

REALISASI KONVERTER DC-DC TIPE *PUSH-PULL* BERBASIS IC TL494 DENGAN UMPAN BALIK TEGANGAN

Argianka Satrio Putra^{*)}, Trias Andromeda, and Agung Warsito

Departemen Teknik Elektro, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudharto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

^{*)}E-mail: argiankasatria@gmail.com

Abstrak

Konverter DC-DC merupakan metode konversi energi listrik arus searah (DC) yang umumnya digunakan untuk mengubah tingkat tegangan DC. Konverter DC-DC tipe *Push-pull* merupakan contoh konverter DC-DC pensaklaran terisolasi. Konverter DC-DC yang berkualitas mampu menghasilkan tegangan keluaran yang konstan terhadap perubahan beban dan perubahan tegangan masukan. Kontrol umpan balik tegangan digunakan untuk menjaga kestabilan tegangan keluaran. Pada penelitian ini, penulis merancang Konverter DC-DC tipe *Push-Pull* dengan umpan balik tegangan. Kontrol PWM pada penelitian ini menggunakan IC TL494. Pada penelitian ini, dilakukan dua pengujian konverter tanpa umpan balik tegangan dan dengan umpan balik tegangan. Hasil pengujian konverter tanpa umpan balik tegangan, variasi *duty cycle* 5% memiliki *nilai* rata-rata penurunan tegangan sebesar 15,05 V, variasi *duty cycle* 15% memiliki *nilai* rata-rata penurunan tegangan sebesar 7,74 V, dan variasi *duty cycle* 25% memiliki *nilai* rata-rata penurunan tegangan sebesar 4,23 V terhadap perubahan beban lampu pijar. Sementara itu, pengujian konverter kondisi dengan umpan balik tegangan memiliki rata-rata penurunan tegangan sebesar 1,39 V terhadap perubahan beban lampu pijar. Pengujian konverter dengan menambahkan kontrol umpan balik tegangan pada konverter *Push-pull* menghasilkan nilai tegangan yang lebih stabil dibandingkan pengujian konverter tanpa umpan balik tegangan.

Kata kunci : Konverter Push-pull, IC TL494, umpan balik tegangan

Abstract

DC-DC Converter is the method of converting direct current electrical energy that used to change the level of the DC voltage. One of the example of isolated switching DC-DC converter is Push-Pull converter. A dc-dc converter must provide a regulated dc output voltage under varying load and input voltage conditions. Voltage-mode feedback control can be use to maintain constant output voltage level. This final project, the writer designed DC-DC Push-pull converter with voltage-mode feedback. PWM control in this final project uses IC TL494. From the result of the testing the converter without voltage-mode feedback, the 5% duty cycle has the average of the drop voltage about 15,05 V, 15% duty cycle has the average of the drop voltage about 7,74 V, and 25% duty cycle has the average of the drop voltage about 4,23 V under varying incandescent lamps load. In the other hand, the testing of the converter with the voltage-mode feedback has the average of the drop voltage about 1,39 V to the change under varying incandescent lamps load. So, the result of testing the output voltage of push-pull converter with the addition of the voltage-mode feedback is more stable than testing push-pull converter without voltage-mode feedback.

Keywords: push-pull converter, IC TL494, voltage-mode feedback

1. Pendahuluan

Konverter DC-DC merupakan salah satu metode konversi energi listrik arus searah (DC) yang umumnya digunakan untuk mengubah tingkat tegangan DC. Pada penelitian [1], dibahas konverter DC-DC tipe *Push-pull* sebagai pengisi akumulator. Pada penelitian tersebut, rangkaian kontrol PWM beserta umpan balik tegangan diterapkan dengan IC SG3525A. Pada penelitian [2], dibahas perancangan

konverter DC-DC tipe *Buck-boost Converter* dengan umpan balik tegangan dan rangkaian kontrol PWM dilakukan oleh IC TL494.

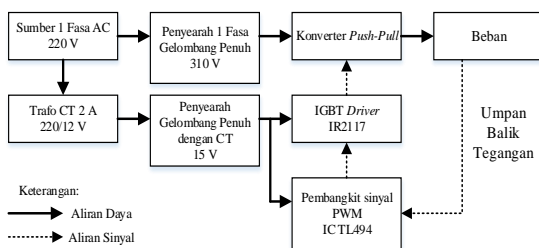
Pada penelitian ini, penulis merancang Konverter DC-DC tipe *Push-Pull* dengan umpan balik tegangan. Konverter DC-DC yang berkualitas mampu menghasilkan tegangan keluaran yang konstan terhadap perubahan beban dan perubahan tegangan masukan [3]. Kontrol PWM pada penelitian ini menggunakan IC TL494. IC TL494 dapat digunakan untuk menghasilkan PWM mode *push-pull* [4].

