STUDI PENGGUNAAN SEMIKONVERTER AC-DC UNTUK MENGATUR KECEPATAN MOTOR DC

Hadiyansyah¹, Atmam², David Setiawan³

^{1,2,3} Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Lancang Kuning Pekanbaru.

Jl. Yos Sudarso Rumbai, Pekanbaru, Telp. (0761) 52324

Email : hadiyansyah@ft.unilak.ac.id, atmam@unilak.ac.id, dsetia@unilak.ac.id

ABSTRAK

Sumber tegangan arus searah memiliki peranan penting dalam pengoperasian peralatan elektronik yang berfungsi sebagai catu daya. Catu daya tersebut berupa sumber bolak-balik atau yang dikenal dengan AC (*Alternating Current*). Kemudian dalam hal ini sumber AC tersebut disearahkan dengan komponen *rectifier*. Komponen *rectifier* dibagi menjadi dua jenis di antaranya penyearah tidak terkontrol dan penyearah terkontrol, untuk mendapatkan tegangan *output* yang berubah-ubah dari penyearah tidak terkontrol dengan merubah tegangan sumber AC masukan menggunakan AC *Voltage Regulator*, sedangkan menggunakan penyearah terkontrol untuk mendapatkan tegangan DC yang dapat dirubah-rubah cukup dengan mengontrol sudut penyalan α dalam keadaan tegangan masukan konstan. Dengan menggunakan motor DC magnet permanen yang mana *flux* magnet dalam keadaan konstan, untuk mengatur kecepatan dari motor DC magnet permanen yaitu dengan mengatur tegangan terminal, untuk mengatur tegangan terminal dari motor DC tersebut menggunakan rangkaian semikonverter dengan merubah sudut α untuk mendapatkan putaran yang diinginkan. Hasil yang diperoleh dari sudut α 105° dengan V_s konstan, V_{dc} bernilai 71,2367 Volt, V_{rms} 121,57 Volt dan memiliki arus sebesar 0,03 Amp, semakin besar sudut penyalan semakin kecil arus *output* yang diperoleh. Ketika motor DC dibebani, arus naik menjadi 0,047 Amp, sehingga kecepatan motor menjadi 3436,13 rpm.

Kata kunci : *Semikonverter, kontrol, kecepatan dan motor DC*

ABSTRACT

Direct current voltage sources play an important role in the operation of electronic equipment that functions as a power supply. The power supply is an alternating source or alternating current. Then, in this case the AC source is aligned with the rectifier component. Rectifier components are divided into two types including uncontrolled rectifiers and controlled rectifiers. To get an output voltage that changes from an uncontrolled rectifier is to change the input AC source voltage using AC Voltage Regulator. Meanwhile, by using a controlled rectifier, to obtain a changed DC voltage - change is enough to control the ignition angle α in the state of constant inlet voltage. By using a permanent magnet DC motor where magnetic flux is constant, to regulate the speed of a permanent magnet DC motor is to set the terminal voltage of the DC motor using a semi converter circuit and change the angle α to get the desired rotation. The results obtained from the angle α 1050 with V_s constant, the V_{DC} result is 71,2367 Volt, the V_{rms} is 121,57 Volt and has a current value of 0.03 Amp. The greater the ignition angle is the smaller the output current is obtained. When the DC motor is loaded, the current rises to 0.047 Amp, so the motor speed becomes 3436.13 rpm.

Keywords: *Semiconverter, control, speed and DC motor*

1. PENDAHULUAN

Sumber tegangan arus searah memiliki peranan penting dalam pengoperasian peralatan elektronik yang berfungsi sebagai catu daya. Catu daya tersebut berupa sumber bolak-balik atau yang dikenal dengan AC (*Alternating Current*). Kemudian dalam hal ini sumber AC tersebut disearahkan dengan komponen *rectifier*.

Komponen *rectifier* dibagi menjadi dua jenis diantaranya penyearah tidak terkontrol dan penyearah terkontrol, untuk mendapatkan tegangan *output* yang berubah-ubah dari penyearah tidak terkontrol kita

harus merubah tegangan sumber AC masukan menggunakan AC *Voltage Regulator* sedangkan menggunakan penyearah terkontrol untuk mendapat tegangan DC yang dapat diubah-ubah cukup dengan mengontrol sudut penyalan α dalam keadaan tegangan masukan konstan.

