

PERANCANGAN KONVERTER LISTRIK ARUS SEARAH TIPE PENURUN TEGANGAN DENGAN PENGONTROLAN MENGGUNAKAN IC TL494 SEBAGAI CATU DAYA KUMPARAN MEDAN MOTOR LISTRIK ARUS SEARAH

Siddiq Al Fajar^{*)}, Susatyo Handoko, and Mochammad Facta

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

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

Abstrak

Motor listrik arus searah banyak digunakan pada berbagai macam aplikasi terutama pada bidang industri seperti digunakan pada *lift*, *crane*, dan lokomotif listrik. Motor listrik arus searah masih banyak digunakan karena motor ini memiliki respon pengaturan kecepatan yang baik. Motor listrik arus searah dapat dikendalikan salah satunya dengan mengatur fluks magnetik pada kumparan medan. Sumber tegangan yang dibutuhkan untuk mengatur fluks adalah tegangan listrik searah. Konverter listrik arus searah tipe penurun tegangan dapat digunakan untuk memberi catu daya untuk menyuplai kumparan medan. Keluaran konverter listrik arus searah tipe penurun tegangan dapat menghasilkan tegangan keluaran yang lebih rendah dari tegangan masukannya. Pada Penelitian ini dirancang sebuah konverter listrik arus searah tipe penurun tegangan dengan sumber dari tegangan jala – jala yang disearahkan sebagai suplai tegangan kumparan medan motor listrik arus searah. Tegangan keluaran dari konverter dapat diatur dengan mengatur *duty cycle* yang dihasilkan oleh IC TL494. Hasil pengujian rangkaian konverter listrik arus searah tipe penurun tegangan sebagai suplai tegangan kumparan medan motor listrik arus searah dapat berfungsi dengan baik. Penambahan nilai tegangan pada motor listrik arus searah akan mengurangi kecepatan dari motor listrik arus searah. Pembebanan pada motor arus searah dengan generator sinkron sebagai beban mekanik tidak berpengaruh terhadap arus kumparan medan.

Kata kunci : Buck Converter, PWM, TL494, Pengaturan kecepatan

Abstract

DC motor is used in many difference kind of application especially for industries, for the example lift, crane, and electrical locomotives. DC motor is used because it has a good respond for the speed control. Setting the magnetic flux at the field winding to control the DC motor speed. A DC voltage source is needed to control the magnetic flux. DC-DC buck converter can be used to give the power supply to the field coil. The output from DC-DC buck converter produce an electric voltage that is lower that the input voltage. This research is design of a DC-DC buck converter with a grid voltage that is rectified as a voltage source for the DC motor field coil. The output voltage of the converter can be controlled by setting the duty cycle that is produce by IC TL494. The result of the DC-DC buck converter circuit as a supply voltage for the direct current motor field winding has well function. Increasing the voltage at the direct current motor field winding will decrease the speed of the direct current motor. Loading the direct current motor with a synchronous generator as the mechanical load does not affect the field winding current.

Keywords: Buck Converter, PWM, TL494, and Speed Control

1. Pendahuluan

Pada awalnya sistem tenaga masih menggunakan sistem tenaga listrik searah. Namun pada sekitar tahun 1890, sistem tenaga listrik bolak – balik telah menggantikan sistem tenaga listrik searah. Walaupun sistem tenaga listrik searah sudah digantikan oleh sistem tenaga listrik arus bolak – balik, penggunaan mesin listrik searah seperti

motor listrik arus searah masih digunakan hingga sekarang[1]. Motor listrik arus searah ini masih umum digunakan pada mobil, truk, dan pada industri karena pengendalian kecepatan motor listrik arus searah lebih mudah dilakukan[2].

Motor listrik arus searah digunakan untuk kondisi dimana sebuah keadaan membutuhkan pengaturan kecepatan motor yang bervariasi. Hal ini dikarenakan mudahnya

mengatur kecepatan motor listrik arus searah. Motor listrik arus searah ini sangat cocok digunakan untuk aplikasi pengaturan kecepatan.