Tegangan keluaran konverter *Push-Pull* diumpanbalikan ke rangkaian kontrol IC TL494. Lebar pulsa PWM yang dihasilkan IC TL494 akan bersesuaian secara otomatis ketika menerima sinyal umpan balik tegangan. Tegangan keluaran dari konverter DC-DC tipe *Push-Pull* dengan umpan balik tegangan ini dihubungkan beban lampu pijar. Adapun tujuan utama dari pembuatan penelitian ini adalah mengimplementasikan konverter *Push-pull* dengan umpan balik tegangan berbasis IC TL494, menganalisis pengaruh umpan balik tegangan pada lebar pulsa PWM yang dihasilkan oleh rangkaian kontrol PWM IC TL494, dan menganalisis pengaruh umpan balik tegangan terhadap tegangan keluaran konverter.

Pada penelitian ini, tidak dibahas pengaruh kapasitansi parasitik pada lilitan trafo terhadap tegangan keluaran konverter. Kapasitansi parasitik trafo dapat disebabkan adanya kapasitansi antar lilitan trafo sisi sama, kapasitansi antar lapisan lilitan trafo sisi yang sama, dan kapasitansi antar lilitan sisi trafo yang berbeda [5].

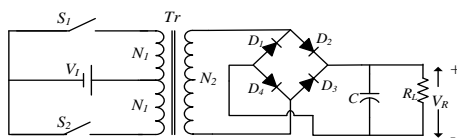
2. Metode

Perancangan penelitian ini terdiri dari rangkaian penyearah, rangkaian konverter *Push-pull*, dan rangkaian pembangkit sinyal PWM.



Gambar 1. Blok Diagram Alat

2.1. Konverter DC-DC tipe *Push-pull*



Gambar 2. Rangkaian Konverter *Push-pull*

Konverter *Push-pull* merupakan salah satu konfigurasi konverter DC-DC terisolasi. Konverter terisolasi menggunakan transformator untuk memisahkan sisi masukan dan sisi keluaran. Perbedaan konverter DC-DC tipe *Push-pull* dengan konverter DC-DC terisolasi lainnya adalah sisi primer dari transformator disuplai arus dari dua saklar daya (transistor) yang terhubung dengan sumber arus DC secara simetris [6]. Dua transistor tersebut dipicu bergantian sehingga menghasilkan aliran arus bolak-balik

menuju transformator. Setelah itu, seperti halnya konverter DC-DC terisolasi lainnya, tegangan keluaran transformator disearahkan dengan jembatan dioda penyearah gelombang penuh atau dua dioda penyearah dengan *Center Tap* (CT) bergantung pada konfigurasi lilitan sekunder transformator yang digunakan.

Rangkaian konverter *Push-pull* pada penelitian ini tersusun dari komponen-komponen berikut:

1. Sumber Tegangan DC (V_{in})
Sumber tegangan yang digunakan sebagai suplai daya konverter berasal dari keluaran rangkaian penyearah 1 fasa gelombang penuh tak terkontrol.
2. Saklar
Komponen pensaklaran yang digunakan pada konverter tersebut adalah IGBT. IGBT yang digunakan adalah G40N120 yang mampu menahan tegangan hingga 1200 V [7].
3. Trafo
Trafo pada penelitian ini digunakan untuk mengubah tingkat tegangan keluaran Konverter *Push-Pull*. Parameter tegangan masukan yang diharapkan bernilai 311 V dan tegangan keluaran yang diharapkan bernilai 220 V, trafo ini memiliki rasio lilitan 128 : 133.
4. Jembatan Dioda Penyearah
Dioda yang digunakan untuk membentuk jembatan dioda penyearah ini adalah dengan UF5408. Dioda ini dapat bekerja pada frekuensi tinggi dan mampu bekerja pada tegangan hingga 1000 V [8]. Digunakan 4 dioda UF5408 untuk merealisasikan konverter *Push-pull*.
5. Kapasitor
Nilai kapasitor yang digunakan pada rancangan konverter *Push-pull* ini adalah 220 μ F. Tegangan keluaran konverter penelitian ini sebesar 220 V. Mengacu pada rating tegangan yang tersedia di pasaran berdasarkan standar EIA (*Electronics Industry Association*), digunakan kapasitor bernilai 220 μ F dengan rating tegangan 450 V.

2.3. Rangkaian Kontrol Pembangkit Sinyal PWM dengan Umpan Balik Tegangan IC TL494.

Pada penelitian ini, sinyal PWM dihasilkan oleh IC TL494. IC TL494 dapat digunakan untuk kontrol umpan balik tegangan konverter *Push-pull*. Frekuensi PWM keluaran IC TL494 diatur oleh dua komponen *resistor timer* (R_T) dan *capacitor timer* (C_T) [9].

$$f_{osc} = \frac{1,1}{R_T \times C_T} \quad (1)$$

$$f_{osc(max)} = \frac{1,1}{8200 \cdot (1 \times 10^{-9})} \times \frac{1}{2} = 67073,17 \text{ Hz} \quad (R_{var} = 0 \text{ k}\Omega)$$

$$f_{osc(max)} = \frac{1,1}{58200 \cdot (1 \times 10^{-9})} \times \frac{1}{2} = 9450,17 \text{ Hz} \quad (R_{var} = 50 \text{ k}\Omega)$$

Pada perhitungan di atas, *range* frekuensi yang dapat dihasilkan IC TL494 dengan potensiometer pin R_T adalah

9450,17 Hz – 76073,17 Hz. Potensiometer tersebut dapat diatur untuk mendapatkan frekuensi 30000 Hz.