Rectifier terkontrol atau sering disebut rangkaian konverter AC-DC yang menggunakan komponen *thyristor* dan dioda, sedangkan tegangan keluaran dari penyearah *thyristor* dapat diubah-ubah dengan mengatur sudut penyalan pada gerbang *thyristor*, caranya dengan memberi pulsa pada gerbang yang dapat diatur dari sudut $\alpha = 0^\circ$ sampai

sudut $\alpha = 180^\circ$. Rangkaian konverter dapat diklasifikasikan menjadi dua macam tergantung dari sumber masukannya salah satunya konverter satu phasa, penyearah terkontrol dapat pula dibagi menjadi beberapa jenis salah satunya penyearah setengah terkontrol, penyearah setengah terkontrol dapat digunakan untuk pengaturan motor DC.

Dalam penelitian ini menggunakan motor DC magnet permanen yang mana fluks magnetnya dalam keadaan tetap. Untuk mengatur kecepatan dari motor DC magnet permanen dilakukan dengan mengatur tegangan terminal (V_t) dimana mengatur tegangan terminal (V_t) dari motor DC tersebut dapat menggunakan semikonverter dengan cara mengubah sudut penyalan *Thyristor* sehingga didapatkan putaran yang diinginkan.

2. METODE PENELITIAN

Pembuatan Blok Diagram

Diagram Blok Rangkaian Semikonverter AC-DC menggunakan IC TCA785 sebagai *trigger* dan Arduino sebagai *control feedback* dan motor sebagai beban seperti pada Gambar 1.

Gambar 1. Blok Diagram Semikonverter

Rangkaian Trigger

Rangkaian *trigger* merupakan rangkaian yang menghasilkan pulsa untuk mengontrol gerbang *thyristor* sehingga *thyristor* dapat dikontrol dari sudut penyalan *thyristor* $\alpha = 0^\circ$ sampai dengan sudut $\alpha = 180^\circ$, rangkaian *trigger* ini terdiri dari komponen utama yaitu IC TCA785 dan komponen pendukung lainnya. Blok dari rangkaian *trigger* seperti pada Gambar 2 Blok Rangkaian *Trigger* dan Gambar 3 Rangkaian *Trigger*.

Gambar 2. Blok Rangkaian Trigger

Gambar 3. Rangkaian Trigger

Rangkaian Semikonverter

Rangkaian penyearah Semikonverter terdiri dari dua diode dan dua *thyristor*, kemudian *thyristor* tersebut dikontrol menggunakan rangkaian *trigger* untuk mendapatkan tegangan *output* yang berubah-ubah untuk, rangkaian semikonverter seperti pada Gambar 4.

Gambar 4. Rangkaian Semikonverter

Kontrol control Feedback

Rangkaian ini berfungsi untuk mengontrol tegangan dari *output* semikonverter keadaan tetap, meskipun tegangan *input* berubah-ubah rangkaian kontrol ini menggunakan Arduino nano sebagai pengontrolan IC *trigger* untuk mengubah sudut penyalan rangkaian semikonverter. Kemudian *output* dari rangkaian semikonverter terhubung dengan sensor arus dan sensor tegangan, kemudian sensor tegangan mengirim sinyal ke Arduino untuk memerintah rangkaian menaikkan atau menurunkan tegangan semikonverter dan sensor arus bekerja sebagai proteksi arus lebih dari *output* semikonverter. Gambar 5 berikut blok kontrol *feedback* dan Gambar 6 Rangkaian *control feedback*.

Gambar 5. Blok Rangkaian Control Feedback

Gambar 6. Rangkaian *Control feedback*

Sensor Arus ACS712

Prinsip kerja Sensor ini untuk membaca nilai arus beban dari rangkaian semikonverter, supaya tidak melebihi arus kemampuan komponen penguatan semikonverter itu sendiri, untuk rangkaian sensor Arus seperti pada Gambar 7.

Gambar 7. Rangkaian Sensor Arus

Sensor Tegangan

Sensor tegangan ini digunakan untuk membaca nilai tegangan yang di keluarkan suatu rangkaian yang berupa sinyal analog kemudian dijadikan sinyal digital oleh perangkat arduino melalui Pin Analog, sensor tegangan ini tidak boleh melebihi tegangan arduino yaitu ± 5 Volt seperti pada Gambar 8.