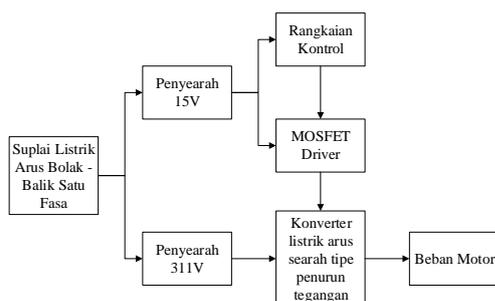
Pada Laboratorium Konversi Energi Listrik dan Sistem Tenaga terdapat motor listrik arus searah dengan penguatan terpisah dimana kumparan medan dan kumparan jangkarnya disuplai dengan sumber arus searah variabel. Hal ini dikarenakan setiap kumpara pada motor listrik arus searah membutuhkan sumber catu daya yang stabil dan dapat divariasikan. Selama ini cara yang digunakan untuk menyuplai motor adalah dengan dua buah auto-transformator yang diberi penyearah tidak terkontrol untuk masing – masing kumparan[3]. Namun keterbatasan jumlah auto-transformator di Laboraturium Konversi Energi Listrik dan Sistem Tenaga sering menyulitkan jalannya praktikum karena auto-transformator harus digunakan secara bergantian. Salah satu solusi untuk mengatasi permasalahan ini adalah mengganti sumber listrik arus searah dengan menggunakan penyearah terkontrol atau konverter listrik arus searah.

Pada Penelitian ini dipilih konverter listrik arus searah tipe penurun tegangan sebagai catu daya listrik arus searah untuk kumparan medan motor listrik arus searah. Konverter listrik arus searah penurun tegangan digunakan karena nilai sumber tegangan jala – jala 220 V_{AC} dimana tegangan tersebut jika disearahkan menjadi 311 V_{DC}. Kumparan medan motor listrik arus searah yang digunakan membutuhkan suplai tegangan sebesar 190 V. Dengan keadaan seperti ini, konverter listrik arus searah tipe penurun tegangan cocok untuk memberikan suplai daya untuk kumparan medan motor listrik arus searah[4].

Pada Penelitian ini, pembuatan konverter listrik arus searah tipe penurun tegangan dengan sumber tegangan 311 V menggunakan pengontrolan dengan IC TL494 untuk mengatur *duty cycle* dan frekuensi pensaklaran pada MOSFET[5]. Tegangan yang dihasilkan digunakan untuk menyuplai kumparan medan motor listrik searah.

2. Metode

Pemodelan Penelitian ini terdiri dari rangkaian penyearah, rangkaian konverter listrik arus searah tipe penurun tegangan, rangkaian kontrol, dan beban.



Gambar 1. Blok Diagram Alat

2.1. Pemodelan Motor Listrik Arus Searah

Motor listrik arus searah ini sudah tersedia di Laboratorium Konversi Energi, sehingga tidak perlu melakukan perancangan motor listrik arus searah. Adapun spesifikasi lengkap motor listrik arus searah ini ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi Motor Listrik Arus Searah

Parameter	Spesifikasi/Nilai Besaran
Tegangan medan maksimal	195 volt
Tegangan jangkar maksimal	190 volt
Arus jangkar maksimal	13,5 ampere
Daya maksimal	2,2 kW
Putaran	1750 rpm

2.2. Pemodelan Modul Konverter

Konverter listrik arus searah tipe penurun tegangan berfungsi untuk mensuplai tegangan kumparan medan motor listrik arus searah sebagai variable pengaturan kecepatan motor listrik. Pengaturan tegangan keluaran konverter dilakukan dengan mengatur *duty cycle* pemicuan menggunakan IC TL494. Konverter listrik arus searah tipe penurun tegangan dirancang dengan mode CCM (*Continuous Current Mode*) dimana konverter ini dirancang agar arus pada induktor tidak menyentuh nol[6]. Komponen yang digunakan pada konverter listrik arus searah tipe penurun tegangan antara lain:

1. Sumber Tegangan Listrik Arus Searah

Sumber yang dipakai untuk menyuplai rangkaian konverter listrik searah tipe penurun tegangan didapatkan dari tegangan jala – jala yang disearahkan menjadi 327,2V.

2. MOSFET

Pemilihan MOSFET harus mempertimbangkan nilai tegangan dan arus operasi. Tegangan masukan konverter listrik arus searah tipe penurun tegangan adalah 327,2V.