Umpan balik tegangan berfungsi untuk monitor tegangan keluaran konverter *Push-pull*. Dibutuhkan rangkaian pembagi tegangan keluaran konverter. Maka tegangan keluaran rangkaian pembagi tegangan keluaran konverter dihitung sebagai berikut:

$$V_{out} = V_{in} \cdot \left(\frac{R_4}{R_3 + R_4} \right) \quad (2)$$

$$V_{out} = 220 \cdot \left(\frac{56000}{1000000 + 56000} \right) = 11,66 \text{ V}$$

Tegangan keluaran pembagi tegangan menjadi masukan rangkaian umpan balik pin 1 IC TL494, maka perhitungan resistor R_1 dan R_2 adalah sebagai berikut [4]:

$$V_o = V_{ref} \left(1 + \frac{R_1}{R_2} \right) \quad (3)$$

$$11,66 = 5 \left(1 + \frac{R_1}{R_2} \right)$$

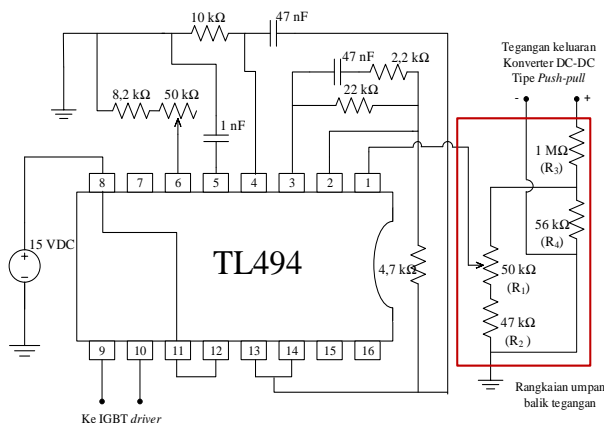
$$1,334R_2 = R_1$$

Dengan merealisasikan R_1 dengan potensiometer 50 kΩ, maka didapat R_2 sebagai berikut:

$$1,334R_2 = R_1$$

$$R_2 = \frac{50000}{1,334} = 37481,25 \Omega$$

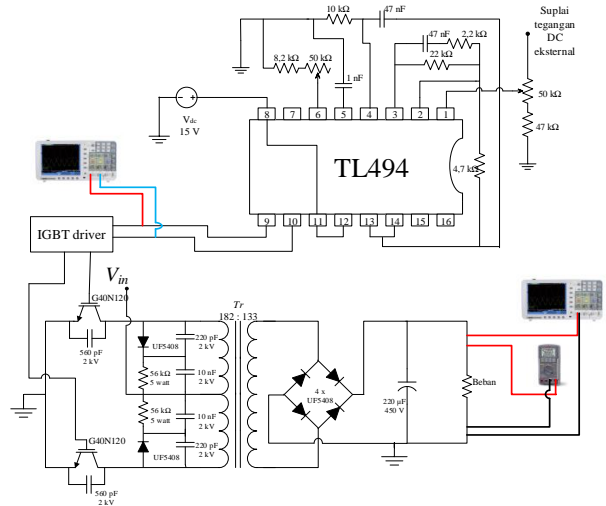
Mengacu pada nilai resistor yang tersedia di pasaran berdasarkan standar EIA (*Electronics Industry Association*), penulis menggunakan resistor 47 kΩ.



Gambar 3. Rangkaian Kontrol PWM IC TL494 dengan Umpan Balik Tegangan

3. Hasil dan Analisa

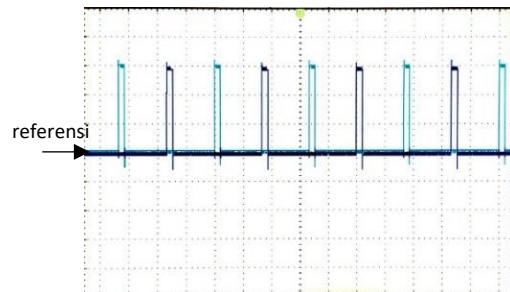
3.1. Pengujian Konverter *Push-pull* tanpa Umpan Balik Tegangan.



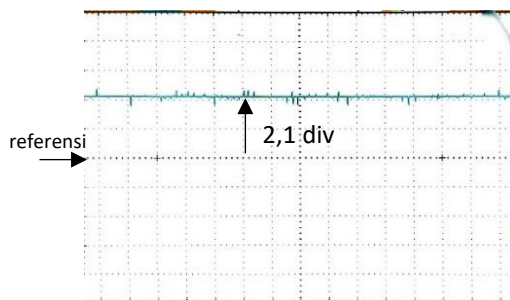
Gambar 4. Pengujian PWM keluaran IC TL494 tanpa Umpan Balik Tegangan

3.1.1. Variasi Duty Cycle = 5%

Berikut merupakan PWM untuk pengujian tanpa umpan balik tegangan $D = 5\%$.



Gambar 5. PWM IC TL494 pengujian konverter tanpa umpan balik tegangan $D = 5\%$. $v/div = 5 \text{ V}$, $t/div = 10 \mu\text{s}$.



