

PERANCANGAN KENDALI SATU SIKLUS PADA KONVERTER DAYA DC/DC DESIGN OF ONE-CYCLE CONTROLLED DC/DC POWER CONVERTER

Kemal Muhammad Rais¹, Irwan Purnama², Kharisma Bani Adam³

^{1,2,3} Universitas Telkom, Bandung

kemalrais@student.telkomuniversity.ac.id¹, irwanpurnama@telkomuniversity.ac.id²,
kharismaadam@telkomuniversity.ac.id³

Abstrak - Konverter merupakan sebuah alat yang dapat menghasilkan sistem pengubah tegangan dan suplai daya. Tegangan keluaran yang konstan adalah hal yang sangat penting untuk menghasilkan suplai daya yang diharapkan. Perubahan tegangan keluaran dipengaruhi oleh berbagai macam faktor pengganggu, salah satunya beban yang berubah dan ripple yang besar. Pada penelitian tugas akhir ini akan dirancang sebuah purwarupa konverter SEPIC beserta sistem kendali tegangan outputnya. Tegangan output dari konverter menjadi parameter untuk dikendalikan. Dengan cara menggunakan teknik kendali satu siklus pada rangkaian agar gangguan pada tegangan input tidak akan mempengaruhi tegangan keluar setiap satu siklus penyakelaran. Dari hasil eskperimen yang dihasilkan, output tegangan mendekati nilai *set point* 15 Volt yang sudah ditentukan. Dari hasil pengukuran pada saat *transient*, *rise time* yang dicapai yaitu 10 ms dengan *settling time* 72 ms, *overshoot* sebesar 16.1 V, dan *steady state error* sebesar ± 0.3 V atau 0.05 % dari *set point*. Ini menunjukkan bahwa teknik kendali satu siklus bisa digunakan sebagai kendali tegangan konverter sepic.

Kata Kunci : Konverter Sepic, Tegangan, Kendali Satu Siklus

Abstarct - Converter is a device that can produce a voltage converter system and power supply. A constant output voltage is very important to produce the expected power supply. Changes in the output voltage are influenced by various disturbing factors, one of which is a changing load and a large ripple. In this final project, a prototype of a SEPIC converter and its output voltage control system will be designed. The output voltage of the converter becomes the parameter to be controlled. By using a one-cycle control technique in the circuit so that disturbances in the input voltage will not affect the output voltage every one switching cycle. From the experimental results, the output voltage is close to the predetermined 15 Volt set point. From the measurement results during the transient, the rise time achieved is 10 ms with a settling time of 72 ms, an overshoot of 16.1 V, and a steady state error of ± 0.3 V. or 0.05% of the set point. This shows that the one-cycle control technique can be used as a voltage control for the sepic converter.

Keywords : Sepic Converter, Voltage, One Cycle Control

1. PENDAHULUAN

Teknologi saat ini tentu semakin berkembang dengan semakin meningkatnya pemakaian atau pengguna peralatan elektronika. Perkembangan teknologi elektronika telah mampu menghasilkan sistem pengubah tegangan dan suplai daya atau biasa disebut sebagai konverter. Tegangan keluaran yang konstan adalah hal yang sangat penting untuk menghasilkan suplai daya yang diharapkan. Perubahan tegangan keluaran dipengaruhi oleh berbagai macam faktor pengganggu, salah satunya beban yang berubah dan ripple yang besar. Oleh karena itu, dibutuhkan suatu peralatan regulator tegangan agar keluaran tetap konstan dan membuat ripple mendekati nol[1]. Regulator tegangan ini dapat dikontrol baik secara analog maupun secara digital.

Menjaga kestabilan pada konverter diperlukan sistem kontrol yang tepat. Sistem kontrol ini diperlukan agar apabila sistem mengalami gangguan, maka respon sistem dalam mengatasi gangguan akan cepat dan handal. Kontrol pada regulasi tegangan terbagi menjadi dua yaitu regulasi secara linier dan non linear. Kendali regulasi tegangan menggunakan kontroler PID adalah jenis regulasi tegangan linier. Metode PID mempunyai perhitungan yang dapat bekerja baik pada plan yang butuh respon cepat. Untuk regulasi secara non linear contohnya adalah menggunakan kendali satu siklus. Kendali satu siklus sangat sederhana dan memiliki respon yang cepat pada konverter[2].

Dalam Tugas Akhir ini akan diterpakna metode kendali satu siklus pada rangkaian. Kendali satu siklus adalah teknik kendali yang paling sederhana karena tidak banyak parameter yang harus dihitung. Teknik kendali ini mempunyai respon yang cepat dan dapat mempertahankan

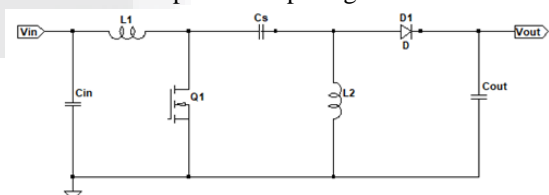
faktor daya ketika diterapkan pada konverter, sehingga tegangan keluar selalu sama dengan tegangan referensi dan dapat dipertahankan konstan pada nilai yang diinginkan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

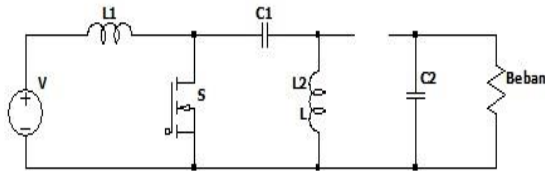
2.1 Konverter Sepic

Konverter sepic merupakan sebuah konverter DC/DC dengan tegangan keluar yang lebih besar atau lebih kecil dari tegangan masuknya, kelebihan konverter sepic dibandingkan dengan konverter buck/boost adalah polaritas tegangan output yang sama dengan polaritas tegangan input. Konverter pada dasarnya berfungsi untuk menaikkan atau menurunkan tegangan, maka dari itu tercipta konverter sepic yang dibuat atas pengembangan dari konverter sebelumnya.

Konverter sepic terdiri dari 2 buah induktor (L), 2 buah kapasitor (C), diode, dan Mosfet. Konverter sepic beroperasi pada mode CCM (*continuous conductio mode*) yang artinya arus yang melewati L1 tidak pernah bernilai 0 [2], dan konverter sepic memiliki dua kondisi operasi yaitu pada saat mosfet on dan off dapat dilihat pada gambar berikut :

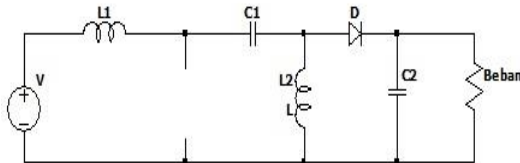


Gambar 2. 1 Rangkaian Dasar Konverter Sepic



Gambar 2. 2 Rangkaian Kondisi Mosfet On

Pada saat mosfet on seperti pada Gambar 2.2 maka Induktor L1 akan terisi dari tegangan masukan dan kapasitor C1 akan mengisi inductor L2, maka pada saat ini tidak ada yang masuk ke kapasitor keluaran [4].