3. Dioda

Dioda yang digunakan adalah MUR1560. Dioda ini dipilih karena mampu beroperasi hingga tegangan 600V dan arus 15A

4. Induktor

Induktor yang digunakan pada konverter listrik arus searah ini diperhitungkan nilainya sesuai dengan parameter lain yang behubungan. Induktor yang digunakan merupakan induktor jenis solenoida yang dibuat dari kawat tembaga yang dililitkan pada inti *ferrite*.

$$L_{min} = \frac{(1-D)R}{2f_{sw}} = \frac{(1-0,6)100}{2.25000} = 1,8mH \quad (1)$$

Pemilihan nilai induktor lebih besar dari nilai induktor minimal ($L > L_{min}$) agar konverter listrik arus searah bekerja pada mode CCM (*Continuous Current Mode*)[6].

5. Kapasitor

Kapasitor berfungsi sebagai filter tegangan untuk mengurangi *ripple* tegangan yang disebabkan kenaikan beban. Kapasitor yang digunakan untuk perancangan konverter listrik arus searah tipe penurun tegangan mempunyai nilai 470uF. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan tegangan *ripple* puncak kapasitor yang kecil.

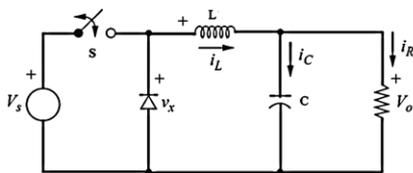
$$C_{MIN} = \frac{1 - D_{MAX}}{8L \left(\frac{\Delta V_o}{V_o} \right) f^2} \quad (2)$$

$$C_{MIN} = \frac{1 - 0.6}{8 \cdot 0,00018 \cdot (0.01) \cdot (25000)^2} = 0,8 \mu F$$

Tabel 2 menunjukkan spesifikasi perancangan konverter arus searah tipe penurun tegangan.

Tabel 2. Komponen Rangkaian konverter listrik arus searah tipe penurun tegangan

Komponen	Tipe/Nilai
MOSFET	IRFP460
Dioda	MUR1560
Induktor	10 mH
Kapasitor	470 μ F/450 V



Gambar 2. Rangkaian konverter listrik arus searah tipe penurun tegangan

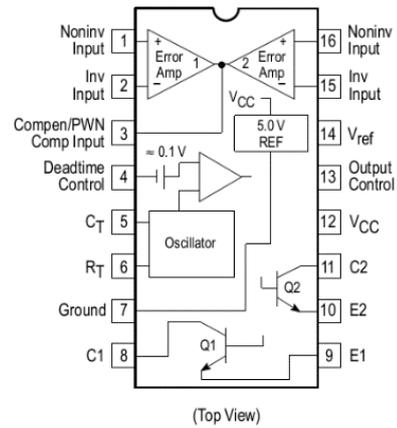
2.3. Pemodelan Rangkaian Kontrol

Perancangan rangkaian kontrol memiliki fungsi untuk mengatur *duty cycle* untuk mengatur tegangan keluaran konverter listrik arus searah tipe penurun tegangan. IC yang digunakan sebagai rangkaian kontrol adalah IC TL494.

2.3.1. IC TL494

IC TL494 merupakan IC yang berfungsi untuk menghasilkan gelombang kotak yang dapat diatur lebar pulsa dan frekuensi. Merupakan komponen terintegrasi yang mempunyai 16 pin dalam dua jalur (*Dual In Package, DIP*)[7].

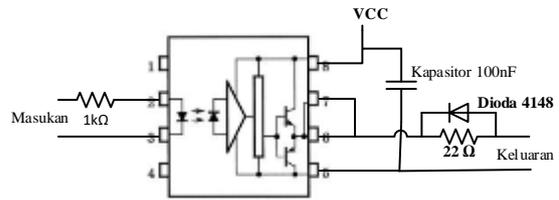
PIN CONNECTIONS



Gambar 3. IC TL494

2.3.2. Rangkaian Driver MOSFET

Rangkaian TLP250 digunakan untuk mengisolasi dan menguatkan sinyal PWM level tegangan 13 volt yang dibangkitkan IC TL494 menjadi level tegangan yang lebih tinggi dengan sistem ground terpisah dan cukup untuk memicu MOSFET yang membutuhkan tegangan V_{GS} maksimal $\pm 20V$ [8].