Gambar 8. Rangkaian Sensor Tegangan

Semikonverter

Rangkaian semikonverter merupakan rangkaian penyearah yang terkontrol dengan keluaran arus dan tegangan yang diatur dalam pengontrolan semikonverter menggunakan *thyristor* dan dioda,

sedangkan keluaran dari penyearah *thyristor* dapat diubah besarnya dengan mengatur sudut penyalan pada gerbang *thyristor*. Rangkaian semikonverter terdiri dari 2 buah dioda dan 2 buah *thyristor*.

Cara pengaturannya adalah dengan memberi pulsa pada gerbang *thyristor*, dimana pulsa tersebut dapat digeser atau diatur dari sudut α 0° sampai 180°. Apabila pada gerbang *thyristor* diberi pulsa atau arus penyalan, maka pada saat siklus positif, *thyristor* akan menghantar (*on*) dan pada siklus negatif *thyristor* tidak dapat menghantar (*off*).

Masukan tegangan AC akan membuat *thyristor* bekerja sebagai saklar *on - off* secara terus menerus sampai masukan sinyal AC dihentikan. Agar *thyristor* dapat menghantar secara kontinu maka diperlukan pulsa atau arus penyalan secara terus menerus. Sumber tegangan AC yang masuk pada rangkaian semikonverter dapat berupa sumber tegangan satu fasa atau tiga fasa sedangkan keluaran semikonverter merupakan tegangan DC seperti pada Gambar 9 [1].

Gambar 9. Rangkaian Semikonverter

Tegangan V_{avg} semikonverter dapat dihitung [2]:

$$V_{dc} = \frac{V_m}{\pi} [1 + \cos \alpha] \quad (1)$$

Tegangan V_{rms} Semikonverter dapat dihitung menggunakan persamaan 2 [2]

$$V_{ms} = \frac{V_m}{\sqrt{2}} \left[\frac{1}{\pi} \left\{ (\pi - \alpha) + \frac{1}{2} \sin 2\alpha \right\} \right]^{1/2} \quad (2)$$

Selanjutnya tegangan maksimum (V_m) dapat dihitung menggunakan persamaan 3 [2]

$$V_m = V_s \times \sqrt{2} \quad (3)$$

Tegangan V_{avg} semikonverter dapat dihitung [2]:

$$V_{dc} = \frac{V_m}{\pi} [1 + \cos \alpha] \quad (4)$$

Tegangan V_{rms} Semikonverter dapat dihitung menggunakan persamaan 5 [2] :

$$V_{ms} = \frac{V_m}{\sqrt{2}} \left[\frac{1}{\pi} \left\{ (\pi - \alpha) + \frac{1}{2} \sin 2\alpha \right\} \right]^{1/2} \quad (5)$$

Rangkaian Penyearah

Penyearah satu fasa adalah rangkaian dioda yang menyearahkan sumber tegangan AC satu fasa menjadi tegangan DC. Ada beberapa penyearah satu fasa, tetapi yang sering digunakan adalah penyearah gelombang penuh sistem jembatan. Penyearah jembatan ini mempunyai keluaran DC yang cukup baik sehingga memperkecil harmonisa dan menghasilkan nilai tegangan rata-rata yang maksimal. Rangkaian penyearah gelombang penuh satu fasa ditunjukkan seperti pada Gambar 10 [3].

Gambar 10. Rangkaian Gelombang Penuh

Penyearah gelombang penuh dapat disusun oleh empat buah dioda yang terhubung sebagai jembatan. Bila diberikan *input* tegangan jala-jala $V_s(t) = V_m \sin \omega$ maka setengah perioda yaitu gelombang positif ($0 \leq \omega t \leq \pi$) tegangan akan diberikan ke beban oleh pasangan dioda D_1 dan D_2 , selanjutnya untuk setengah perioda gelombang negatif ($\pi \leq \omega t \leq 2\pi$) tegangan diberikan oleh pasangan dioda D_3 dan D_4 . Bentuk tegangan keluaran akibat *input* tegangan sinusoida ditunjukkan seperti pada Gambar 11.