Gambar 2. 3 Rangkaian Kondisi Mosfet Off

Pada saat mosfet off seperti Gambar 2.4 daya dikirimkan kebeban dari kedua induktor L1 dan L2, kapasitor kopling di charger oleh L1. Selama cycle off selanjut akan di charger lagi oleh L2 selama on cycle. Induktor L1 dan saklar Q1 akan menyebabkan konverter sepic menjadi mode boost [4].

2.1.1 Desain Konverter

Dalam merancang konverter, banyak parameter yang dibutuhkan agar perancangan menghasilkan hasil yang sesuai dengan target yang di inginkan. Berikut langkah dalam mendesain konverter sepic :

1. Menentukan duty cycle

$$D_{max} = \frac{V_{out} + V_D}{V_{in}(\text{Min}) + V_{out} + V_D} \quad (2.1)$$

$$D_{min} = \frac{V_{out} + V_D}{V_{in}(\text{Max}) + V_{out} + V_D} \quad (2.2)$$

Dimana D_{max} adalah duty cycle maksimal, D_{min} adalah duty cycle minimal dan V_D adalah tegangan drop dioda [5].

2. Induktor

$$\Delta I_L = I_{out} \times \frac{V_{out}}{V_{in}(\text{min})} \times 40\% \quad (2.3)$$

Dimana ΔI_L merupakan arus ripple pada induktor, setelah itu menentukan besar nilai induktor berdasarkan dengan arus ripple dengan persamaan berikut [5] :

$$L_1 = L_2 = \frac{V_{in}(\text{min}) \times D_{max}}{\Delta I_L \times f_{sw}} \quad (2.4)$$

f_{sw} adalah frekuensi switching dan D_{max} adalah duty cycle maksimum dan $V_{in}(\text{min})$ adalah tegangan input minimum. Arus puncak pada induktor untuk memastikan induktor agar tidak jenuh ditentukan dengan persamaan berikut ini [5].

$$I_{L1}(\text{peak}) = I_{out} \times \frac{V_{out} + V_D}{V_{in}(\text{min})} \times \left(1 + \frac{40\%}{2}\right) \quad (2.5)$$

$$I_{L2}(\text{peak}) = I_{out} \times \left(1 + \frac{40\%}{2}\right) \quad (2.6)$$

3. Menentukan Dioda

Untuk menentukan diode dibutuhkan nilai tegangan drop diode dan nilai arus maju rata-rata dengan menggunakan persamaan berikut [5].

$$V_{RD} = V_{In}(\text{max}) + V_{Out}(\text{max}) \quad (2.7)$$

Dimana V_{RD} adalah tegangan drop.

$$I_{Q1} = I_{L1}(\text{peak}) + I_{L2}(\text{peak}) \quad (2.8)$$

Pada persamaan diatas I_{Q1} adalah nilai arus maju rata-rata.

4. Menentukan Kapasitor

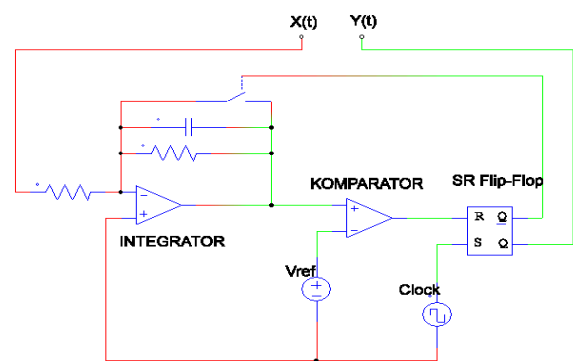
Kapasitor merupakan sebuah komponen yang berfungsi untuk menyimpan muatan, sebagai filter untuk mengurangi ripple, dan berperan untuk mentransfer energy. Untuk menentukan nilai kapasitor dapat menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$C \geq \frac{I_{out} \times D}{V_{ripple} \times 0.5 \times f_{sw}} \quad (2.9)$$

Dimana C adalah kapasitor, dan V_{ripple} adalah tegangan ripple kapasitor yang diasumsikan 2% dari tegangan output [5].

2.2 Teknik Kendali Satu Siklus

Teknik Kendali Satu Siklus merupakan suatu teknik kendali yang sangat sederhana dengan respon yang cepat, telah dibuktikan mampu memperbaiki bentuk tegangan masukan dan dapat mempertahankan faktor daya konverter sama dengan satu meskipun tegangan masukan konverter berubah-ubah. Kendali satu siklus digunakan untuk operasi frekuensi penyaluran konstan. Teknik ini mengambil keuntungan dari sifat penyaluran konverter yang nonlinier dan mencapai kontrol dinamis instan dari nilai rata-rata variabel yang diaktifkan, misalnya tegangan atau arus[9]



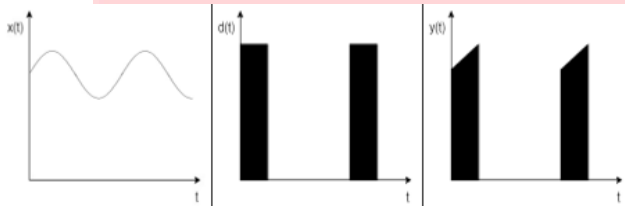
Gambar 2. 4 Rangkaian Kendali Satu Siklus

Konsep dasar kendali satu siklus dapat dijelaskan sebagai

berikut. Sebuah saklar akan beroperasi menurut fungsi saklar $d(t)$ dalam setiap siklus pada frekuensi penyakelaran f_s , dimana $f_s = 1/T_s$.

$$d(t) = \begin{cases} 1 & 0 < t < t_{on} \\ 0 & t_{on} < t < T_s \end{cases} \quad (2.10)$$

$d(t) = 1$ berarti saklar konduksi (ON) dan $d(t) = 0$ berarti saklar padam (OFF). Dalam setiap siklus, saklar menyala untuk durasi waktu T_{ON} dan mati untuk durasi waktu T_{OFF} , di mana $T_{ON} + T_{OFF} = T_s$.



