



PERANCANGAN BUCK CONVERTER 24VDC-12VDC DENGAN KAPASITAS 500W BERBASIS TL494

DENI SETIAWAN H¹, SYAHRIAL¹

¹Institut Teknologi Nasional
Email : denisetiawanhermawan@gmail.com

ABSTRAK

Buck converter merupakan salah satu sistem penurun tegangan dengan dalam sistem elektronika daya yang mana memiliki keunggulan efisiensi yang tinggi dibandingkan jenis penurun tegangan lain. Beberapa masalah yang sering ditemui dimana ketidakstabilan buck converter untuk menghandle beban yang besar. Penelitian disini melakukan perancangan sistem buck converter 24VDC ke 12VDC dengan kapasitas beban maksimal 500W berbasis TL494 sebagai IC kontrol guna menyesuaikan besar duty cycle yang dikeluarkan dengan beban yang terhubung menggunakan software PROTEUS ISIS. Metoda yang digunakan yaitu melihat perubahan duty cycle yang dihasil dengan variasi beban yang dimulai dari 100W hingga 500W. hasil yang didapatkan dimana duty cycle yang dihasilkan dengan penggunaan TL494 sebagai pengontrol menghasilkan 66.38% dibeban rendah dan 74.97% pada pembebanan maksimal dengan efisiensi maksimal sebesar 93.59% di pembebanan 100W .

Kata kunci: buck converter, variasi beban, duty cycle, TL494, efisiensi

ABSTRACT

Buck converter is a voltage-lowering system with a power electronics system which has the advantage of high efficiency compared to other types of lowering voltages. Some of the problems that are often encountered are the instability of the buck converter to handle large loads. The research here is to design a 24VDC to 12VDC buck converter system with a maximum load capacity of 500W based on TL494 as a control IC to adjust the amount of duty cycle issued with the connected load using the PROTEUS ISIS software. The method used is to see changes in the duty cycle produced with variations in load starting from 100W to 500W. The results obtained where the duty cycle generated by using TL494 as a controller produces 66.38% at low load and 74.97% at maximum loading with a maximum efficiency of 93.59% at 100W loading.

Keywords: buck converter, load variation, duty cycle, TL494, efficiency

1. PENDAHULUAN

Converter DC-DC dapat dibagi menjadi 2 tipe utama yaitu *hard-switching pulse width modulation converter* dan *resonant and soft-switching converter*. PWM converter sangat populer untuk tiga puluh tahun terakhir. Pada elektronika daya, tegangan DC bisa dihasilkan pada nilai yang berbeda dari sebuah sumber dengan sebuah tegangan masukan DC tertentu. Metode paling umum untuk menghasilkan tegangan DC bervariasi dari sebuah sumber DC dengan menggunakan sebuah *DC Chopper* sebagai konverter. Diantara beberapa topologi *DC Chopper*, *buck converter* adalah sirkuit umum yang dipilih untuk dibuat karena mempunyai efisiensi tinggi, rangkaiannya sederhana, dan ripple tegangan keluaran rendah bagaimanapun juga penelitian tentang karakteristik seperti pada saat arus *continuous* atau tidak, hubungan antara variabel *duty cycle* terhadap mode operasi dan respon tegangan keluaran dengan variasi beban jarang ditemukan secara detail pada referensi sebelumnya **(Setiawan, dkk., 2015)**.

Konverter ini sangat luas digunakan pada semua level daya. Topologi dan sifat dari *PWM converter* sangat baik dimengerti dan dijelaskan pada literature. Keuntungan dari *PWM converter* termasuk perhitungan komponen yang kecil, efisiensi tinggi, pengoperasian pada frekuensi konstan, relatif mudah dikendalikan, kemampuan untuk mencapai rasio konversi yang besar untuk aplikasi *step-down* dan *step-up*. Konverter dc-dc disebut juga dc chopper. Ada empat dasar topologi konverter dc-dc yaitu *buck converter*, *boost converter*, *buck-boost converter* dan *cuk converter* **(Rashid, 2001)**.