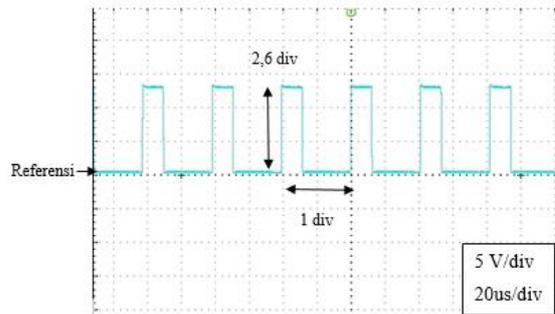


Gambar 4. Rangkaian TLP250

3. Hasil dan Analisa

3.1. Pengujian Rangkaian Kontrol

Rangkaian PWM pada Penelitian ini menggunakan IC TL 494 dengan dua keluaran (*push-pull operation*). Kaki 9 dan kaki 10 IC TL494 merupakan kaki keluaran IC TL494. *Duty cycle* maksimal pada IC TL494 dengan operasi *push-pull* adalah $\pm 45\%$.



Gambar 5. Gelombang keluaran sinyal PWM TL494 ketika *duty cycle* 20%

Gambar 5 merupakan gambar gelombang PWM untuk pemecuan MOSFET. Gelombang sudah sesuai dengan yang diinginkan karena besaran tegangan sudah diatas tegangan *threshold* 4 volt dan dibawah tegangan maksimal *gate to source* sebesar 20V. Gelombang pemecuan MOSFET yang terlihat pada osiloskop berupa gelombang kotak dengan tegangan *peak to peak* (V_{PP}) sebesar 2,6 div.

3.2. Pengujian Modul Konverter Listrik Arus Searah Tipe Penurun Tegangan

3.2.1. Pengujian Modul Konverter Listrik Arus Searah Tipe Penurun Tegangan dengan Beban Resistif dan Motor Universal

A. Pengujian Tegangan Keluaran dengan Beban Resistif

Pengujian konverter listrik arus searah tipe penurun tegangan dilakukan untuk mengukur keluaran, arus keluaran, pengaruh tegangan medan terhadap putaran motor listrik arus searah. Tabel 3 menunjukkan hasil tegangan keluaran dengan beban resistif dengan tegangan masukan 327,2V dan frekuensi pensaklaran 25000Hz.

Tabel 3. hasil tegangan keluaran dengan beban resistif

Duty Cycle (%)	Beban Lampu (Watt)	Tegangan keluaran (Volt)	
		Pengukuran	Perhitungan
10	40	37,51	32,72
20	40	65,54	65,44
30	40	100,2	98,16
40	40	132,7	130,88
50	40	165,5	163,6
60	40	200,2	196,32
10	60	37,3	32,72
20	60	65,5	65,44
30	60	100,6	98,16
40	60	133,01	130,88
50	60	165,21	163,6
60	60	199,2	196,32
10	100	37,7	32,72
20	100	66,7	65,44
30	100	100,81	98,16
40	100	133,23	130,88
50	100	166,14	163,6
60	100	198,2	196,32

Berdasarkan Tabel 3 terlihat bahwa hasil pengukuran sudah sesuai dengan teori, dimana nilai *duty cycle* berbanding lurus dengan tegangan keluaran. Berikut disajikan data berupa gambar yang menunjukan perbandingan *duty cycle* dengan tegangan keluaran pada Gambar 5.



Gambar 6. Grafik perbandingan tegangan keluaran dan *duty cycle* dengan beban lampu pijar 40W

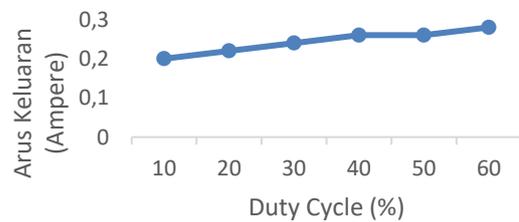
B. Pengujian Tegangan Keluaran dengan Beban Dominan Induktif

Pengukuran yang dilakukan bertujuan untuk mengetahui tegangan keluaran dari konverter listrik arus searah tipe penurun tegangan pada saat dibebani beban induktif berupa motor universal nilai *duty cycle* 0 hingga 60%. Tabel 4 menunjukkan hasil tegangan keluaran dengan beban motor universal dengan tegangan masukan 327,2V dan frekuensi pensaklaran sebesar 25000Hz.