Gambar 6. Tegangan DC keluaran pengujian konverter tanpa umpan balik tegangan $D = 5\%$. Beban lampu pijar 15 W. $v/div = 200 \text{ V}$, $t/div = 100 \text{ ms}$.

Sementara itu, tegangan yang terbaca pada multimeter senilai 206,3 V. Dengan memvariasikan beban lampu pijar, didapatkan data pengujian konverter *Push-pull* tanpa umpan balik tegangan variasi $D = 5\%$ sebagai berikut:

Tabel 1. Pengujian konverter tanpa umpan balik tegangan, $D = 5\%$

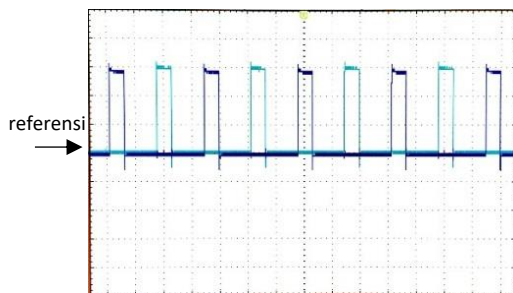
Duty Cycle (%)	Beban Lampu (Watt)	Tegangan DC masukan (Volt)	Tegangan DC keluaran (Volt)
5	15	324,30	206,03
5	30	322,20	179,43
5	45	321,60	160,80
5	60	321,20	154,19
5	75	320,50	145,89

Berdasarkan Tabel 1, terlihat terdapat perubahan nilai tegangan terhadap penambahan beban lampu pijar. Saat penambahan beban dari 15 W menjadi 30 W, terdapat penurunan tegangan 26,6 V. Pada saat penambahan beban 30 W menjadi 45 W, terdapat penurunan tegangan 18,63 V. Pada saat penambahan beban 45 W menjadi 60 W, terdapat penurunan tegangan sebesar 6,61 V. Sementara itu, saat penambahan beban 60 W menjadi 75 W, terdapat selisih tegangan sebesar 8,36 V. Sehingga rata-rata selisih tegangan pengujian tegangan keluaran konverter DC-DC tipe *push-pull* tanpa umpan balik tegangan variasi *duty cycle* 5% sebagai berikut:

$$\Delta \bar{V} = \frac{26,6 + 18,63 + 6,61 + 8,36}{4} = 15,05 \text{ V}$$

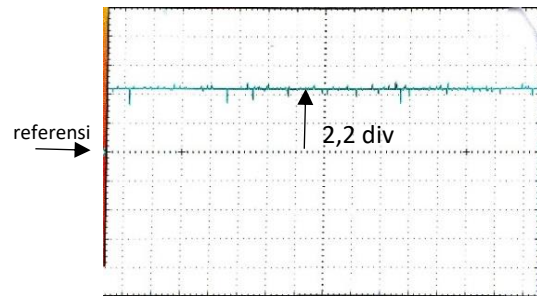
3.1.2. Variasi Duty Cycle = 15%

Berikut merupakan gelombang PWM IC TL494 pengujian konverter tanpa umpan balik tegangan variasi *duty cycle* 15%.



Gambar 7. PWM IC TL494 pengujian konverter tanpa umpan balik tegangan $D = 15\%$. $v/div = 5 \text{ V}$, $t/div = 10 \mu\text{s}$.

Bentuk gelombang tegangan DC keluaran konverter DC-DC tipe *Push-pull* tanpa umpan balik tegangan dengan beban lampu pijar 15 W variasi *duty cycle* 15% sebagai berikut.



Gambar 8. Tegangan pengujian konverter tanpa umpan balik tegangan $D = 15\%$. $v/div = 200 \text{ V}$, $t/div = 100 \text{ ms}$.

Tegangan terbaca pada multimeter 223,02 V. Dengan memvariasikan beban, didapatkan data pengujian tanpa umpan balik tegangan variasi $D = 15\%$ sebagai berikut:

Tabel 2. Pengujian tanpa umpan balik tegangan, $D = 15\%$

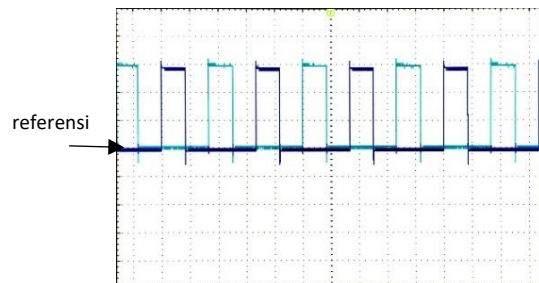
Duty Cycle (%)	Beban Lampu (Watt)	Tegangan DC masukan (Volt)	Tegangan DC keluaran (Volt)
15	15	322,50	223,02
15	30	322,02	214,70
15	45	321,60	208,52
15	60	321,30	198,25
15	75	320,80	192,03