Buck converter merupakan salah satu konverter yang menghasilkan tegangan atau arus DC yang dapat diatur sesuai dengan keinginan. Sumber tegangan dan arus *buck converter* berasal dari *power supply* atau baterai. *Buck converter* merupakan rangkaian elektronika daya yang berfungsi menurunkan tegangan DC sesuai dengan kebutuhan pengguna **(Satiawan, dkk., 2018)**.

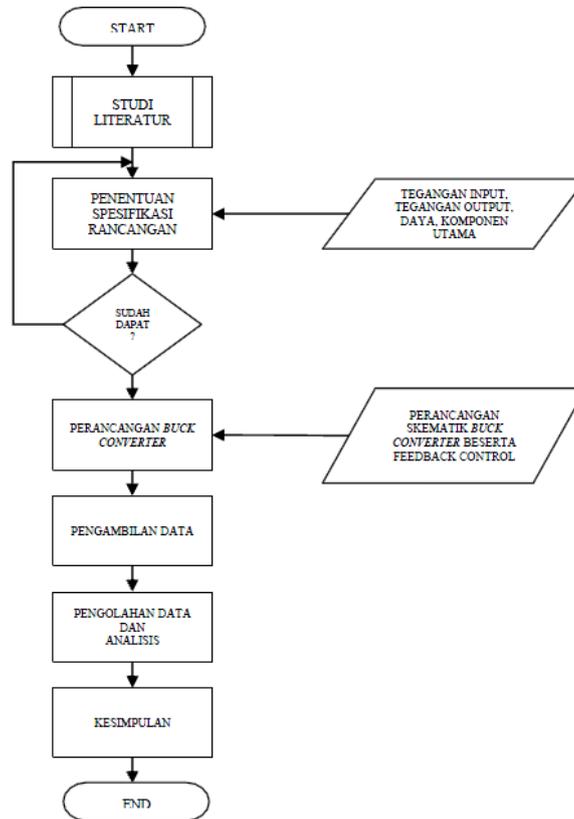
Dalam penelitian yang dilakukan **(Cahyadi, dkk., 2017)** dimana dengan perancangan *buck converter* dengan umpan balik TL494 menggunakan beban aki mendapatkan tegangan rata2 14.68 volt dengan efisiensi sebesar 92.45%. Pada pengujian objek aki sebagai beban, respon tegangan keluaran *buck converter* dengan umpan balik tegangan mengikuti kondisi tegangan terminal aki. Hal ini karena aki merupakan catu daya arus searah murni.

Dalam penelitian yang dilakukan **(Padillah, dkk., 2014)** dimana perancangan *boost converter* berbasis ATMEGA 8535 yang dirancang untuk mengeluarkan tegangan 48 volt dengan beban berjenis *rheostat* dimana pengukuran dilakukan disisi *input* dan *output* saat terjadi perubahan beban. Dengan hasil akhir didapat efisiensi dari setiap perubahan beban yang berimbang pada perubahan *duty cycle*. Dengan pengujian tersebut didapat hasil dimana pada pengujian berbeban didapat nilai tegangan terbesar pada *duty cycle* 35% dengan beban 100Ω sebesar 31,21 volt.

Dari penelitian yang telah dilakukan dimana pengaruh terjadinya pengaruh perubahan *duty cycle* terhadap perubahan beban dimana juga berkaitan dengan efisiensi yang dihasilkan oleh sistem *buck converter*. Tulisan ini akan memaparkan pengaruh perubahan beban berjenis resistif terhadap *duty cycle* dan efisiensi yang dihasilkan menggunakan sistem pengontrol berbasis IC TL494.

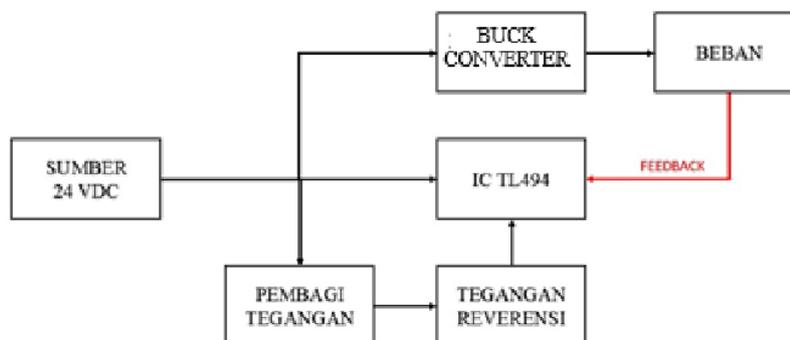
2. METODOLOGI

Proses penelitian yang dilakukan menggunakan langkah-langkah sistematis yang disusun dalam metodologi penelitian, diantaranya yaitu studi literatur, pengumpulan data, pengolahan data, analisa, dan kesimpulan. Metodologi penelitian ini dijelaskan melalui alir diagram yaitu sebagai berikut :