Tabel 4. hasil tegangan keluaran dengan beban motor universal

Duty Cycle (%)	Tegangan keluaran		Kecepatan (RPM)
	Pengukuran	Perhitungan	
10	37,22	32,72	1315
20	66,54	65,44	2002
30	100,2	98,16	30211
40	131,9	130,88	3971
50	165,7	163,6	4956
60	195,3	196,32	5754

Berdasarkan Tabel 4 terlihat bahwa hasil pengukuran sudah sesuai dengan teori, dimana *duty cycle* berbanding lurus dengan arus keluaran. Semakin besar *duty cycle* yang diberikan, maka semakin besar pula arus keluarannya. Berikut disajikan data berupa gambar yang menunjukan perbandingan *duty cycle* dengan arus keluaran pada Gambar 6.



Gambar 7. Grafik perbandingan antara *duty cycle* dengan arus keluaran (pengukuran) beban motor universal

Dari Gambar 7 menunjukkan bahwa arus keluaran berbanding lurus dengan *duty cycle*. Hal ini menunjukkan bahwa respon dari keluaran konverter listrik arus searah tipe penurun tegangan sudah sesuai dimana semakin tinggi tegangan yang dihasilkan maka arusnya akan semakin tinggi.

C. Pengujian Arus Keluaran dengan Beban Resistif

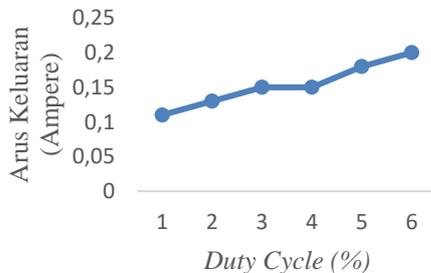
Pengukuran ini dilakukan pada arus keluaran rangkaian konverter listrik arus searah tipe penurun tegangan dengan beban resistif dengan nilai *duty cycle* 0 hingga 60%. Tujuan dari pengujian arus keluaran adalah untuk mengetahui hubungan *duty cycle* terhadap arus keluaran pada beban resistif. Hasil pengukuran pada rangkaian

konverter listrik arus searah tipe penurun tegangan pada semua nilai variasi *duty cycle* ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil pengukuran arus keluaran beban resistif

Duty Cycle (%)	Beban Lampu (Watt)	Tegangan keluaran (Volt)		Arus Keluaran (Ampere)
		Pengukuran		
10	40	37,51		0,11
20	40	65,54		0,13
30	40	100,2		0,15
40	40	132,7		0,17
50	40	165,5		0,18
60	40	200,2		0,2
10	60	37,3		0,15
20	60	65,5		0,17
30	60	100,6		0,21
40	60	133,01		0,24
50	60	165,21		0,26
60	60	199,2		0,28
10	100	37,7		0,24
20	100	66,7		0,29
30	100	100,81		0,34
40	100	133,23		0,39
50	100	166,14		0,43
60	100	198,2		0,47

Berdasarkan Tabel 5 terlihat bahwa hasil pengukuran sudah sesuai dengan teori. Terlihat bahwa nilai *duty cycle* berbanding lurus dengan arus keluaran. Semakin kecil picuan *duty cycle* yang diberikan, tegangan keluarannya semakin kecil dan arus keluarannya juga semakin kecil. Berikut disajikan data berupa gambar yang menunjukkan perbandingan *duty cycle* dengan arus keluaran pada Gambar 8.



Gambar 8. Grafik perbandingan arus keluaran dan *duty cycle* dengan beban lampu pijar 40W

Dari Gambar 8 menunjukkan bahwa arus keluaran berbanding lurus dengan *duty cycle*. Hal ini menunjukkan bahwa respon dari keluaran konverter listrik arus searah sudah sesuai dimana dari ketiga grafik menunjukkan ketika beban yang ditanggung konverter listrik arus semakin besar maka arus keluaran akan semakin besar.