Gambar 2. 5 Gelombang Rangkaian Ekuivalen saklar

Sinyal masukan $x(t)$ dipotong oleh saklar dan diubah menjadi sinyal keluaran $y(t)$. Nilai rata-rata $y(t)$ dalam satu siklus penyakelaran sama dengan luas area dibawah kurva $y(t)$. Karena $f_s \gg$ frekuensi $x(t)$, maka $y(t)$ dapat ditulis:

$$y(t) = \frac{1}{T_s} \int_0^{T_{on}} x(t) dt \approx x(t) \frac{1}{T_s} \int_0^{T_{on}} dt = x(t) \cdot d(t) \quad (2.11)$$

Dengan memodulasi siklus kerja $d(t)$ sedemikian rupa sehingga integrasi dari bentuk gelombang terpotong pada keluaran saklar sama dengan integrasi dari sinyal referensi V_{ref} yaitu:

$$\int_0^{T_{on}} x(t) dt = \int_0^{T_s} V_{ref}(t) dt \quad (2.12)$$

Maka nilai rata-rata dari $y(t)$ sama dengan V_{ref} dalam setiap satu siklus yaitu:

$$y(t) = \frac{1}{T_s} \int_0^{T_{on}} x(t) dt = \frac{1}{T_s} \int_0^{T_s} V_{ref}(t) dt = x(t) \cdot k(t) \quad (2.13)$$

Kendali satu siklus terdiri dari integrator, komperator, flip-flop, clock. Integrasi dimulai saat saklar diaktifkan oleh pulsa clock frekuensi tetap. Pada permulaan satu siklus penyakelaran, sebuah pulsa clock meng-set flip-flop ($Q=1$), yang pada gilirannya menyalakan saklar S. Tegangan masukan $x(t)$ dipotong oleh saklar selama waktu T_{ON} menghasilkan tegangan keluaran $y(t)$. Bentuk gelombang terpotong ini diintegrasikan menjadi $v_{int}(t)$. Berikut besarnya nilai integrasi:

$$V_{int} = k \int_0^t x(t) \cdot dt \quad (2.14)$$

Ketika V_{int} mencapai referensi kendali $V_{ref}(t)$, kendali mengirim perintah ke saklar untuk mengubahnya dari *on state* ke *off state*. dibandingkan dengan sinyal referensi $v_{ref}(t)$. Ketika $v_{int}(t)$ mencapai $v_{ref}(t)$, keluaran komparator menjadi tinggi dan mereset flip-flop ($Q=0$), sehingga saklar menjadi padam. Pada waktu yang sama, flip-flop me-reset integrator kembali ke nol untuk persiapan siklus berikutnya.

Proses ini berulang dalam setiap siklus penyakelaran. Karena perioda saklar T_s adalah konstan dan siklus kerja duty cycle dikendalikan, maka nilai rata-rata dari bentuk gelombang keluaran saklar $y(t)$ dalam setiap siklus sama dengan tegangan referensi. Duty rasio dari siklus ini ditentukan dari persamaan berikut:

$$k \int_0^{dT_s} x(t) dt = V_{ref}(t) \quad (2.15)$$

Nilai rata-rata dari variabel yang diaktifkan di saklar output diberikan oleh

$$y(t) = \frac{1}{T_s} \int_0^{dT_s} x(t) dt = \frac{1}{kT_s} V_{ref}(t) = k_c V_{ref}(t) \quad (2.16)$$

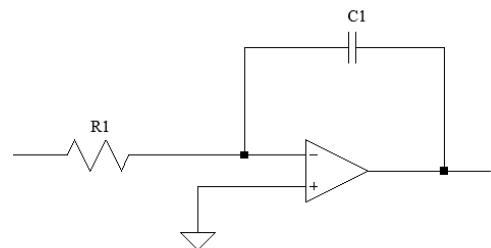
dalam kontrol satu siklus, rasio tugas saklar dimodulasi sedemikian rupa sehingga dalam setiap siklus nilai rata-rata variabel yang diaktifkan sama dengan atau sebanding dengan referensi kendali dalam kondisi *steady state* atau transient.

2.2.1 Desain Kendali Satu Siklus

Implementasi rangkaian dari kendali satu siklus terdiri dari sebuah integrator yang dapat di reset (disingkat Integrator-reset), komparator, flip-flop dan pembangkit pulsa clock frekuensi konstan. Berikut penjelasan dari masing-masing komponen penyusun kendali satu siklus.

1. Integrator

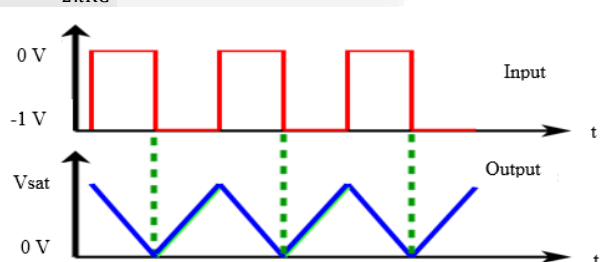
Integrator merupakan konfigurasi Op-Amp yang berfungsi untuk menguatkan hasil integrasi dari sinyal masukan yang diberikan. Prinsip kerja konverter yaitu ketika sebuah sinyal pulsa diberikan pada input rangkaian, ketika input naik secara mendadak dari nol naik ke maksimum.



Gambar 2. 6 Integrator

Untuk menghitung nilai penguatan penguat nilai inverting dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan berikut:

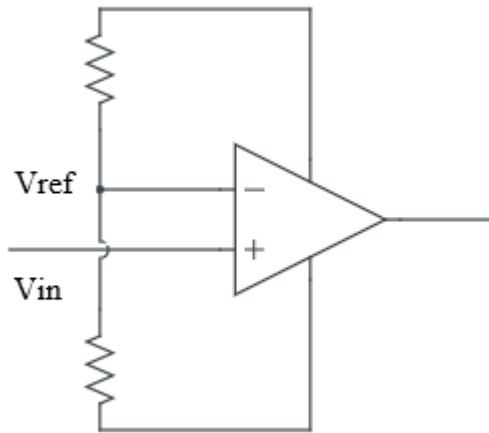
$$F_O = \frac{1}{2\pi RC} \quad (2.17)$$



Gambar 2. 7 Gelombang input output integrator

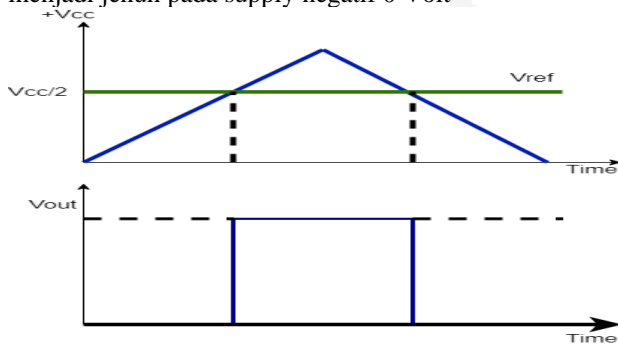
2. Komparator

Komparator memiliki fungsi untuk membandingkan besarnya dua input, yaitu antara tegangan masuk dan tegangan referensi dan menentukan mana yang terbesar dari keduanya