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Berikut ini merupakan blok diagram sistem kerja dari perancangan buck converter 24VDC – 12VDC kapasitas 500W berbasis TL494 :



Gambar 2. Blok Diagram pemrosesan buck converter berbasis TL494

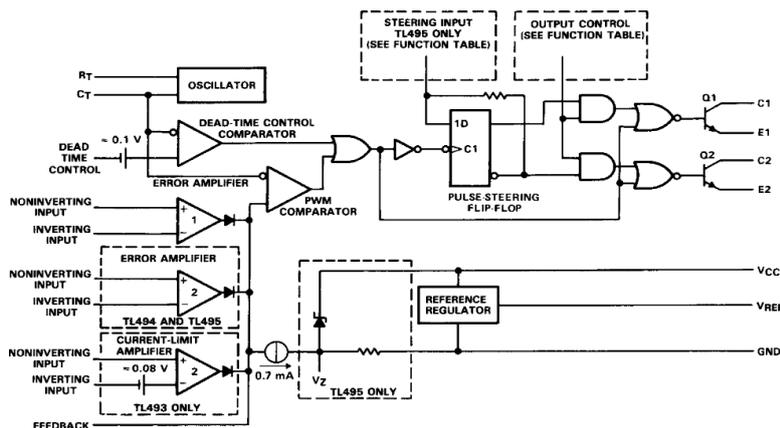
Perancangan tersebut menggunakan sumber 24VDC sebagai tegangan primer sekaligus sumber tegangan untuk pengontrol. Tegangan referensi yang digunakan sebesar 12VDC dimana diambil dengan menggunakan pembagi tegangan dari tegangan sumber.

2.1 DC Chopper

DC Chopper merupakan salah satu jenis rangkaian elektronika daya yang berfungsi untuk mengkonversi tegangan masukan searah konstan menjadi tegangan keluaran searah yang dapat divariasikan dengan mengatur rangkaian kontrolnya. *DC Chopper* terdiri dari beberapa konfigurasi yang sering digunakan yaitu *buck*, *boost*, *buckboost*, *sepic* dan cuk (Kim, dkk., 1998).

2.2 TL494

TL494 adalah suatu Rangkaian kontrol *fixed-frequency pulse-width-modulation* (PWM). Keluaran pulsa Modulasi akan terpenuhi dengan membandingkan *sawtooth* dari bentuk gelombang yang di bangkitkan oleh internal osilator berdasarkan besaran *capacitor timing* (CT) dengan dua sinyal kendali. Langkah keluaran adalah yang dimungkinkan selama ketika *sawtooth voltage* adalah lebih besar dibanding tegangan isyarat kendali (Texas Instrumen, 2011).



Gambar 3. Blok Diagram IC TL494

2.3 Penentuan Spesifikasi Rancangan

Komponen utama pada rangkaian *buck converter* ini antara lain induktor, dioda, kapasitor dan MOSFET. Parameter dari ai yang akan dibuat yaitu:

- Tegangan Input : 24VDC
- Tegangan Output : 12VDC
- Duty Cycle : 50%
- Frequency Switching : 10KHz

Dari parameter-parameter diatas penentuan nilai induktor yang digunakan menggunakan rumus :

$$L = (Vin \times Vout) \times \frac{t_{on}}{\Delta i_L} \tag{1}$$

$$\Delta i_L = 10\% \times i_{out} \quad (2)$$

Dari rumus persamaan (1) didapat nilai induktor yang digunakan dalam perancangan menurut parameter yang telah ditentukan sebesar 3.46mH

Selanjutnya melakukan penentuan nilai kapasitor yang digunakan dimana menggunakan rumus sebagai berikut :