Gambar 11. Gelombang Tegangan Output Penyearah

Thyristor

Sebagai saklar *thyristor* akan aktif (*on*) jika tegangan pada anoda lebih positif dari pada tegangan pada katoda dan pada terminal *gate* dialirkan arus pulsa positif. Kondisi (*on*) *Thyristor* ini ditentukan oleh besar arus pulsa positif pada *gate* dan SCR akan tetap (*on*) meskipun arus pulsa pada *gate* diputus. SCR akan putus (*off*) dengan cara membuat tegangan pada anoda sama dengan katoda. Proses pengaliran arus listrik pada terminal *gate* ini disebut penyulutan/pemicu (*triggering*), sedangkan proses pemutusan (*off*) dari kondisi (*on*) ini disebut komutasi [4].

IC TCA785

IC TCA 785 merupakan produk dari siemen semikonduktor group yang dibuat untuk menghasilkan pulsa pemicu (*trigger pulse*) untuk mengontrol fasa pada SCR, *triac*, dan transistor, antara sudut $\alpha=0^\circ$ hingga $\alpha=180^\circ$ derajat pada sumber tegangan AC. IC TCA785 memerlukan sumber tegangan antara 8 Volt hingga 18 Volt, frekuensi kerja 10 Hz hingga 500 Hz, serta temperatur kerja antara -25°C hingga 85°C . Sinkronisasi sinyal dibutuhkan dengan menggunakan resistansi tingkat tinggi dari *line* tegangan (Vs). Gambar 12 menunjukkan bentuk fisik dari IC TCA 785[5]

Gambar 12. IC TCA 785[5]

IC ini dapat diaplikasikan pada kontrol tegangan AC terkontrol (*converter*) satu fasa dan tiga fasa, dan kontrol tegangan DC terkontrol (*DC chopper*). IC ini memiliki kaki (pin) sejumlah 16. Gambar 13 menunjukkan pin konfigurasi dari sebuah IC TCA785.

Gambar 13. Pin Konfigurasi

Prinsip kerja IC TCA785 adalah sinyal sinkronisasi dari tegangan sumber dihubungkan pada kaki nomor 5 (V_{SYNC}) melalui resistor berhambatan tinggi. *Zero detector* akan menentukan letak titik nol dan disimpan kedalam memori sinkron. *Detector* ini kemudian akan mengendalikan gelombang tegangan yang sesuai dengan frekuensi sumber tegangan. Kapasitor C_{10} dan R_9 akan menentukan kemiringan dari bentuk gelombang yang dihasilkan. Gelombang ini kemudian dibandingkan dengan tegangan referensi V_{11} oleh *comparator* (pembanding). Sinyal *output* dari *comparator* ini kemudian akan diteruskan ke rangkaian logika. Bila tegangan referensi pada kaki 11 (V_{11}) pada posisi terendah maka sudut penyulutan akan menunjukkan $\alpha = 0$ derajat. Sehingga untuk mengatur sudut pemicu dapat

dilakukan dengan mengatur besar tegangan yang dikirimkan ke pin 11 (V_{11}) seperti pada Gambar 14 [6].

Gambar 14. Blok Diagram Prinsip Kerja IC TCA785[7]

Bentuk gelombang *output* dari IC TCA785 seperti pada Gambar 15.

Gambar 15. Diagram Pulsa [7]

Motor Arus searah

Pada prinsipnya mesin listrik dapat berlaku sebagai motor maupun sebagai generator. Perbedaannya terletak pada konversi dayanya, generator adalah suatu mesin listrik yang mengubah daya masuk mekanik menjadi daya keluar listrik, sedangkan sebaliknya motor mengubah daya masuk listrik menjadi daya keluar mekanik [8].

Motor DC digunakan pada penggunaan khusus dimana diperlukan penyalan *torque* yang tinggi atau percepatan yang tetap untuk kisaran kecepatan yang luas, berikut memperlihatkan sebuah motor DC yang memiliki tiga komponen utama :

Kutub medan

Secara sederhana digambar secara instraksi menyebabkan putaran pada motor DC, motor DC memiliki kutub medan yang *stasioner* dan dinamo yang menggerakan *bearing* pada ruang diantara kutub medan.

Dinamo

Bila arus masuk menuju dinamo maka arus ini akan menjadi elektromagnetik, dinamo berbentuk silinder, dihubungkan AS penggerak untuk menggerakkan beban, untuk kasus motor DC kecil, dinamo berputar dalam medan magnet yang dibentuk oleh kutub-kutub, sampai kutub utara dan selatan dan setelah magnet berganti lokasi, jika hal ini terjadi, arus berbalik untuk merubah kutub-kutub utara dan selatan.