Gambar 2. 8 Rangkaian Komparator

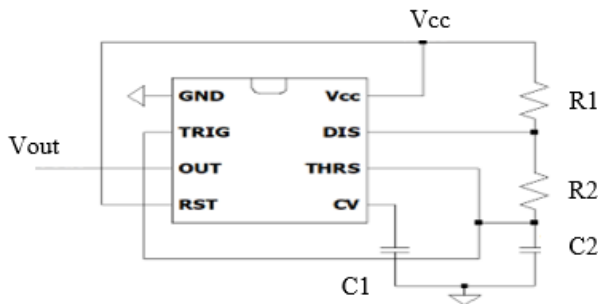
Ketika V_{in} lebih besar dari V_{ref} , maka output komparator akan jenuh ke arah supply positif V_{cc} , sedangkan ketika V_{in} kurang dari V_{ref} maka output komparator akan berubah menjadi jenuh pada supply negatif 0 Volt



Gambar 2. 9 Gelombang Sinyal Komparator

3. Pulsa Clock

Fungsi rangkaian clock yaitu untuk mengatur jalanya data dalam penggeseran ke kanan atau ke kiri, maupun dalam perhitungan pencacahan bilangan biner.



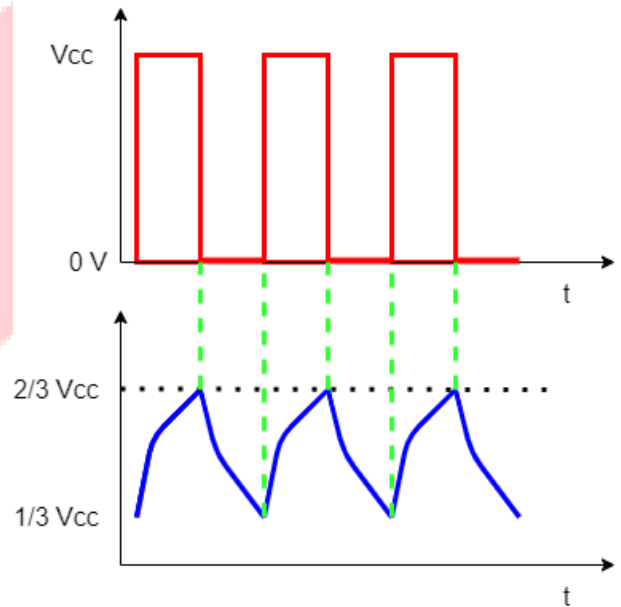
Gambar 2. 10 Rangkaian Pembangkit Pulsa Clock

Untuk menentukan nilai frekuensi dan duty cycle yang diinginkan dibutuhkan nilai dari dua resistor dan kapasitor.

Berikut rumus untuk mencari nilai frekuensi dan duty cycle.

$$F_o = \frac{1,44}{(R1+2R2)*c} \tag{2.18}$$

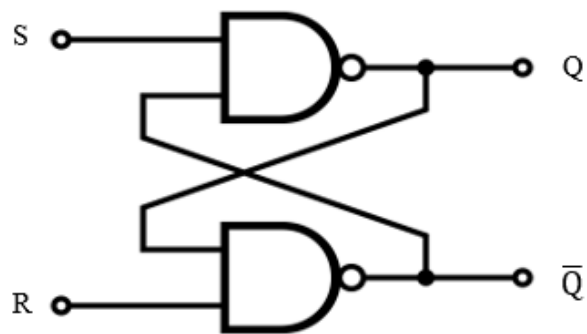
$$D = \frac{((R1+R2)*100)}{(R1+2R2)} \tag{2.19}$$



Gambar 2. 11 Sinyal Clock

4. Flip-flop

Flip-Flop adalah suatu rangkaian elektronika yang memiliki dua kondisi stabil dan dapat digunakan untuk menyimpan informasi. Flip-flop merupakan pengaplikasian gerbang logika yang bersifat multivibrator

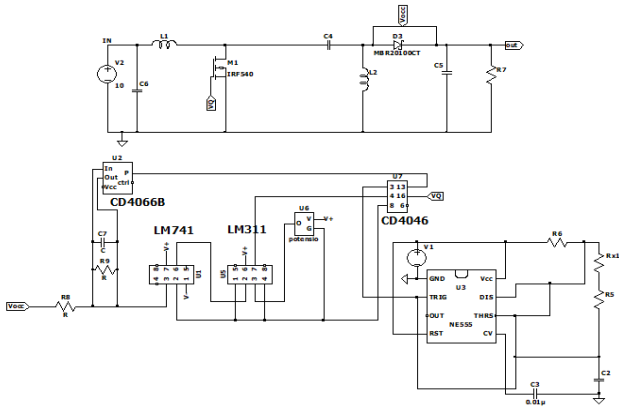


Gambar 2. 12 SR Flip-Flop Gerbang NAND

3. Perancangan Sistem

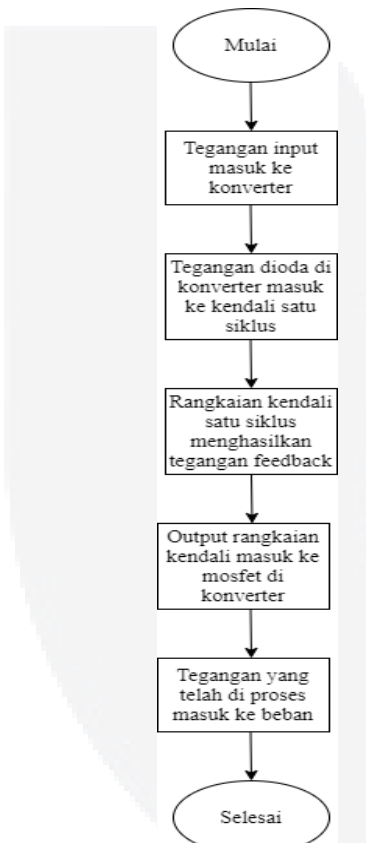
3.1 Desain Sistem

Pada tugas akhir ini konfigurasi sistem merupakan hubungan dari beberapa komponen yang di konfigurasi sehingga alat dapat bekerja sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai pada tugas akhir ini.