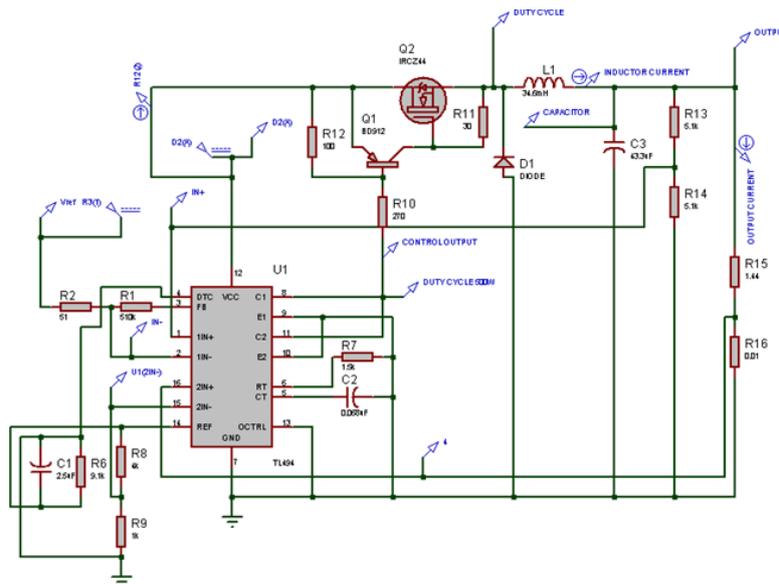
$$C = \frac{\Delta i_L}{8 \times f \times \Delta v_{out}}$$

(3)

Dengan menggunakan persamaan (3) didapat nilai kapasitor yang digunakan dalam perancangan ini sebesar 433µF.

Untuk komponen penyalur sendiri menggunakan MOSFET tipe IRFZ44 yang mempunyai tegangan *Breakdown Drain-Source* V_{DS} adalah 60 volt dan kemampuan arus *drain* maksimal 50 ampere, sehingga pemakaian MOSFET tipe IRFZ44 ini aman untuk dipakai.

Jenis dioda yang digunakan pada rangkaian ini bertipe MUR460. Dioda ini dipilih karena mempunyai sifat *ultrafast recovery* dengan waktu pemulihan 75ns.



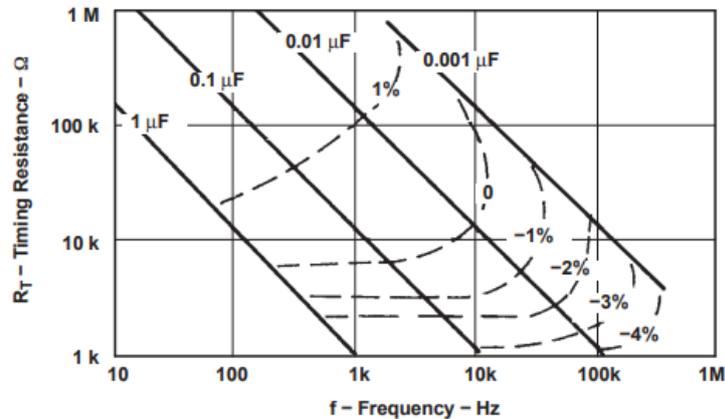
Gambar 4. Skematik Rangkaian *Buck Converter* Berbasis TL494

2.4 Perancangan Sistem Pengontrol

PWM atau *Pulse Width Modulation* digunakan untuk pengontrolan MOSFET. MOSFET pemecutan ini untuk mengubah MOSFET menjadi saklar berfrekwensi tinggi dimana proses pensaklaran ini diaplikasikan dengan T-on (waktu saat *switch* tertutup) dan T (waktu satu periode pulsa) atau disebut *Duty Cycle*. Nilai frekuensi osilasi IC TL494 diatur oleh dua komponen yang dihubungkan dengan kaki 5 *resistor timing* (RT) dan kaki 6 *Capacitor timing* (CT). dalam penentuan nilai frekwensi osilator seperti parameter diatas yaitu sebesar 10KHz menggunakan rumus :

$$f_{ocs} = \frac{1}{RT \times CT} \quad (4)$$

Dengan menggunakan persamaan (4) dimana nilai CT ditentukan terlebih dahulu dengan melihat grafik pada gambar 3. Dalam penentuannya diharapkan untuk menentukan nilai *capacitor timing* (CT) dengan membaca grafik dibawah sehingga *ramp signal* yang dikeluarkan biasa stabil.