D. Pengujian Arus Keluaran dengan Beban Dominan Induktif

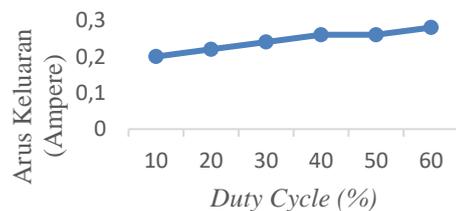
Pengukuran ini dilakukan pada arus keluaran rangkaian konverter listrik arus searah tipe penurun tegangan dengan

beban induktif motor universal dengan nilai *duty cycle* 0 hingga 60%. Tujuan dari pengujian arus keluaran adalah untuk mengetahui hubungan *duty cycle* terhadap arus keluaran pada beban induktif. Hasil pengukuran pada rangkaian konverter listrik arus searah tipe penurun tegangan pada semua nilai variasi *duty cycle* ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil pengukuran arus keluaran beban motor universal

Duty Cycle (%)	Tegangan keluaran (Volt)	Arus Keluaran (Ampere)	Kecepatan (RPM)
10	50,5	0,2	1315
20	74,01	0,22	2002
30	114,3	0,24	3021
40	148,4	0,26	3971
50	185,15	0,26	4956
60	211,6	0,28	5754

Berdasarkan Tabel 6 terlihat bahwa hasil pengukuran sudah sesuai dengan teori. Semakin besar *duty cycle* yang diberikan, maka semakin besar pula arus keluarannya. Berikut disajikan data berupa gambar yang menunjukkan perbandingan *duty cycle* dengan arus keluaran pada Gambar 7.



Gambar 9. Grafik perbandingan antara *duty cycle* dengan arus keluaran (pengukuran) beban induktif

Dari Gambar 9 menunjukkan bahwa arus keluaran berbanding lurus dengan *duty cycle*. Hal ini menunjukkan bahwa respon dari keluaran konverter listrik arus searah tipe penurun tegangan sudah sesuai dimana semakin tinggi tegangan yang dihasilkan maka arusnya akan semakin tinggi.

3.2.2. Pengujian Modul Konverter Listrik Arus Searah Tipe Penurun Tegangan dengan Beban Motor Listrik Arus Searah

A. Pengukuran Tegangan dan Arus dengan Kondisi Motor Tanpa Beban

Pengujian ini dilakukan pada tegangan keluaran rangkaian konverter listrik arus searah tipe penurun tegangan dengan beban kumparan medan motor listrik arus searah dengan nilai tegangan keluaran 100V hingga 180V tanpa pembebanan pada motor listrik. Pengukuran tegangan dilakukan pada pin positif dan negatif dari keluaran

rangkaian konverter listrik arus searah tipe penurun tegangan dengan menggunakan osiloskop untuk memperlihatkan bentuk gelombang, multimeter untuk penunjukan nilai tegangan. Pengukuran arus keluaran dilakukan dengan memasang ampere meter dan probe arus osiloskop pada keluaran positif. Pengukuran kecepatan motor listrik dilakukan dengan menggunakan tachometer. Hasil pengukuran tegangan dan arus pada rangkaian konverter listrik arus searah tipe penurun tegangan pada variasi nilai tegangan keluaran serta kecepatan motor listrik arus searah tanpa beban ditunjukkan pada Tabel 7 dan Tabel 8.

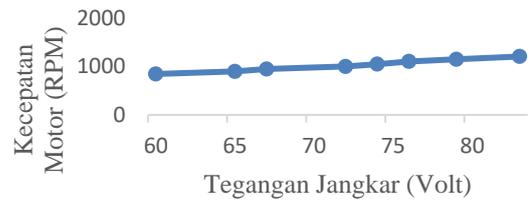
Tabel 7. Hasil pengukuran tegangan dan arus dengan motor tanpa beban dengan variasi tegangan jangkar ($V_F = 180$ volt dan $duty\ cycle = 0,55$)