Gambar 3.1 Desain Sistem

Rangkaian konverter DC/DC tipe sepic di atas di sambungkan dengan rangkaian kendali satu siklus yang terdiri dari sebuah integrator, komparator, flip-flop dan pembangkit pulsa clock frekuensi konstan. Rangkaian kendali ini berfungsi sebagai saklar. Setiap tegangan input yang masuk ke konverter, tegangan keluarnya akan dipertahankan konstan dan sesuai dengan tegangan referensi.

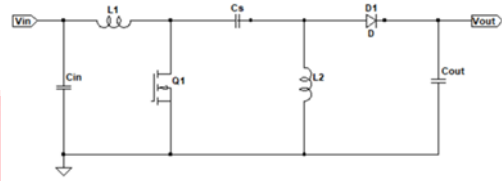


Gambar 3.2 Diagram Alir Sistem

Gambar 3.2 merupakan diagram alir penstabil tegangan keluaran, transistor bertindak sebagai saklar, integrator sebagai penguat tegangan, dengan komperator sebagai pembanding tegangan masuk dengan tegangan referensi. Apabila sesuai dengan tegangan referensi maka tegangan ini akan di loloskan ke beban, jika tidak sesuai maka saklar akan terbuka dan tegangan tidak akan mengalir ke beban.

3.2 Desain Perangkat Keras

a. Konverter Sepic



Gambar 3.3 Rangkaian Konverter Sepic

Gambar 3.3 merupakan rangkaian dasar dari konverter sepic, dimana terdapat beberapa komponen yaitu Induktor, kapasitor, dan mosfet. Untuk mendesain konverter sepic maka pertama tentukan spesifikasi dari konverter, Berikut ini spesifikasi konverter sepic yang akan dibuat :

Tabel 3.1 Spesifikasi Konverter Sepic

Parameter	Nilai
Power Rating	35 W
Tegangan Input	10 Volt – 22 Volt
Tegangan Output	15 Volt
Frekuensi Switching	35 kHz
Ripple Tegangan Ouput	2 %

Tabel 3.1 merupakan spesifikasi dari konverter yang akan dirancang, setelah itu yaitu menentukan komponen untuk merancang konverter sepic. Dengan menggunakan persamaan (2.1) sampai dengan (2.9) didapatkan daftar komponen sebagai berikut:

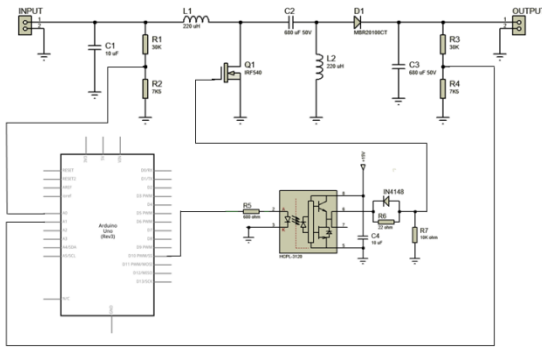
Tabel 3.2 Daftar Komponen Konverter Sepic

Komponen	Nilai
Duty cycle maximum	0.605
Duty Cycle minimum	0.41
Induktor	85.757 μ H
Dioda	MBR20100CT.
Kapasitor	380.914 μ F
Switch/ MOSFET	IRF540
Driver MOSFET	HCPL-3120

Dikarenakan beberapa nilai seperti induktor dan kapasitor tidak tersedia dipasaran, maka untuk induktor menggunakan dengan nilai 220 μ H dan kapasitor 680 μ F. Untuk Mosfet menggunakan IRF540 karena dibutuhkan mosfet yang dapat bekerja dengan arus diatas 2A dan dirver mosfet HCPL-3120 karena driver mosfet tersebut memiliki waktu *switching* yang cepat yaitu 500 ns.

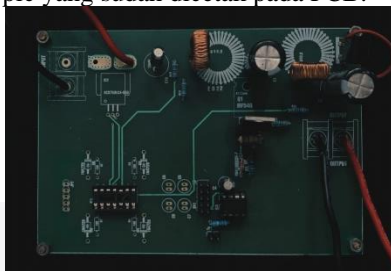
b. Wiring Diagram

Berikut ini adalah *wiring* diagram perancangan alat pada tugas akhir ini :



Gambar 3. 4 Wiring Diagram Konverter Sepic

Pada gambar 3.4 merupakan *wiring* diagram pada tugas akhir ini, dimana terapat konverter sepic dengan sensor tegangan, HCPL-3120, dan Arduino. Berikut ini rangkain konverter sepic yang sudah dicetak pada PCB.



Gambar 3. 5 PCB Konverter Sepic

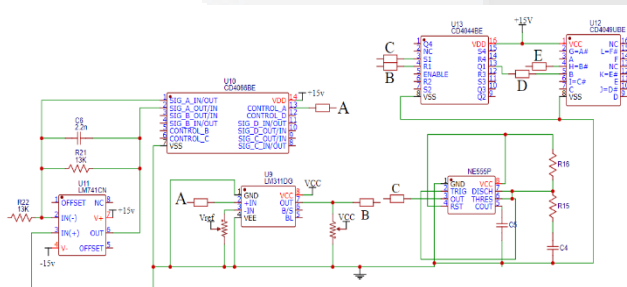
b. Rangkaian Kendali Satu Siklus

Pada Tugas Akhir ini, rangkaian kendali satu siklus yang akan dirancang terdiri sebuah integrator, komparator, flip-flop dan pembangkit pulsa clock frekuensi konstan. Berikut adalah jenis IC (*Integrated Circuit*) tiap komponen yang akan digunakan pada rangkaian kendali satu siklus.

Tabel 3. 3 Daftar Komponen Rangkaian Kendali Satu Siklus

Komponen	Jenis
Integrator	LM741, CD4066
Komparator	LM311
Clock	NE555
SR Flip-flop NAND Gate	CD4044, CD4049

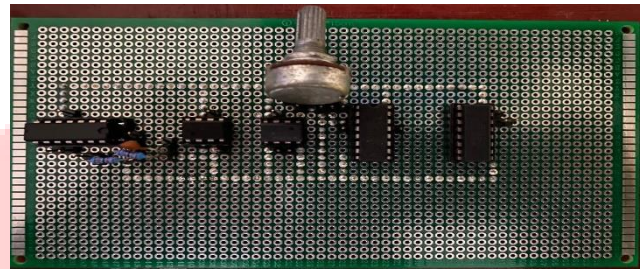
Tabel 3.3 merupakan daftar komponen yang akan digunakan untuk rangkaian kendali satu siklus. Setelah itu yaitu merancang wiring diagram berdasarkan daftar jenis komponen pada tabel 3.3



Gambar 3. 6 Wiring diagram Rangkaian Kendali Satu Siklus

Pada gambar 3.4 merupakan *wiring* diagram pada tugas akhir ini, dimana akan menjadi dasar untuk membuat

rangkaian pada PCB. Berikut ini rangkain konverter sepic yang sudah dicetak pada PCB.

