

PERANCANGAN PENYEARAH TERKENDALI UNTUK PENGATURAN KECEPATAN MOTOR DC



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I
pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik**

Oleh:

M. JIDIL MUSTOFA

D400160077

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2021**

HALAMAN PERSETUJUAN

**PERANCANGAN PENYEARAH TERKENDALI UNTUK PENGATURAN
KECEPATAN MOTOR DC**

PUBLIKASI ILMIAH

oleh:

M. JIDIL MUSTOFA

D400160077

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen Pembimbing



Agus Ulinuha, S.T.,M.T.,Ph. D.

NIK. 656

HALAMAN PENGESAHAN

PERANCANGAN PENYEARAH TERKENDALI UNTUK PENGATURAN KECEPATAN MOTOR DC

OLEH

M. JIDIL MUSTOFA

D400160077

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Pada hari Jumat, 19 Februari 2021
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji:

1. Agus Ulinuha, S.T.,M.T.,Ph. D

(Ketua Dewan Penguji)

2. Hasyim Asy'ari, S.T.,M.T

(Anggota I Dewan Penguji)

3. Tindyo Prasetyo, S.T.,M.T

(Anggota II Dewan Penguji)

(.....)

(.....)

(.....)



Dekan,

[Handwritten signature]

Dr. Sri Sumarjono, MT., PhD

NIK. 628

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah publikasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 15 Februari 2021

Penulis



M. JIDIL MUSTOFA

D400160077

PERANCANGAN PENYEARAH TERKENDALI UNTUK PENGATURAN KECEPATAN MOTOR DC

Abstrak

Dalam perkembangan teknologi saat ini motor DC banyak digunakan di berbagai bidang dan sejumlah perangkat elektronik diperlukan untuk mengatur kecepatan pada motor DC dapat dilakukan secara konvensional. Pengoperasian motor DC dengan pengaturan tegangan jangkar (*armature*) dan atau tegangan/ arus penguat medan (eksitasi) menggunakan auto-transformator atau tahanan asut, yang memerlukan perawatan rutin dan rumit. Secara fisik juga peralatan tersebut kurang praktis, biaya relatif mahal, dan pengaturan tegangan jangkar memiliki efisiensi yang rendah. Maka dari itu akan dibutuhkan alat pengatur kecepatan motor DC yang lebih praktis dan ekonomis. Untuk menyelesaikan permasalahan yang ada, maka penulis menyusun Tugas Akhir dengan judul "Perancangan Penyearah Terkendali Untuk Pengaturan Kecepatan Motor DC". Sebagai tindak lanjut dari Tugas Akhir ini maka penulis merancang kit penyearah terkendali yang mengubah tegangan AC menjadi tegangan DC terkendali dan kit dari penelitian ini juga dapat dimanfaatkan untuk praktikan di perkuliahan sebagai pengenalan SCR (*Silicon Controlled Rectifier*) dan pemanfaatan serta pengoperasiannya. Dalam penelitian ini dirancang kit kontrol kecepatan motor DC dengan sumber 220V AC yang diturunkan menjadi 12V menggunakan trafo CT 1A. Keluaran dari trafo dirangkakan pada *ground*, dan ke anoda dari SCR (BT151) dan juga ke *gate* SCR (yang sebelumnya disearahkan menggunakan dioda IN4004 dan dirangkai dengan potensiometer 1K). Keluaran dari katoda SCR yang berupa tegangan DC dapat diatur dengan potensiometer dimana ketika potensiometer diatur dari 0% ke 100% secara langsung dapat mengubah sudut penyulutan yang berpengaruh terhadap tegangan keluaran. Dengan demikian tegangan keluaran yang terangkai pada motor DC dapat mengatur kecepatan motor. Dari penelitian ini telah didapatkan hasil dimana pada pengaturan potensiometer 25%, dengan sudut penyulutan 30°, motor belum berputar. Dan pada pengaturan potensiometer 100%, dengan sudut penyulutan 180° motor berputar pada kecepatan ≤ 1867 rpm. Tegangan *trigger* berbanding terbalik dengan sudut penyulutan pada keluaran SCR. Semakin besar tegangan *trigger* maka semakin kecil sudut gelombang dan semakin lambat putaran motor.

Kata Kunci: Motor DC, Pengaturan Percepatan Motor DC, Thyristor/SCR.