Berdasarkan Tabel 2, saat penambahan beban dari 15 W menjadi 30 W, terdapat penurunan tegangan sebesar 8,32 V. Pada saat penambahan beban 30 W menjadi 45 W, terdapat penurunan tegangan sebesar 6,18 V. Pada saat penambahan beban 45 W menjadi 60 W, terdapat penurunan tegangan sebesar 10,27 V. Sementara itu, saat penambahan beban 60 W menjadi 75 W, terdapat selisih tegangan sebesar 6,22 V.

$$\Delta \bar{V} = \frac{8,32 + 6,18 + 10,27 + 6,22}{4} = 7,74 \text{ V}$$

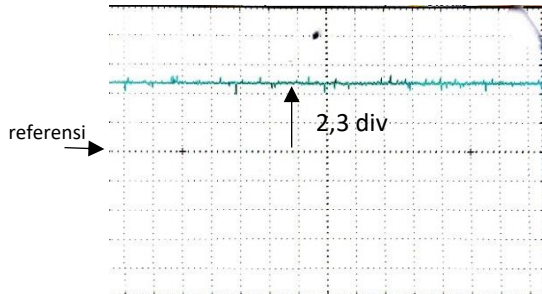
3.1.3. Variasi Duty Cycle = 25%

Berikut merupakan PWM pengujian konverter tanpa umpan balik tegangan variasi *duty cycle* 25%.



Gambar 9. PWM IC TL494 pengujian konverter tanpa umpan balik tegangan $D = 25\%$. $v/div = 5 \text{ V}$, $t/div = 10 \mu\text{s}$.

Bentuk gelombang tegangan DC keluaran konverter DC-DC tipe *push-pull* tanpa umpan balik tegangan dengan beban lampu pijar 15 W variasi *duty cycle* 25% sebagai berikut.



Gambar 10. Tegangan DC keluaran pengujian konverter tanpa umpan balik tegangan $D = 25\%$. $v/div = 200\text{ V}$, $t/div = 100\text{ ms}$.

Tegangan yang terbaca pada multimeter senilai 223,02 V. Didapatkan data pengujian tanpa umpan balik tegangan variasi *duty cycle* 15% terhadap perubahan beban lampu pijar sebagai berikut:

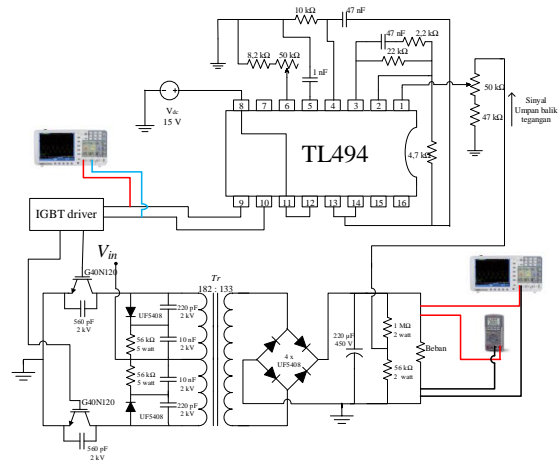
Tabel 3. Data pengujian konverter tanpa umpan balik tegangan, $D = 25\%$

Duty Cycle (%)	Beban Lampu (Watt)	Tegangan DC masukan (Volt)	Tegangan DC keluaran (Volt)
25	15	322,60	225,60
25	30	322,42	219,56
25	45	321,60	216,73
25	60	321	211,62
25	75	320,55	208,70

Berdasarkan Tabel 3, saat penambahan beban dari 15 W menjadi 30 W, terdapat penurunan tegangan sebesar 8,04 V. Pada saat penambahan beban 30 W menjadi 45 W, terdapat penurunan tegangan sebesar 2,83 V. Pada saat penambahan beban 45 W menjadi 60 W, terdapat penurunan tegangan sebesar 5,11 V. Sementara itu, saat penambahan beban 60 W menjadi 75 W, terdapat selisih tegangan sebesar 2,92 V. Sehingga rata-rata selisih tegangan variasi $D = 25\%$ sebagai berikut:

$$\Delta \bar{V} = \frac{6,04 + 2,83 + 5,11 + 2,92}{4} = 4,23\text{ V}$$

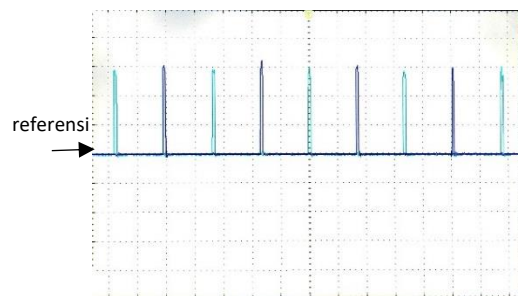
3.2 Pengujian Konverter DC-DC tipe *Push-pull* dengan Umpan Balik Tegangan.



Gambar 11. Pengujian PWM keluaran IC TL494 dengan Umpan Balik Tegangan

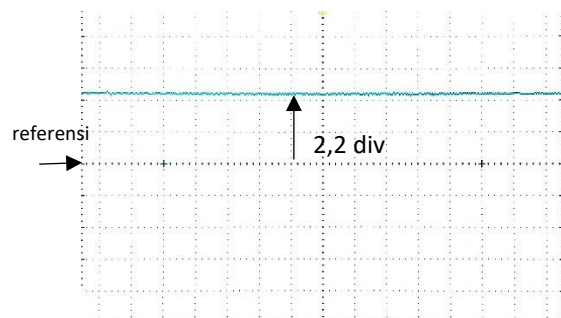
A. Beban Lampu Pijar 15 W

Berikut merupakan PWM keluaran IC TL494 ketika konverter dibebani lampu pijar 15 W.