Commutator

Commutator ini terutama di temukan dalam motor DC. Kegunaannya adalah untuk membalikkan arah arus listrik dalam dinamo, *commutator* juga membantu dalam arus dinamo dan sumber daya[9]

Rangkaian Ekuivalen

Rangkaian ekivalen dari sebuah motor DC magnet permanen dapat ditunjukan seperti pada Gambar 16 [7].

Gambar 16. Ekuivalen Motor DC

Keterangan :

$$R_a = \text{Tahanan jangkar (Ohm)}$$
$$L_a = \text{Induktansi (H)}$$
$$V_s(t) = \text{Tegangan Terminal (Volt)}$$

Motor arus searah dari rumus umum motor arus searah untuk menentukan titik dimana dapat dilakukan pengaturan kecepatan adalah sebagai berikut [8] :

Untuk tegangan induksi berlaku hubungan [8] :

$$E_g = C.N. \Phi \quad (6)$$

Atau :

$$E_a = V_t \cdot I_a \cdot R_a \quad (7)$$

Persamaan untuk mencari kecepatan motor [8] :

$$N = \frac{E_a}{c\Phi} \quad (8)$$

Keterangan :

E_a = Gaya gerak listrik (Volt)

Φ = Fluks Magnet (Wb)

C = Konstanta

$$V_t = \text{Tegangan Terminal (Volt)}$$

I_a = Arus Jangkar (Amper)

R_a = Tahanan Jangkar (Ohm)

Sejarah Arduino

Arduino pertama kali diperkenalkan pada tahun 2005. Tim awal yang memprakarsai Arduino adalah Massimo Banzi, David Cuartielles, Tom Igoe, Gianluca Martino, and David Mellis. Nama Arduino berasal dari nama kedai minum di Ivrea, Italia, yang menjadi tempat mereka berkumpul dalam membahas proyek Arduino.

Gambar 17. Papan Arduino

Papan Arduino sendiri bermacam-macam. Salah satu yang populer adalah Arduino Uno seperti yang ditunjukkan pada Gambar 17. Papan ini mengandung sebuah mikrokontroler buatan Atmel yang menjadi pusat pengendali perangkat keras dan sejumlah pin untuk kepentingan operasi masukan (*input*) dan keluaran (*output*). Catu daya dapat diperoleh dari PC melalui kabel USB. Kabel ini juga sekaligus menjadi media untuk berkomunikasi antara Arduino dan PC [10].

Sensor Arus ACS712

ACS712 adalah *Hall Effect current sensor*. *Hall effect allegro ACS712* merupakan sensor yang presisi sebagai sensor arus AC atau DC dalam pembacaan arus didalam dunia industri, otomotif, komersil dan sistem-sistem komunikasi. Pada umumnya aplikasi sensor ini biasanya digunakan untuk mengontrol motor, deteksi beban listrik, *switched-mode power supply* dan proteksi beban berlebih [11]. Blok dari IC seperti pada Gambar 18 dan pin IC seperti pada Gambar 19.

Gambar 18. Block IC ACS712

Gambar 19. Pin IC ACS712

Keterangan fungsi pin IC ACS712 seperti pada Tabel 1

Tabel 1 PIN ACS712

PIN	Nama PIN	Diskripsi PIN
1 dan 2	IP+	Terminal Internal sensor arus
3 dan 4	IP-	Terminal internl sensor arus
5	GND	Terminal <i>Ground</i>
6	FILTER	Terminal External kapasitor
7	VOUT	Analog <i>Output</i> Signal
8	VCC	<i>Power Supply</i> Internal

Hukum 1 Kirchhoff

Jumlah kuat arus listrik yang masuk kesuatu titik simpul sama dengan jumlah kuat arus yang keluar dari titik simpul tersebut

$$\sum I \text{ masuk} = \sum I \text{ keluar} \quad (9)$$

Hukum 1 *Kirchoff* pada hubungan seri dan paralel komponen-komponen listrik (misal : lampu pijar) serta rangkaian penggantinya resistor [9] seperti pada Gambar 20 berikut :

Gambar 20. Rangkaian Hubungan Seri

Untuk mencari tegangan R_1 maka :

$$V_{ab} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \times V \quad (10)$$

Rangkaian RL

Rangkain RL adalah rangkaian yang terdiri dari resistor dan induktor. Rangkain tersebut mengubah arus menjadi medan magnet yang

disimpan dalam induktor. Rangkaian RL seri yang sederhana seperti pada Gambar 21 [7].