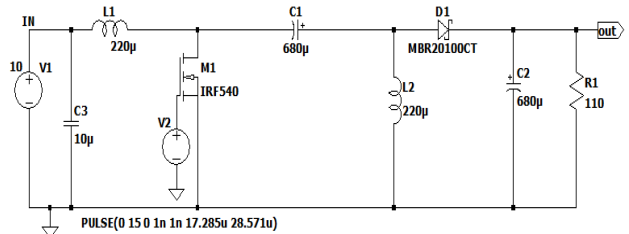


Gambar 3. 6 PCB Rangkaian Kendali Satu Siklus

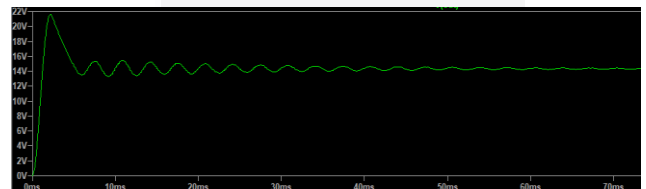
4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Pengujian Simulasi Konverter Sepic

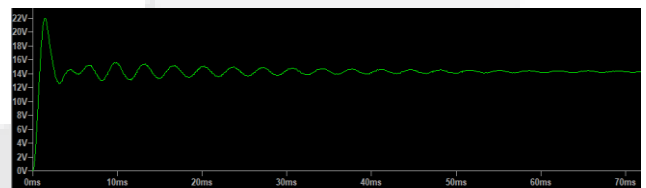
Pada pengujian ini menggunakan aplikasi LTspice. Dengan melakukan 2 pengujian yaitu dengan input 10 V dengan *duty cycle* 0.605 dan input 22 dengan *duty cycle* 0.41. Berikut hasilnya.



Gambar 4. 1 Rangkaian Simulasi Konverter Sepic



Gambar 4. 2 Hasil Simulasi Vin 10 V

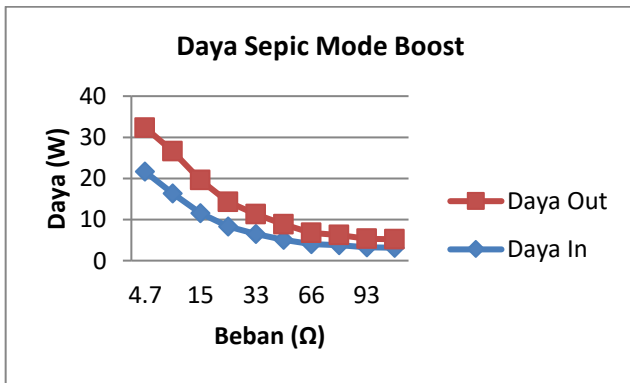


Gambar 4. 3 Hasil Simulasi Vin 22

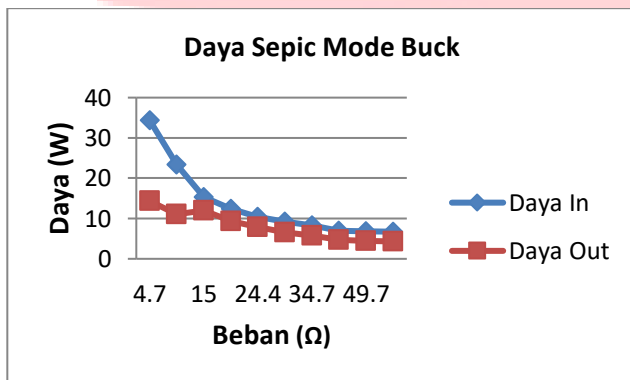
Hasil simulasi didapatkan dengan Vin 10 V didapatkan Vout 14.5 V dengan keluaran sinyal pada gambar 4.2. dan dengan Vin 22 V didapatkan Vout 14.8 dengan sinyal keluaran pada gambar 4.3. hasil kedua pengujian mendekati nilai yang di inginkan yaitu 15V.

4.2 Pengujian Konverter Sepic

Pada pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kinerja dari konverter sepic yang sudah dirancang dalam menaikkan (*boost*) dan menurunkan (*buck*) tegangan serta mengetahui efisiensi konverter. pada pengujian ini menggunakan input 10 V dan 22 V yang berasal dari *power supply* dengan menggunakan beberapa nilai variasi beban.

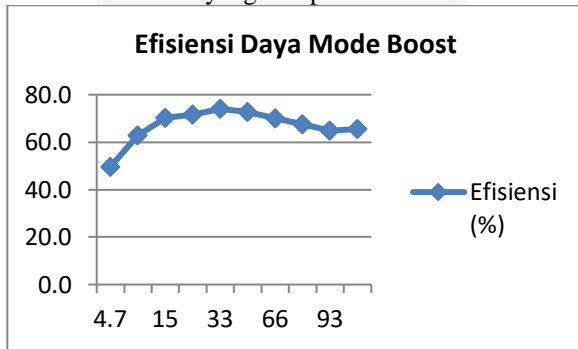


Gambar 4.4 Grafik Beban Terhadap Daya Mode Boost

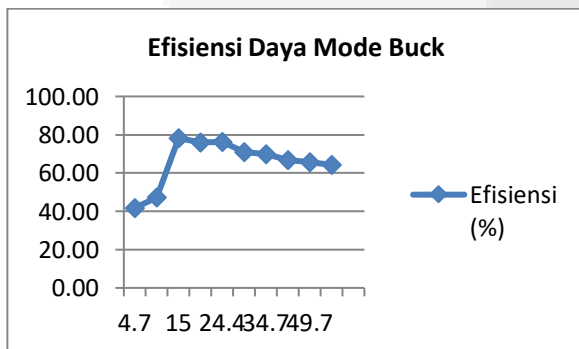


Gambar 4.5 Grafik Beban Terhadap Daya Mode Buck

Dapat dilihat pada gambar 4.4 dan 4.5 nilai daya yang masuk dan keluar semakin kecil karena nilai arus yang semakin kecil hal itu disebabkan beban semakin besar. Berikut ini efisiensi yang didapatkan berdasarkan data diatas