Kecepatan (RPM)	Tegangan Jangkar (Volt)	Arus Jangkar (Ampere)
847	60,4	1,85
900	65,08	1,87
950	67,82	1,9
1003	72,02	1,92
1051	74,79	1,93
1106	76,97	1,94
1152	79,86	1,95
1209	83,73	1,96

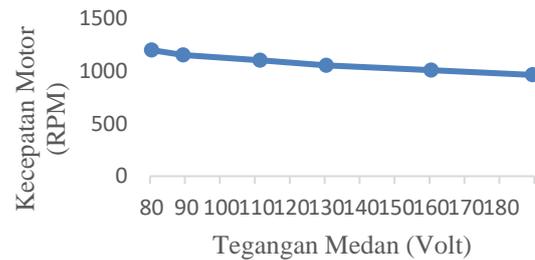
Tabel 8. Hasil pengukuran tegangan dan arus dengan motor tanpa beban dengan variasi tegangan medan ($V_A = 63,81$ volt)

Kecepatan (RPM)	Tegangan Medan (Volt)	Arus Medan (Ampere)	Arus Jangkar (Ampere)	Duty Cycle (%)
963	189,94	0,79	1,85	0,58
1008	160,41	0,67	1,86	0,49
1053	130,37	0,56	1,87	0,40
1102	111,67	0,48	1,89	0,34
1152	89,17	0,39	1,93	0,27
1199	80,2	0,35	2,02	0,25

Berdasarkan Tabel 7 dan Tabel 8 terlihat bahwa hasil pengukuran sudah sesuai dengan teori. Karakteristik konverter listrik arus searah tipe penurun tegangan yaitu mengubah tegangan keluaran lebih rendah dari tegangan masukan. Dari Tabel 7 dan Tabel 8 di atas terlihat bahwa nilai *duty cycle* berbanding lurus dengan arus keluaran. Semakin besar picuan yang diberikan, maka semakin besar pula arus keluarannya. Tabel 8 juga menunjukkan bahwa semakin besar tegangan yang diberikan pada kumparan medan maka kecepatan motor akan menurun. Hal ini sudah sesuai dengan teori dimana semakin besar arus yang masuk ke kumparan medan akan meningkatkan nilai fluks magnetik sehingga kecepatan motor listrik akan semakin turun. Berikut disajikan data berupa gambar grafik yang menunjukkan perbandingan tegangan keluaran konverter listrik arus searah dengan kecepatan motor listrik arus searah pada Gambar 10 dan Gambar 11.



Gambar 10. Grafik perbandingan tegangan kumparan jangkar dan kecepatan motor dengan variasi tegangan kumparan jangkar



Gambar 11. Grafik perbandingan tegangan kumparan medan dan kecepatan motor dengan variasi tegangan kumparan medan

Dari Gambar 10 dan Gambar 11 menunjukkan bahwa tegangan pada kumparan medan mempengaruhi kecepatan motor listrik arus searah. Semakin besar tegangan pada kumparan medan maka kecepatan motor akan semakin lambat. Hal ini sudah sesuai dengan teori.

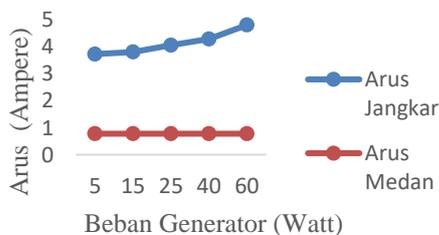
B. Pengukuran Tegangan dan Arus dengan Kondisi Motor Bereban

Pengujian ini dilakukan pada tegangan keluaran rangkaian konverter listrik arus searah tipe penurun tegangan dengan beban kumparan medan motor listrik arus searah dengan nilai tegangan keluaran 100V hingga 180V dengan pembebanan berupa generator. Pengukuran tegangan dilakukan pada pin positif dan negatif dari keluaran rangkaian konverter listrik arus searah tipe penurun tegangan dengan menggunakan multimeter untuk penunjukan nilai tegangan. Pengukuran arus keluaran dilakukan dengan memasang ampere meter pada keluaran positif. Pengukuran kecepatan motor listrik dilakukan dengan menggunakan Tachometer. Hasil pengukuran tegangan dan arus pada rangkaian konverter listrik arus searah tipe penurun tegangan pada variasi nilai tegangan keluaran serta kecepatan motor listrik arus searah tanpa beban dengan tegangan medan 179,9V, kecepatan motor 1500 rpm ditunjukkan pada Tabel 9.