Gambar 21. Rangkaian RL

Arus yang berubah-ubah terhadap waktu sebagai $i(t)$, dan misalkan nilai $i(t)$ pada $t = 0$ dinyatakan sebagai I_0 , maka diperoleh :

$$V_r + V_L = Ri + L \frac{di}{dt} = 0 \quad (11)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sudut α dengan *oscilloscope*

Perhitungan dilakukan dengan cara melihat *DutyCycle* dari *oscilloscope* seperti pada Gambar 22.

Gambar 22. Sudut α 105°

$$DutyCycle = \Delta x \times Periode$$

$$DutyCycle = 4,120 \times 10$$

$$= 41,2$$

$$\alpha = \frac{180(100 - DutyCycle)}{100}$$

Tegangan dan arus Rata-rata (V_{avg}) beban resistansi

Hasil keluaran tegangan rata-rata dari rangkaian semikonverter dengan sudut yang telah ditentukan yaitu sebesar 105°, 110° dan 115° pada Tabel 2.

Tabel 2. Tegangan Rata-Rata Dan Arus Rata-Rata

No	Sudut α	V_s (Volt)	V_{dc} (Volt)	I (Amper)
1	105°	213,4	71,2367	0,03238
2	110°	213,2	63,1808	0,02872
3	115°	212,8	55,3376	0,02515
4	120°	210,5	47,4032	0,02155
5	125°	210,5	40,4277	0,01838
6	130°	214,4	34,4935	0,01568
7	135°	213,4	28,1507	0,0128
8	140°	212	22,3385	0,01015
9	145°	210	17,1048	0,00777
10	150°	212,5	12,8223	0,00583
11	155°	214,4	9,04719	0,00411
12	160°	214,3	5,82074	0,00265

Dari data Tabel 2 maka dapat dibuat grafik perbandingan antara sudut penyalan terhadap tegangan rata rata (V_{avg}) seperti pada Gambar 23.

Gambar 23. Grafik Tegangan Rata-Rata (V_{avg}) Terhadap Perubahan Sudut α

Gambar 24. Grafik Arus Rata-Rata Terhadap Sudut α

Data beban RL dari sudut yang telah ditentukan sebesar 105°, 110° dan 115° pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Perhitungan Beban RL

No	Sudut α	V_{dc} (Volt)
1	105°	214
2	110°	196,13
3	115°	185,4
4	120°	167,6
5	125°	157,7
6	130°	132,6
7	135°	108,2
8	140°	88,6
9	145°	57,9
10	150°	41,5
11	155°	23,7
12	160°	6,32

Dari data pada Tabel 2 dan Tabel 3 dapat dibuat grafik perbandingan Sudut α Terhadap tegangan beban motor dan beban resistansi seperti pada Gambar 25.

Gambar 25. Grafik Sudut terhadap tegangan

Data kecepatan motor dari sudut yang telah di tentukan sebesar 105° , 110° dan 115° pada Tabel 4

Tabel 4. Hasil Perhitungan Kecepatan Motor

No	Sudut α	V_{dc} (Volt)	I (Amper)	N (rpm)
1	105°	214	0,04762	3436,13
2	110°	196,7	0,04675	3140,92
3	115°	185,4	0,04588	2967,65
4	120°	167,6	0,04495	2675,92
5	125°	157,7	0,03313	2536,16
6	130°	132,6	0,03023	2127,76
7	135°	108,2	0,02763	1730,31
8	140°	88,6	0,02609	1409,95
9	145°	57,9	0,02436	906,806
10	150°	41,5	0,02246	639,973
11	155°	23,7	0,02003	351,095
12	160°	6,32	0,01887	66,6127

Dari Data pada tabel 4 dapat dibuat grafik perbandingan antara tegangan rata-rata (V_{avg}) terhadap putaran motor DC seperti pada Gambar 25

Gambar 26. Grafik Tegangan Terhadap kecepatan Motor DC

Dari data pada tabel 4 dapat dibuat grafik perbandingan antara sudut penyalan terhadap putaran motor DC seperti pada Gambar 27.