Gambar 5. Oscillator Frequency vs RT/CT

Dengan menentukan nilai CT dimana besar *capacitor timing* yang digunakan untuk frekwensi osilasi sebesar 10kHz yaitu 0,1μF, sehingga nilai *resistor timing* dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan (4) dimana nilai RT tersebut yaitu 2kΩ.

Perancangan pengontrol yang digunakan adalah umpan balik tegangan. Umpan balik tegangan berfungsi untuk memonitor tegangan keluaran *buck converter*. Terdapat resistor pembagi tegangan yang berfungsi sebagai sensor tegangan keluaran *buck converter*. Tegangan yang dikeluarkan dari sensor tegangan akan dibandingkan dengan tegangan referensi untuk menghasilkan nilai *duty cycle* yang dikirimkan ke *gate* MOSFET.

2.5 Beban

Pada perancangan ini menggunakan jenis beban resistif dengan metoda percobaan menggunakan variasi beban yang berbeda guna mengetahui perubahan *duty cycle* yang dihasilkan TL494 dengan pengontrol tegangan serta efisiensi yang didapat dari berbagai variasi beban. Pembebanan maksimal dari perancangan ini sebesar 500W. variasi beban yang digunakan yaitu:

Tabel 1. Variasi Beban yang Digunakan pada Percobaan

BEBAN	RESISTANSI
100W	0.288Ω
200W	0.36Ω
300W	0.48Ω
400W	0.72Ω
500W	1.44Ω

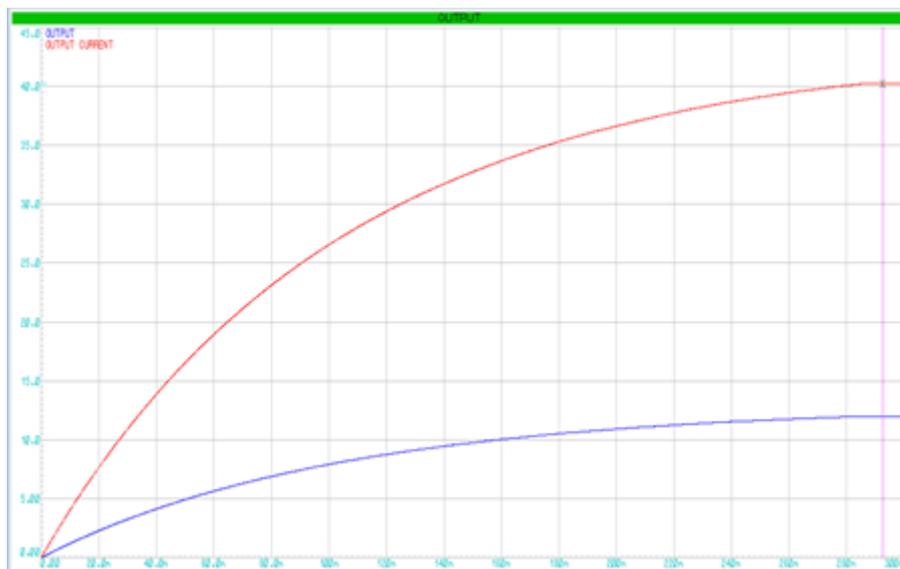
3. HASIL DAN ANALISA

Pada perhitungan *buck converter* ini beberapa data yang diambil untuk dijadikan referensi untuk hasil simulasi dimana data yang dihitung adalah sebagai berikut :

Tabel 2. Hasil Perhitungan *Buck Converter*

PERHITUNGAN						
BEBAN (W)	RESISTANSI (Ω)	TEGANGAN INPUT (V)	TEGANGAN OUTPUT (V)	ARUS OUTPUT (A)	DUTY CYCLE (%)	DAYA OUTPUT (W)
500	0.288	24	12	41.67	50.00%	500
400	0.36	24	12	33.33	50.00%	400
300	0.48	24	12	25.00	50.00%	300
200	0.72	24	12	16.67	50.00%	200
100	1.44	24	12	8.33	50.00%	100