Tabel 9. Hasil pengukuran tegangan keluaran dengan motor berbeban

Arus Medan (Arus)	Tegangan Jangkar (Volt)	Arus Jangkar (Arus)	Tegangan Eksitasi Generator (Volt)	Beban Generator (Watt)
0,78	106,7	4,81	15,1	60
0,78	106,6	4,29	14,8	40
0,78	105,3	4,06	14,4	25
0,78	104,7	3,81	13,9	15
0,78	104,3	3,73	13,7	5

Dari Tabel 9 terlihat bahwa hasil pengukuran sudah sesuai dengan teori. Kecepatan motor listrik arus searah dipengaruhi oleh tegangan jangkar (*armature*) dan fluks yang dihasilkan oleh kumparan medan. Semakin besar tegangan pada kumparan jangkar maka kecepatan motor listrik arus searah akan semakin tinggi. Pembebanan pada motor listrik arus searah dengan generator sebagai beban mekanik motor tidak berpengaruh pada kumparan medan yang disuplai konverter listrik arus searah tipe penurun tegangan. Tabel 9 menunjukkan ketika beban generator ditambah, maka beban mekanik motor listrik arus searah bertambah, sehingga daya pada kumparan jangkar bertambah. Bertambahnya daya pada kumparan jangkar tidak mempengaruhi nilai arus dan tegangan pada kumparan medan karena daya pada motor listrik hanya dipengaruhi oleh gaya gerak listrik lawan dan arus yang mengalir pada kumparan jangkar. Berikut disajikan data berupa gambar grafik yang menunjukkan perbandingan arus jangkar dan arus medan terhadap beban pada generator Gambar 12.



Gambar 12. Grafik perbandingan antara arus jangkar dengan beban pada generator

Gambar 12 menunjukkan bahwa pembebanan pada generator sebagai beban mekanik motor listrik arus searah tidak mempengaruhi arus pada kumparan motor listrik arus searah. Pembebanan berpengaruh pada arus kumparan jangkar karena daya pada motor dipengaruhi oleh gaya gerak listrik lawan dan arus jangkar motor listrik arus searah

4. Kesimpulan

Berdasarkan pengukuran dan analisis yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa rangkaian konverter listrik arus searah tipe penurun tegangan dengan pengontrolan menggunakan IC TL494 telah berhasil direalisasikan. Konverter arus searah tipe penurun tegangan dapat digunakan sebagai catu daya listrik arus searah untuk kumparan medan. Tegangan keluaran konverter arus searah yang dapat divariasikan ini digunakan untuk mengontrol kecepatan konverter listrik arus searah.

Referensi

- [1]. S. J. Chapman, *Electric Machinery Fundamentals*. Elizabeth A. Jones, 2005.
- [2]. A. P. S. Beevi and M. Noufal, "Hierarchical Control For a Buck Converter Driven DC Motor," 2016.
- [3]. K. A. W. Hudaya, "PEMBUATAN PENYEARAH TERKONTROL PENUH SATU FASA SEBAGAI PENGEMUDI MOTOR DC 3 HP," Semarang, 2002.
- [4]. B. Eskandari, H. V. Haghi, M. T. Bina, and M. A. Golkar, "An Experimental Prototype of Buck Converter Fed Series DC Motor Implementing Speed and Current Controls," *ICCAIE 2010 - 2010 Int. Conf. Comput. Appl. Ind. Electron.*, no. Iccae, pp. 606–609, 2010.
- [5]. B. Suhardianto, "PEMBUATAN DC-DC KONVERTER JENIS BUCK DENGAN CATU DAYA UTAMA PENYEARAHAN TEGANGAN AC JALA-JALA SATU FASA," Semarang, 2015.
- [6]. Daniel W.Hart, *Power Electronics*. 2011.
- [7]. Motorola, "TL494 SWITCHMODE™ Pulse Width Modulation Control Circuit," 1996.
- [8]. Toshiba, "Dataheet tlp 250," 2004. .