Gambar 12. Gelombang sinyal PWM ketika dibebani lampu 15 W. $v/div = 5\text{ V}$, $T/div = 10\text{ }\mu\text{s}$

Pada Gambar 12, terlihat gelombang PWM yang dihasilkan memiliki *duty cycle* 4,2%. Besaran *duty cycle* tersebut merupakan hasil respon IC TL494 terhadap tegangan keluaran konverter ketika dibebani lampu pijar 15 W.

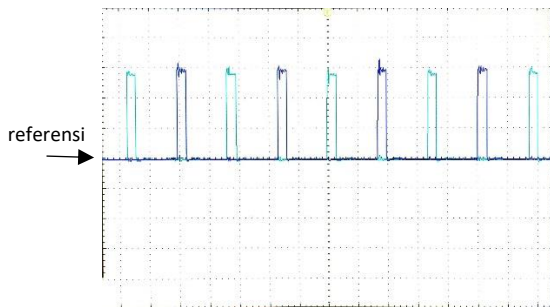


Gambar 13. Gelombang tegangan keluaran, beban 15 W. $v/div = 20\text{ V}$, $T/div = 1\text{ ms}$

Gambar 13 merupakan gelombang tegangan keluaran konverter dengan umpan balik tegangan ketika dibebani lampu pijar 15 watt. Sementara itu, tegangan yang terbaca pada multimeter sebesar 224,01 volt.

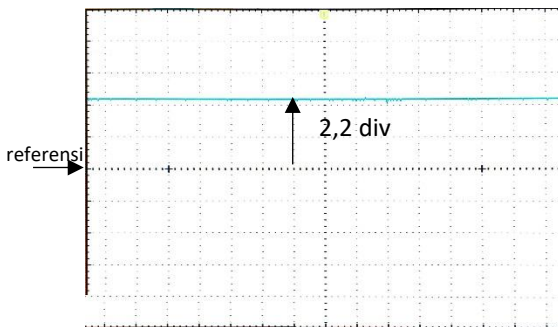
B. Beban Lampu Pijar 30 W

Berikut merupakan gelombang PWM keluaran IC TL494 hasil respon umpan balik tegangan ketika konverter dibebani lampu pijar 30 W.



Gambar 14. Gelombang sinyal PWM ketika dibebani lampu 30 W. $v/div = 5 V$, $T/div = 10 \mu s$

Pada Gambar 14, terlihat gelombang PWM yang dihasilkan memiliki *duty cycle* 7,7%. Besaran *duty cycle* tersebut merupakan hasil respon IC TL494 terhadap tegangan keluaran konverter ketika dibebani lampu pijar 30 W.

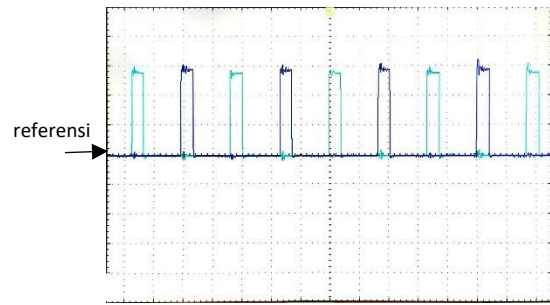


Gambar 15. Gelombang tegangan keluaran, beban 30 W. $v/div = 20 V$, $T/div = 1 ms$

Gambar 15 merupakan gelombang tegangan keluaran konverter dengan umpan balik tegangan ketika dibebani lampu pijar 30 watt. Sementara itu, tegangan yang terbaca pada multimeter digital sebesar 224,01 volt.

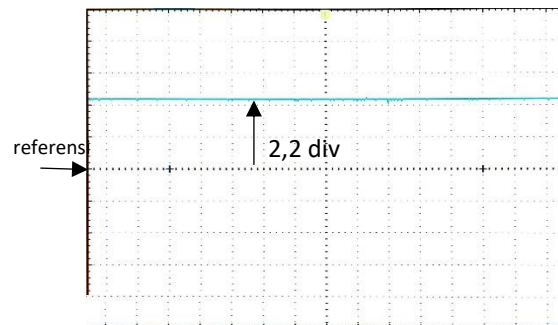
C. Beban Lampu Pijar 45 W

Berikut merupakan gelombang PWM keluaran IC TL494 ketika konverter dibebani lampu pijar 45 W pada mode dengan umpan balik tegangan



Gambar 16. Gelombang sinyal PWM ketika dibebani lampu 45 W. $v/div = 5 V$, $T/div = 10 \mu s$

Pada Gambar 16, terlihat gelombang PWM yang dihasilkan memiliki *duty cycle* 11,2%. Besaran *duty cycle* tersebut merupakan hasil respon IC TL494 terhadap tegangan keluaran konverter ketika dibebani lampu pijar 45 W.