Abstract

In the current technological developments, DC motors are widely used in areas and many electronic devices. To regulate the speed of a DC motor, it can be done in a conventional way. Operating a DC motor by setting the armature voltage and controlling the field voltage / current (excitation) using an auto-transformer or starting resistance, requires regular and complicated maintenance. The equipment is physically impractical, relatively expensive, and the armature voltage regulation has low efficiency. Therefore it will be required to control the DC motor speed more practical and economic. To get the solution, the authors compile a final project entitled "Perancangan Penyearah Terkendali untuk Pengaturan Kecepatan Motor DC". As a follow-up of this final project, the

authors designed a controlled rectifier kit that converts AC voltage into controlled DC voltage, which can also be used for the lab class to be the introduction and utilization of SCR (Silicon Controlled Rectifier) operation. In this reseach, a DC motor speed control kit was designed with a 220V AC source that was reduced to 12V using a 1A CT transformer. The output from the transformer is connected to the ground, and to the anode of the SCR (BT151) and also to the gate SCR (which was previously rectified using the IN4004 diode and coupled with a 1K potentiometer). The output of the SCR cathode is DC voltage can be adjusted with a potentiometer where when the potentiometer is set from 0% to 100% it can directly change the firing angle which affects the output voltage. Therefore the output voltage connected to the DC motor control can regulate the motor speed. From this research, it has been confirmed that at 25% potentiometer setting, with firing angle at 30° the motor cannot rotate . And at 100% potentiometer setting, with firing angle at 180° the motor can rotate at a speed of ≤ 1867 rpm. The voltage trigger is inversely proportional to the firing angle at the output of the SCR. The greater trigger voltage, then smaller the angle of the waves and the slower rotation of the motor.

Keywords: DC motors, Speed control DC motors, Tyristor/SCR.

1. PENDAHULUAN

Motor DC merupakan *actuator* yang sangat lazim digunakan. Ada berbagai macam alasan mengapa motor DC sangat populer digunakan. Salah satunya adalah sistem tenaga listrik DC masih umum digunakan pada industri dan peralatan elektronik. Dan apabila tidak ada sumber tenaga listrik DC, rangkaian penyearah dan *chooper* dapat digunakan untuk menghasilkan sumber listrik DC yang diinginkan (Bahar, 2015). Motor DC memiliki karakteristik Torsi - Kecepatan putaran yang bervariasi dan memberikan daerah (*range*) pengaturan kecepatan (*speed control/drive*) yang lebar namun tetap memiliki efisiensi tinggi. Cara konvensional pengoperasian motor arus searah adalah dengan pengaturan tegangan jangkar (*armature*) dan atau tegangan/arus penguat medan (eksitasi). Untuk keperluan ini, dapat digunakan auto-transformator atau tahanan asut. Selain memerlukan perawatan rutin dan rumit, secara fisik peralatan tersebut kurang praktis, biaya relatif mahal, dan masih banyak kelemahan lainnya (Sukarno, 2017).

Secara sederhana motor listrik bekerja dengan prinsip bahwa dua buah medan magnet dapat dibuat berinteraksi untuk menghasilkan gerak. Tujuan motor adalah untuk menghasilkan gaya yang menggerakkan yaitu Torsi. Biasanya motor dipasang untuk menggerakkan pekerjaan tertentu yang memerlukan kecepatan putar yang tepat, sehingga kecepatan putar dapat diatur sedemikian rupa sesuai dengan tujuan penggunaan motor DC.(Sunarhati, 2018)

Dalam sistem kendali putaran motor DC secara elektronik, dapat dilakukan dengan menggunakan SCR. SCR memiliki tiga terminal yaitu anoda, katoda, dan *gate* yang dapat digunakan dengan masukan AC ataupun DC.(Arsov and Mir, 2010). SCR yang merupakan dioda pengendali yang dapat mengendalikan tegangan dan daya yang relatif tinggi dimana prinsip kerja dari SCR itu sendiri yaitu ketika *gate* dialiri tegangan DC yang terkontrol yang berfungsi untuk *trigger* yang dapat mengontrol sudut gelombang pada penyalan, maka SCR dapat berfungsi sebagai penyearah yang terkontrol dengan keluaran DC pada katoda(Khairudin, Purwantiningsih and Irawan, 2016).