Dari hasil perhitungan tersebut akan dibandingkan dengan hasil perancangan dan simulasi pada *software* Proteus Isis 8.1 yang mana dalam hasil pengukuran simulasi adalah sebagai berikut :



Gambar 6. Grafik Pengukuran Arus dan Tegangan Keluaran Pembebanan 500W

Tegangan keluaran yang didapatkan dari hasil perancangan diatas dimana tegangan dapat stabil di angka 12VDC dengan arus 41.55A yang mana arus tersebut kurang dari hasil perhitungan dimana karena adanya *Resistor sensing* pada sisi output yang diseri dengan beban untuk sebagai pengaman arus lebih ke beban sehingga menambah nilai resistansi sebanyak nilai *Resistor sensing* yang dipasang. Nilai *resistor sensing* yang dipasang yaitu 0.01Ω sehingga nilai beban bertambah menjadi 0.298Ω dan menurunkan nilai arus pada output.

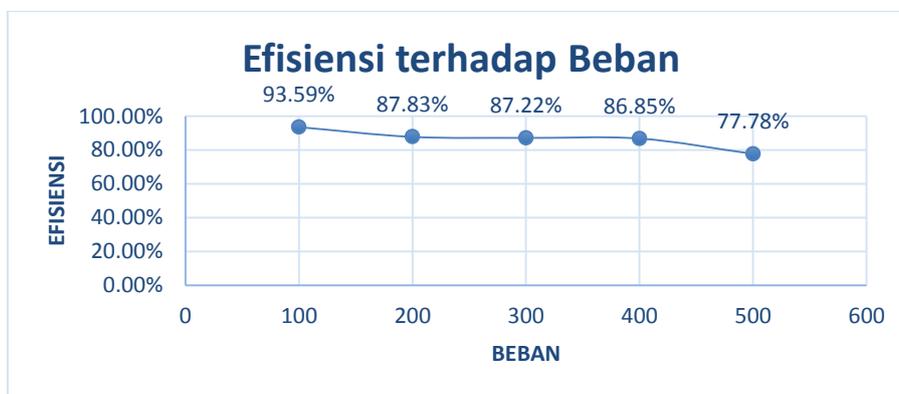
Hasil dari pengukuran pada masing-masing variasi beban yang dipasang seperti data diatas adalah sebagai berikut :

Tabel 3. Hasil Pengukuran *Buck Converter*

SIMULASI								
BEBAN (Watt)	TEGANGAN INPUT (V)	TEGANGAN OUTPUT (V)	ARUS INPUT (A)	ARUS OUTPUT (A)	DAYA INPUT (W)	DAYA OUTPUT (W)	EFISIENSI (%)	TEGANGAN REFERENSI
500	24	12	26.711	41.55	641.064	498.6	77.78%	12
400	24	12	19.143	33.25	459.432	399	86.85%	12
300	24	12	14.332	25	343.968	300	87.22%	12
200	24	12	9.479	16.65	227.496	199.8	87.83%	12
100	24	12	4.437	8.305	106.488	99.66	93.59%	12

Dari data diatas terdapat penurunan nilai dari daya beban yang diinginkan karena pengaruh dari *resistor sensing* disisi *output*. Nilai efisiensi yang didapatpun menunjukkan kenaikan saat terjadi penurunan beban dimana nilai tertinggi yaitu 93.59% dengan pembebanan 100W.

Dari tabel diatas didapatkan grafik antara perubahan beban dengan efisiensi yang didapatkan dimana :



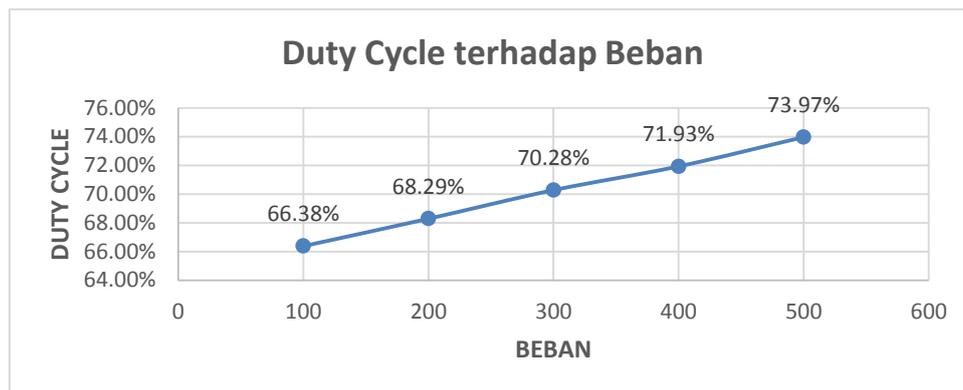
Gambar 7. Grafik Efisiensi Hasil Pengukuran