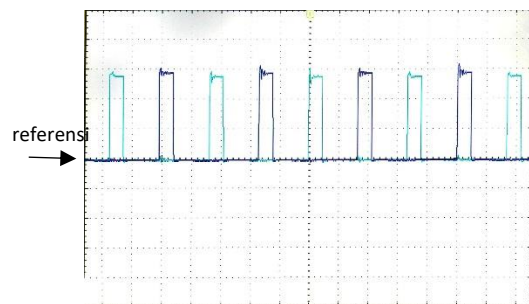


Gambar 17. Gelombang tegangan keluaran, beban 45 W. $v/div = 20 V$, $T/div = 1 ms$

Gambar 17 merupakan gelombang tegangan keluaran konverter dengan umpan balik tegangan ketika dibebani lampu pijar 45 watt. Sementara itu, tegangan yang terbaca pada multimeter digital sebesar 219,95 volt.

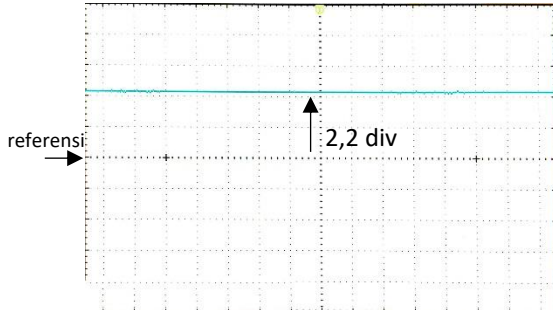
D. Beban Lampu Pijar 60 W

Berikut merupakan PWM keluaran IC TL494 ketika konverter dibebani lampu pijar 60 W.



Gambar 18. Gelombang sinyal PWM ketika dibebani lampu 60 W. $v/div = 5 V$, $T/div = 10 \mu s$

Pada Gambar 18, terlihat PWM yang dihasilkan memiliki *duty cycle* 13,5%. Besaran *duty cycle* tersebut merupakan hasil respon IC TL494 terhadap tegangan keluaran konverter ketika dibebani lampu pijar 45 W.

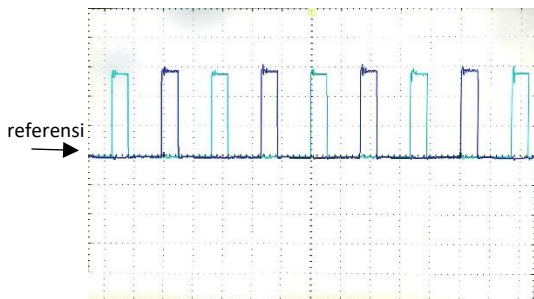


Gambar 19. Gelombang tegangan keluaran, beban 60 W. $v/div = 20\text{ V}$, $T/div = 1\text{ ms}$

Gambar 19 merupakan gelombang tegangan keluaran konverter dengan umpan balik tegangan ketika dibebani lampu pijar 60 watt. Sementara itu, tegangan yang terbaca pada multimeter digital sebesar 219,02 volt.

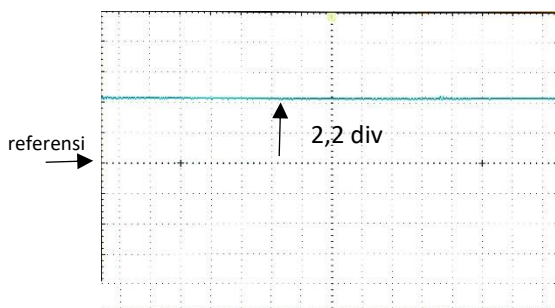
E. Beban Lampu Pijar 75 W

Berikut merupakan PWM keluaran IC TL494 ketika konverter dibebani lampu pijar 75 W.



Gambar 20. Gelombang sinyal PWM ketika dibebani lampu 75 W. $v/div = 5\text{ V}$, $T/div = 10\text{ }\mu\text{s}$

Pada Gambar 20, terlihat gelombang PWM memiliki *duty cycle* 16,4%. Besaran *duty cycle* tersebut merupakan hasil respon IC TL494 terhadap tegangan keluaran konverter ketika dibebani lampu pijar 75 W.



Gambar 21. Gelombang tegangan keluaran, beban 75 W. $v/div = 20\text{ V}$, $T/div = 1\text{ ms}$

Gambar 21 merupakan gelombang tegangan keluaran konverter dengan umpan balik tegangan ketika dibebani lampu pijar 75 watt. Sementara itu, tegangan yang terbaca pada multimeter digital sebesar 218,45 volt.

Berdasarkan pengujian konverter dengan umpan balik tegangan variasi beban lampu pijar 15 W, 30 W, 45 W, 60 W, dan 75 W, didapatkan data akumulatif terhadap perubahan beban sebagai berikut.