Berkembangnya teknologi elektronika daya, khususnya dengan adanya penemuan Thyristor (SCR, SCS, TRIAC, DIAC), maka pemanfaatan konverter dan inverter merupakan sebuah solusi pemutakhiran pengendali kelistrikan, terutama dari pemanfaatan SCR. Misalnya dalam pengaturan tegangan ac/dc, juga *motors speed control/drive* yang mudah, luwes, praktis, dan ekonomis(Sukarno, 2017). SCR yang terdiri dari 4 lapis semikonduktor PNP (positif negatif positif negatif) yang sering disebut PNP trioda. *Gate* pada SCR terletak pada lapisan tipe P maka dibutuhkan tegangan DC untuk mengontrol sudut penyalannya.

Dari uraian di atas, maka penulis menyusun Tugas Akhir dengan judul “Perancangan Penyearah Terkendali Untuk Pengaturan Kecepatan Motor DC”. Dan sebagai tindak lanjut dari Tugas Akhir ini, penulis akan membuat alat penyearah terkontrol untuk pengatur kecepatan motor DC dengan menggunakan SCR yang mana alat bekerja dengan sumber AC dan menghasilkan keluaran DC yang terkontrol..

2. METODE

Langkah-langkah penelitian menggunakan beberapa metode, yaitu :

2.1 Studi literatur

Tahapan ini merupakan proses mencari informasi dari berbagai sumber seperti *e-book*, internet, dan jurnal – jurnal internasional dan nasional yang berhubungan dengan tugas akhir sebagai penunjang penelitian.

2.2 Perancangan sistem

Perancangan sistem dimana SCR akan dirangkai dalam sebuah kit penyearah terkendali yang mengubah sumber tegangan AC menjadi tegangan DC terkendali. Sebelum membuat peralatan

real penulis mencoba rangkaian menggunakan simulai pada *software* proteus. Pada kit akan diberi masukan sumber AC 220V yang diubah menjadi 12V menggunakan trafo dan tegangan AC masuk ke anoda dan *gate*, anoda dan katoda akan terhubung ketika *gate* diberi arus DC, maka sebelum masuk ke *gate* tegangan di searahkan menggunakan dioda IN14004 dan dapat diatur variabelnya menggunakan potensiometer, ini akan menghasilkan keluaran DC yang dapat diatur dari 0,4 – 11,4 VDC dan disambungkan ke beban berupa motor DC. Dari sini dihasilkan kit penyearah yang terkendali untuk mengontrol kecepatan motor DC.

2.3 Pengambilan data

Data yang diambil dari penelitian ini adalah data parameter yang dibutuhkan dari penelitian berupa ukuran gelombang, dari gelombang ini dapat diambil data berupa Time/Div, V/Div. Data lain berupa tegangan pada sumber, *gate*, dan tegangan pada keluaran yang berpengaruh terhadap kecepatan motor DC, yang mana data didapat dengan melakukan pengamatan dan pengujian terhadap alat pengatur kecepatan motor DC.