Gambar 27. Grafik Sudut α Terhadap Kecepatan Motor DC

Dari data pada Tabel 4 dapat dibuat grafik perbandingan antara arus rata-rata (V_{avg}) terhadap putaran motor DC seperti pada Gambar 28.

Gambar 28. Kecepatan Terhadap Arus

Sistem Kontrol *Feedback*

Untuk mengontrol tegangan *trigger*, dapat dilakukan dengan mengatur tegangan kontrol (V_{11}) pada IC TCA785. Kemudian *input* tegangan kontrol tersebut dihubungkan ke pin *output* PWM pada arduino, untuk diagram blok dan *system* kontrol rangkaian seperti pada Gambar 29 dan Gambar 30.

Gambar 29 Diagram Blok rangkaian

Gambar 30. Sistem *Control feedback*

Keterangan:

$R(s)$ = Tegangan Refrensi

$E(s)$ = Nilai eror

$G(s)$ = Rangkaian

$H(s)$ = Sensor Tegangan

$B(s)$ = Tegangan *feedback*

$C(s)$ = Tegangan *Output*

- a. Tegangan eror beban induktansi pada $E(s)$ adalah sebagai berikut :

$$E(s) = R(s) - B(s)$$

$$G(s) = \frac{C(s)}{E(s)}$$

- b. Tegangan *output* $C(s)$ beban induktansi rangkaian *feedback*

$$C(s) = G(s) \times E(s)$$

Hasil perhitungan $E(s)$ dan $G(s)$ seperti pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil perhitungan beban induktif (Motor DC)

No	$E(s)$	$G(s)$	$C(s)$
1	-0,001 Volt	-17740	17,74 Volt
2	0,002 Volt	6800	13,6 Volt
3	0,003 Volt	3043,33	9,129 Volt

4. KESIMPULAN

1. Tegangan *output* semikonverter sudut α 105° dengan beban resistor diperoleh tegangan V_{rms} semikonverter sebesar 121,57 Volt dan pada sudut penyalan 160° diperoleh tegangan V_{rms} sebesar 5,95 Volt dan semikonverter beban motor DC dengan sudut α 105° diperoleh tegangan V_{rms} semikonverter satu fasa sebesar 215,5 Volt dan sudut penyalan 160° diperoleh tegangan V_{rms} sebesar 19,43 Volt.
2. Motor DC dengan tegangan suplai dari semikonverter satu fasa sebesar 215,5 Volt diperoleh kecepatan motor DC 3436 rpm dan tegangan suplai 19,43 Volt diperoleh kecepatan motor DC 74,6 rpm.
3. Semikonverter menggunakan *feedback* arduino dengan beban resistor diperoleh tegangan *output* sebesar 17,75 Volt dan beban motor sebesar 17,75 Volt

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Ashari, *Disain Konverter Elektronika Daya*. 2017.
- [2] M. H. Rashid, *Power Electronics Academic Press Series in Engineering*. 2001.
- [3] C. W. Lander, *Power Electronics*. England: McGRAW-HILL, 1993.
- [4] D. Istradi, *Pengenalan Elektronika Daya*. 2017.
- [5] Datasheet ACS712 from Allegro, " <https://s3.eu-central-1.amazonaws.com/aviracdn1.prod/image/ipm/layout/av/logo.png>.
- [6] Features, datasheet IC TCA. pp. 1–16.
- [7] K. A. W. Hudaya, A. Warsito, and M. Facta, Pembuatan Penyearah Terkontrol Penuh Satu Fasa Sebagai Pengemudi Motor Dc 3 Hp, *Undergrad. thesis, Jur. Tek. Elektro Fak. Tek. Undip.*, pp. 1–6, 2002.
- [8] Zuhail, *Teknik Tenaga Listrik*. Gramedia Pustaka Utama, jakarta, p. 252, 1998.
- [9] Daryanto, *konsep dasar teknik elektronika kelistrikan*. 2016.
- [10] A. Kadir, Pemrograman arduino dan processing. PT. Elex Media Komputindo, jakarta. 2017.
- [11] R. Sulistyowati, D. D. Febriantoro, J. T. Elektro, and F. T. Industri, Perancangan Prototype Sistem Kontrol Dan Monitoring Pembatas Daya Listrik Berbasis, Vol. 16, 2012.