Tabel 4. Hasil pengujian konverter DC-DC tipe *Push-pull* dengan umpan balik tegangan

Beban Lampu (Watt)	Tegangan DC masukan (Volt)	Tegangan DC keluaran (Volt)	Duty Cycle PWM (%)
15	322,60	224,01	4,2
30	322,30	222,02	7,7
45	321,54	219,95	11,2
60	321,29	219,02	13,5
75	320,78	218,45	16,4

Tabel 4 menunjukkan tegangan keluaran dari konverter DC-DC tipe *Push-pull* dengan umpan balik tegangan. Terlihat masih adanya perubahan nilai tegangan saat penambahan beban. Penurunan tegangan ini disebabkan karena adanya *offset* tegangan masukan komparator IC TL494 [9].

Pada Tabel 4, terlihat perubahan *duty cycle* PWM terhadap penambahan beban. Hal tersebut disebabkan saat penambahan beban, terjadi penurunan tegangan konverter yang mempengaruhi nilai tegangan masukan pin 1 IC TL494. Kondisi ini memicu IC TL494 untuk mengeluarkan PWM dengan *duty cycle* kerja yang lebih besar.

Pada saat Penambahan beban dari 15 W menjadi 30 W, terdapat selisih tegangan keluaran sebesar 1,99 V. Pada saat penambahan beban 30 W menjadi 45 W, terdapat selisih tegangan DC keluaran sebesar 2,07 V. Pada saat penambahan beban 45 W menjadi 60 W, terdapat penurunan tegangan sebesar 0,93 V. Sementara itu, saat penambahan beban 60 W menjadi 75 W, terdapat selisih sebesar 0,57 V. Rata-rata selisih tegangan pengujian tegangan keluaran konverter *push-pull* dengan umpan balik tegangan sebagai berikut:

$$\Delta \bar{V} = \frac{1,99 + 2,07 + 0,93 + 0,57}{4} = 1,39\text{ V}$$

Dari perhitungan di atas, konverter dengan umpan balik tegangan memiliki nilai rata-rata penurunan tegangan yang lebih rendah dibandingkan konverter tanpa umpan balik tegangan.

4. Kesimpulan

Pada pengujian tegangan keluaran konverter DC-DC tipe *Push-pull* tanpa umpan balik tegangan, nilai rata-rata penurunan tegangan keluaran terhadap perubahan beban lampu pijar 15 W, 30 W, 45 W, 60 W, dan 75 bernilai 15,05 V untuk variasi *duty cycle* 5%, 7,74 V untuk variasi *duty cycle* 15%, dan 4,23 V untuk variasi *duty cycle* 25%. Pada pengujian tegangan keluaran konverter DC-DC tipe *Push-pull* dengan umpan balik tegangan, nilai rata-rata penurunan tegangan keluaran konverter terhadap perubahan beban lampu pijar 15 W, 30 W, 45 W, 60 W, dan 75 bernilai 1,39 V. Dapat disimpulkan konverter dengan umpan balik tegangan menghasilkan nilai tegangan keluaran yang lebih stabil daripada pengujian tanpa umpan balik tegangan.

Pada pengujian tegangan keluaran konverter DC-DC tipe *Push-pull* dengan umpan balik tegangan, *duty cycle* PWM keluaran IC TL494 saat dibebani lampu pijar 15 W sebesar 4,2%. Pada saat dibebani lampu pijar 30 W, *duty cycle* PWM keluaran IC TL494 sebesar 7,7%. Saat dibebani lampu pijar 45 W, *duty cycle* PWM keluaran IC TL494 sebesar 11,2%. Saat dibebani lampu pijar 60 W, *duty cycle* PWM keluaran IC TL494 sebesar 13,5%. Sementara itu, saat dibebani lampu pijar 75 W, *duty cycle* PWM keluaran IC TL494 sebesar 16,4%. Maka dari itu, dengan adanya penambahan beban lampu pijar pada konverter DC-DC tipe *Push-pull* dengan umpan balik tegangan menyebabkan semakin besar pula *duty cycle* PWM keluaran IC TL494.

Referensi

- [1] A. D. N, M. Facta, dan A. Nugroho, "Aplikasi konverter jenis push-pull dengan relai pemutus otomatis sebagai pengisi akumulator."
- [2] M. A. Juarsah, M. Facta, dan A. Nugroho, "PERANCANGAN DC CHOPPER TIPE BUCK-BOOST CONVERTER PENGUATAN UMPAN BALIK IC TL 494."
- [3] M. H. Rashid, POWER ELECTRONICS Academic Press Series in Engineering. 2001.
- [4] Texas Instruments, TL494 Pulse-Width-Modulation Control Circuits. Texas Instruments, 2015.
- [5] C. W. M. T. Mcllyman, Transformer and Inductor Design Handbook, Third Edit. California: Kg Magnetics, Inc, 2011.
- [6] R. Vignesh, P. Madhavaraj, dan S. Gomathi, "Soft-Switching Design of Isolated Boost Converter with Coupled Inductor," vol. 4, no. V, hal. 154–159, 2016.
- [7] Fairchild Semiconductor, FGL40N120ANTD Package Marking and Ordering Information, no. May. 2008.
- [8] Vishay General Semiconductor, "UF5400 Thru UF5408: Soft Recovery Ultrafast Plastic Rectifier DO-201AD," hal. 1–4, 2016.
- [9] SWITCHMODE™ Pulse Width Modulation Control Circuit. Phoenix: ON Semiconductor, 2005.