pengurang ripple tegangan yang disebabkan kenaikan nilai beban. Berikut hasil perhitungan kapasitor:

$$\Delta V_o = \pm 0.1 \% \times V_{out} = 0.001 \times 48 = 0.048$$

$$\Delta V_o = \frac{V_o \times D}{R \times C \times f}$$

$$0.048 = \frac{48 \times 0.761}{24 \times C \times 40.000}$$

$$46.080 C = 36.528$$

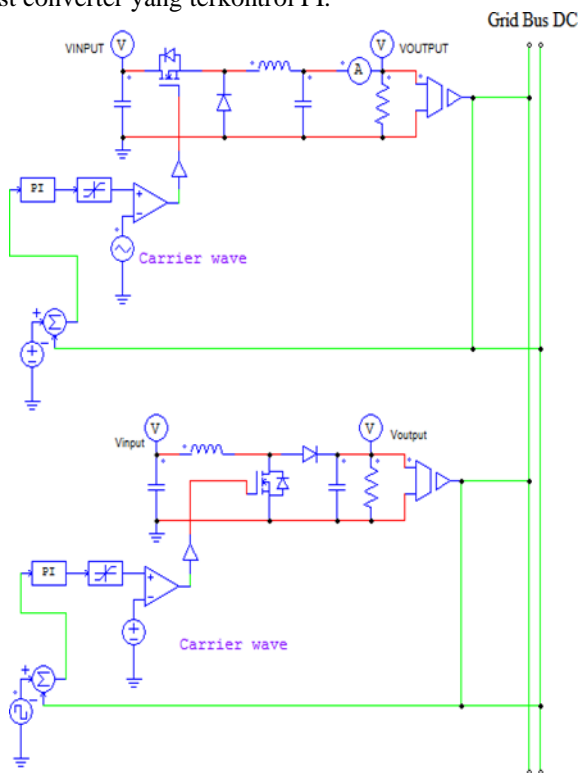
$$C = \frac{36.528}{46.080} = 0.79 \mu$$

Tabel 2 Hasil simulasi rangkaian boost converter dengan pengontrol PI

No.	Vin	Vout	Iout
1	5	48	0.214
2	10	48	0.428
3	15	48	0.642

3. Buck Converter dan Boost Converter

Berikut ini adalah simulasi rangkaian buck converter dan boost converter yang terkontrol PI.



Gambar 10 Rangkaian buck converter dan boost converter dengan pengendali PI

KESIMPULAN

Dari hasil percobaan dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari hasil percobaan yang didapat, buck converter yang akan dibuat dikehendaki memiliki kemampuan untuk menurunkan tegangan outputnya yang berasal dari superkapasitor sebesar 48 Volt menjadi 20 Volt dengan arus output hingga mencapai 0.205 Ampere.
2. Dari hasil percobaan yang didapat, boost converter yang akan dibuat dikehendaki memiliki kemampuan untuk menaikkan tegangan outputnya yang berasal dari superkapasitor sebesar 15 Volt menjadi 48 Volt dengan arus output hingga mencapai 0.642 Ampere.
3. Dari hasil simulasi yang didapat, buck converter menghasilkan tegangan masukan yang stabil dan tegangan keluaran yang stabil tetapi masih terdapat ripple yang rendah. Sedangkan boost converter menghasilkan tegangan masukan dan keluaran yang stabil.
4. Dari data yang didapat, dapat dilihat bahwa penggunaan PI controller dapat mengendalikan keluaran dari rangkaian buck dan boost agar lebih stabil, sekalipun dengan kondisi tegangan masukan yang tidak seimbang.
5. PI controller juga dapat digunakan untuk mengendalikan kestabilan keluaran dari rangkaian yang disebabkan oleh pembebanan yang berubah-ubah pada saat rangkaian bekerja.

REFERENSI

- [1] Adi, a. n. (2010). Mekatronika. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- [2] Atmam. (2017). penggunaan filter kapasitif pada rectifier satu fasa dan tiga fasa menggunakan power simulator (PSIM). Jurnal sains, energi, teknologi & industri Vol. 2 No. 1.
- [3] Dewi, R., Prijono, a., & dkk. (2015). Dasar- dasar rangkaian listrik. Bandung: Alfabeta.
- [4] Dwidayanti, R. (2017). Optimasi pengisian daya baterai pada panel surya menggunakan maximum power point tracking (MPPT).
- [5] Kurniawan, F. (2018). Pengembangan model Boost Buck untuk mempertinggi stabilitas tegangan keluaran konverter DC ke DC.
- [6] Nurfaizah, Istardi, D., & Toar, H. (2015). Rancang bangun modul praktikum motor AC dengan aplikasi pengaturan posisi dengan menggunakan PID. Jurnal integrasi Vol. 7, No. 1, 3-4.
- [7] Pakhapan, J. K., Karo, P. K., & Suroto, B.J. (2017). Studi luas permukaan spesifik zeolit akibat pengaruh mikrostruktur dan potensinya sebagai elektrode superkapasitor. Jurnal teori dan aplikasi fisika, Vol. 5, No. 1, 1.
- [8] Pambudi, W. S., & Pelawi, J. (2015). Simulasi folding machine dengan PID, P, PI, PD dan fuzzy-PD (Proportional Diferential). Jurnal sains dan teknologi Volume 1, Nomor 1, 5.

- [9] Prasetyo, M. T., & Assaffat, L. (2010). Efektifitas pemasangan kapasitor sebagai metode alternatif penghemat energi listrik. *Media elektrika*, Vol. 3 No. 2, 3.
- [10] Riyanto, A. (tanpa tahun). superkapasitor. superkapasitor sebagai piranti penyimpan energi listrik masa depan, 1.
- [11] sutedjo, efendi, z., & mursyida, d. (tanpa tahun). rancang bangun DC-DC converter dengan pengendali PI, 1.
- [12] Wicaksono, H., & Pramudijanto, J. (2004). Kontrol PID untuk pengaturan kecepatan motor DC dengan metode Tuning Direct Synthesis. *jurnal teknik elektro* vol. 4.
- [13] Wicaksono, H., & Pramudijanto, J. (2004). Kontrol PID untuk pengaturan kecepatan motor dc dengan metode tuning direct synthesis. *Teknik elektro* Vol. 4, No. 1, 1.
- [14] Zaenab, N. I., Tahir, D., & dkk. (2018). Pembuatan superkapasitor menggunakan arang aktif dari tempurung kelapa dengan separator kertas saring whatman. 1.