Gambar 4.6 Grafik Efisiensi Daya Mode Boost

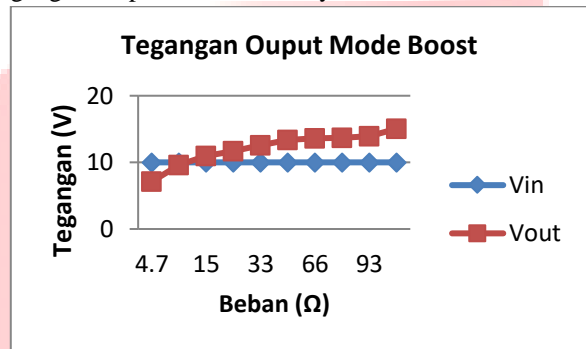


Gambar 4.7 Grafik Efisiensi Daya Mode Buck

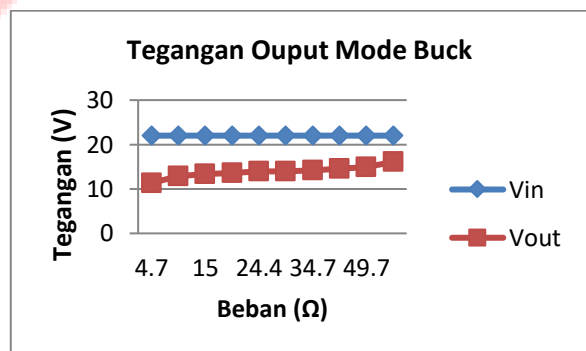
Efisiensi gambar diatas didapatkan dari persamaan berikut :

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\%$$

Berikut ini data pengujian pengaruh beban terhadap tegangan output. Berikut hasilnya :

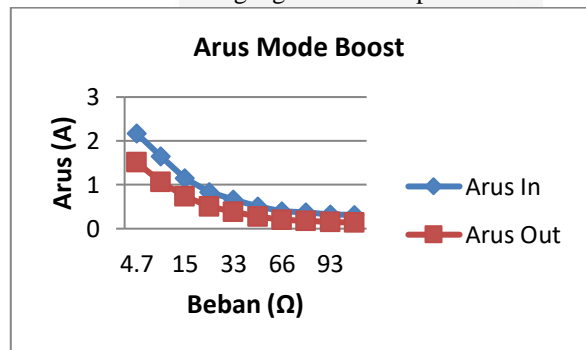


Gambar 4.8 Grafik Beban Terhadap Tegangan Mode Boost

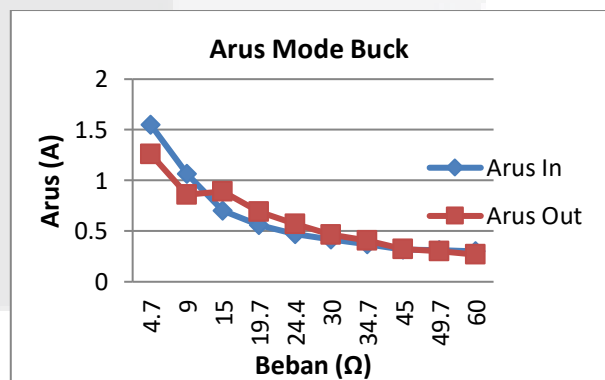


Gambar 4.9 Grafik Beban Terhadap Tegangan Mode Buck

Dengan melihat gambar 4.8 dan 4.9 apabila beban semakin besar maka tegangan keluaran pun semakin besar.



Gambar 4.10 Grafik Beban Terhadap Arus Mode Boost



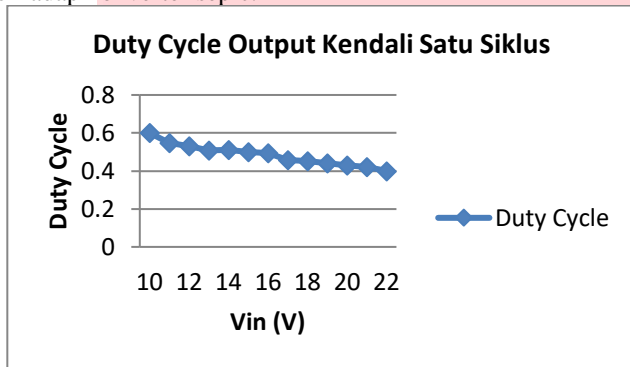
Gambar 4.11 Grafik Beban Terhadap Arus Mode Buck

Dengan melihat gambar 4.10 dan 4.11 dapat diketahui bahwa semakin besar beban maka arus yang masuk dan

keluar akan semakin kecil dikarenakan apabila beban terlalu kecil maka rangkaian seperti short circuit dan menyebabkan arus bernilai besar.

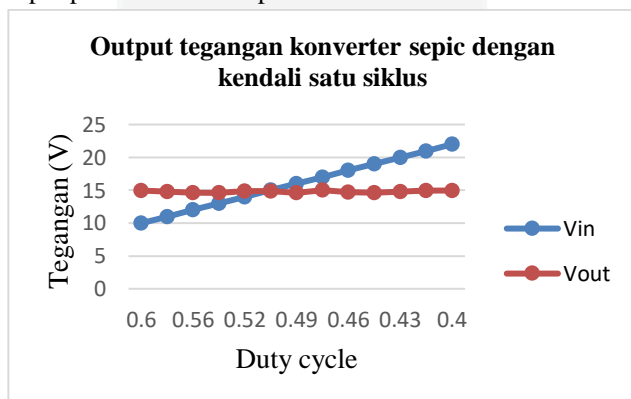
4.3 Pengujian Konverter Dengan Kendali Satu Siklus

Pada percobaan ini akan digabungkan konverter sepic dengan rangkaian kendali satu siklus yang telah dibuat secara terpisah, bertujuan untuk melihat apakah teknik kendali satu siklus ini mempunyai respon yang cepat dan dapat mempertahankan nilai tegangan secara konstan terhadap konverter sepic.



Gambar 4.12 Grafik Nilai Duty Cycle Terhadap Vin

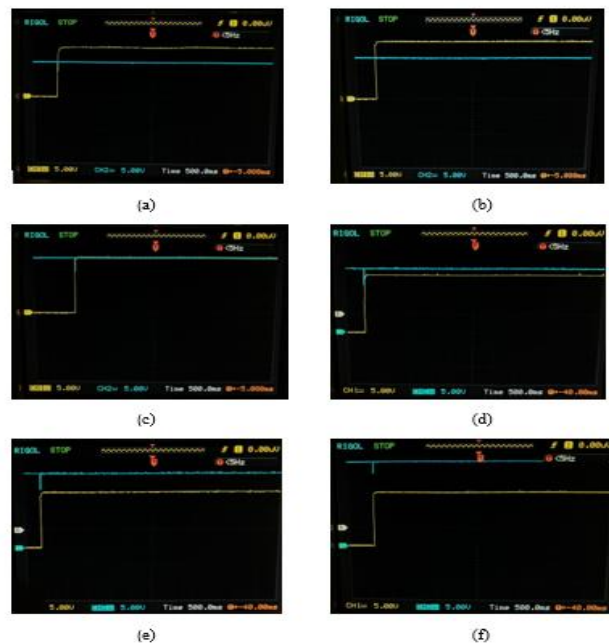
Gambar 4.12 menunjukkan grafik nilai duty cycle yang merupakan output dari kendali satu siklus berdasarkan nilai input pada konverter sepic.