Pengukuran *duty cycle* dilakukan dengan memasang *probe* pada sisi drain dari MOSFET. Dari pengambilan data tersebut terjadi perubahan nilai *duty cycle* yang dihasilkan oleh TL494 yang dikirim ke *gate* MOSFET.

Tabel 4. Hasil Pengukuran *Duty Cycle Buck Converter*

DUTY CYCLE BUCK CONVERTER			
BEBAN (Watt)	PERIODA (ms)	TON (ms)	DUTY CYCLE (%)
500	0.1091	0.0807	73.97%
400	0.1108	0.0797	71.93%
300	0.1117	0.0785	70.28%
200	0.1132	0.0773	68.29%
100	0.1148	0.0762	66.38%

Perubahan lebar pulsa tidak terlihat secara signifikan. Namun pada tabel 4 terlihat terjadi perubahan dimana penurunan *duty cycle* berbanding lurus dengan penurunan beban yang digunakan dikarenakan terjadi penurunan kinerja dari MOSFET saat beban rendah sehingga menurunkan nilai *duty cycle*. Dari perubahan diatas data ditarik grafik hubungan antara penambahan beban dengan *duty cycle*.



Gambar 8. Grafik *Duty Cycle* Hasil Pengukuran

4. KESIMPULAN

Hasil yang didapat dari perancangan *buck converter* 24VDC-12VDC Berbasis TL494 ini mendapatkan hasil yang diinginkan dimana tegangan keluaran stabil di 12VDC dengan arus yang menyesuaikan dengan pembebanan. Pembebanan yang diharapkan tidak tercapai dikarenakan adanya *resistor sensing* sebagai *current limiting* yang dipasang seri dengan beban sehingga menambah nilai beban yang terukur dan mengakibatkan nilai arus yang berkurang.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Bapak Syahrial S.T.,M.T. selaku pembimbing dan tak lupa juga saya ucapkan terimakasih kepada Yogi Purnomo selaku mentor, kepada semua komponen – komponen yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan penelitian ini.

DAFTAR RUJUKAN

- Cahyadi, Lukman, W., Andromeda T., Facta, M. (2017). Kinerja Konverter Arus Searah Tipe Buck Converter Dengan Umpan Balik Tegangan Berbasis TL494. Semarang.
- Setiawan, J., Facta, M., Winardi, B. (2015). Perancangan DC Konverter Arus Searah Tipe Buck Pada Mode Operasi CCM dan DCM. Semarang.
- Kim, Young-Jun dan Allen, M.G.(1998). Integrated Solenoid-Type Inductor for HighFrequency Applications and Their Characteristics. Samsung Electronics CO.,Ltd. Suwon City.
- Padillah, Fitra, Syahrial, Saodah, S.(2014). Perancangan dan Realisasi Konverter DC-DC Tipe Boost Berbasis Mikrokontroler ATMEGA 8535. *Jurnal Reka Elkomika*.
- Rashid, Muhammad H. (2001). Power Electronics Handbook. Canada : Academic PRESS
- Satiawan, Wahyu, I.N., Supriono, Citarsa, I.B.F. (2018). Desain Buck Converter Untuk Charging Batere Pada Beban Bervariasi. Nusa Tenggara Barat.

Texas Instruments Application Report (2011). Designing Switching Voltage Regulators With the TL494. Texas 75265 : Texas Instruments Incorporated.

Pertanyaan :

Mengapa efisiensi menurun seiring penambahan beban?

Jawaban :

terdapat komponen simulasi yang kurang sesuai sehingga ada selisih dengan desain awal