Gambar 4.13 Grafik Nilai Output Konverter Sepic Dengan Rangkaian Kendali Satu Siklus

Pada Gambar 4.14 didapatkan nilai rata-rata tegangan yang keluar dari input 10 V sampai dengan 22 V adalah 14.89 V. Nilai ini mendekati nilai yang diinginkan atau *setpoint* yang sudah ditentukan sebesar 15 V.

Berikut sinyal pengukuran tegangan input dan output konverter pada konverter sepic dilihat dengan menggunakan osiloskop :



Gambar 4.14 Hasil Pengukuran Tegangan Vout (a) Vin 10 V (b) Vin 12 V (c) Vin 15 V (d) Vin 17 V (e) Vin 20 V (f) Vin 22 V (Note : x = 500 ms/div dan y = 5V/div , Sinyal Kuning = Input , Sinyal Biru = Ouput)

Pada Gambar 4.14 merupakan hasil pengukuran tegangan dengan menggunakan osiloskop dengan Vin yang variatif seperti yang tertera pada keterangan gambar, dan didapatkan Vout yang mendekati nilai *set point* 15 Volt yang sudah ditentukan. Dari hasil pengukuran pada saat *transient*, *rise time* yang dicapai yaitu 10 ms dengan *settling time* 72 ms, *overshoot* sebesar 16.1 V, dan *steady state error* sebesar ± 0.3 V atau 0.05 % dari *set point*.

4.4 Pengujian Perubahan Beban pada Saat Steady state

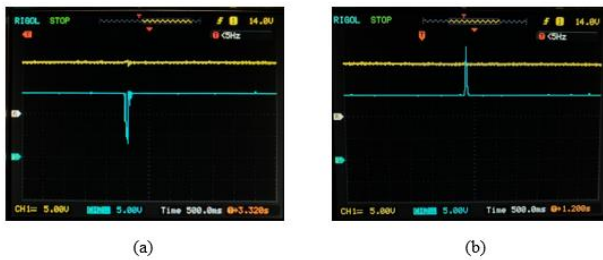
Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kinerja kendali satu siklus pada konverter dalam mengendalikan tegangan dengan menggunakan beban yang berubah pada saat kondisi *steady state*. Pada pengujian ini menggunakan tegangan input 10 untuk *mode boost* dan input 22 V untuk *mode buck*.

Pada pengujian menggunakan input 10 V dengan beban 110 ohm dan pada saat kondisi *steady state* beban akan diubah menjadi 100 ohm dan 120 ohm. Pengujian kedua dengan input 17 V dengan beban 65 dan beban dirubah pada saat *steady state* menjadi 55 ohm dan 75 ohm. Berikut hasilnya :



Gambar 4.15 Hasil Pengukuran Beban di 110 Ω Menjadi (a) 100 Ω (b) 120 Ω (Note : x = 500 ms/div dan y = 5V/div ,

Sinyal Kuning = Input , Sinyal Biru = Ouput)



Gambar 4. 16 Hasil Pengukuran Beban di 65 Ω Menjadi (a) 55 Ω (b) 75 Ω (Note : x = 500 ms/div dan y = 5V/div , Sinyal Kuning = Input , Sinyal Biru = Ouput)

Pada Gambar 4.15 dan 4.16 merupakan sinyal pengukuran pada osiloskop pada saat kondisi *steady state* beban diubah maka terdapat *disturbance* dan setelah itu output kembali mendekati *set point*.

5. Kesimpulan

5.1 Kesimpulan

1. Pengujian konverter sepic dengan rangkaian kendali satu siklus, nilai output tegangan mendekati nilai *set point* 15 Volt yang sudah ditentukan Dari hasil pengukuran pada saat *transient*, *rise time* yang dicapai yaitu 10 ms dengan *settling time* 72 ms, *overshoot* sebesar 16.1 V, dan *steady state error* sebesar ± 0.3 V atau 0.05 % dari set point. Ini menunjukkan bahwa teknik kendali satu siklus bisa digunakan untuk kendali tegangan konverter sepic
2. Pada pengujian rangkaian konverter sepic dengan teknik kendali satu siklus perubahan beban pada saat kondisi *steady state*, terdapat *disturbance* yang disebabkan oleh perubahan nilai arus akibat adanya perubahan beban pada sinyal keluaran namun output dapat kembali menuju *set point*. Oleh karena itu bisa disimpulkan rangkaian yang dirancang cukup tangguh terhadap *disturbance* yang disebabkan oleh perubahan beban.

REFERENSI

- [1] A. Komarudin, "Desain Dan Analisis Proporsional Kontrol Buck-Boost Converter," *J. ELTEK, Malang Vol 12, No.02, Oktober 2014 ISSN 1693-4024*, vol. 12, no. 02, pp. 78–89, 2014.
- [2] W. Pradana, "Digital Digital Repository Repository Universitas Universitas Jember Jember Digital Digital Repository Repository Universitas Universitas Jember Jember Text Mining pada Media Sosial Twitter," pp. 1–43, 2017.
- [3] E. H. Houssein and F. A. Samman, "Sistem Kendali Level Tegangan Konverter Buck-Bosst Tipe SEPIC," pp. 3–6, 2014.
- [4] I. Single and E. Primary, "Digital Digital Repository Repository Universitas Universitas Jember Jember Implementasi Single Ended Primary Inductante Digital Digital Repository Repository Universitas Universitas Jember Jember," 2018.
- [5] D. Zhang, "AN-1484 Designing A SEPIC Converter," no. April, 2013.

- [6] T. K. Rourkela, Behera, S. R., & Meher, "Design of Single Ended Primary Inductor Dc - Dc Converter," *Dr. Diss.*, 2013.
- [7] T. I. Incorporated, *Analog Applications Journal*. 2011.
- [8] K. OGATA, "Teknik Kontrol Automatik(Sistem Pengaturan)," p. 384, 1995.
- [9] M. I. Hanafi, "Digital Digital Repository Repository Universitas Universitas Jember Jember Digital Digital Repository Repository Universitas Universitas Jember Jember Text Mining pada Media Sosial Twitter," pp. 1–43, 2017.
- [10] S. T. Keluaran, "Buck Converter Dengan Metode," pp. 125–137.