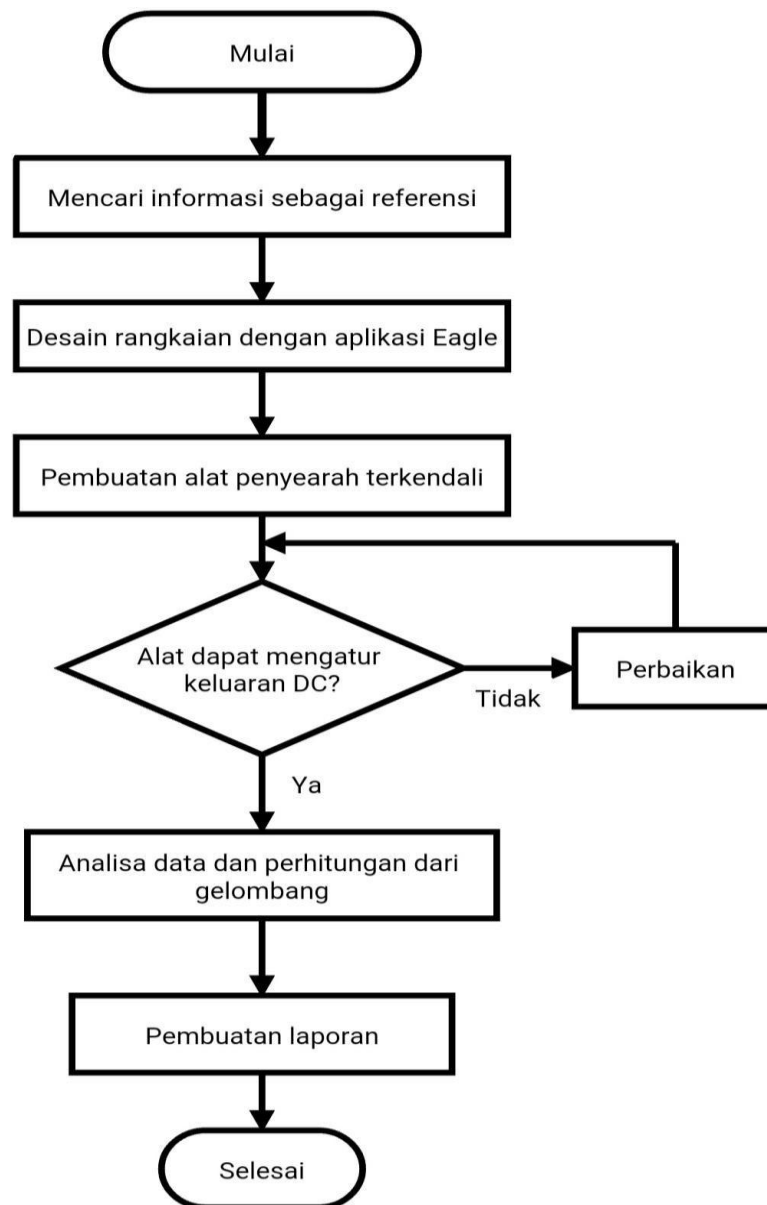
2.4 Perhitungan Data

Tujuan dari perhitungan data disini untuk mengolah data yang diambil sehingga meghasilkan parameter yang dibutuhkan, kemudian dihitung secara manual dari parameter yang sudah diambil pada osiloskop berupa Time/Div, Volt/Div, Div Vertikal, dan Div Horizontal sehingga dapat dihitung frekuensi dari gelombang.

2.5 analisis data

Analisis data adalah menganalisa data yang telah didapat dari pengujian. Data berupa tegangan dan arus dapat digunakan untuk mengetahui perbandingan antara tegangan penyulutan dan tegangan yang dihasilkan. Perhitungan dapat dilakukan dengan mengetahui parameter – parameter pada gelombang sehingga dapat diketahui frekuensi setiap gelombang. Dan diambil kesimpulan dari keberhasilan alat kontrol motor DC mnggunakan SCR dari pengujian yang telah dilakukan.

2.6 Diagram Alir/Flowchart



Gambar 1. *Flowchart*

Keterangan :

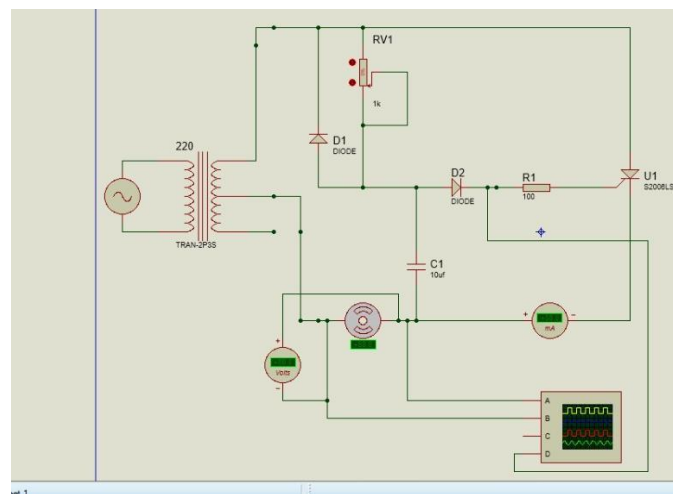
1. Mencari informasi dari berbagai referensi.
2. Menguji beberapa rangkaian menggunakan *proteus*.
3. Membuat rangkaian pada hardware (pada papan pcb).
4. Melakukan ujicoba pada alat, jika alat berjalan secara baik maka akan dilanjutkan untuk membuat kit lalu melakukan analisis data, namun jika alat tidak berjalan secara baik sesuai dengan tujuan tugas akhir maka perlu dilakukan analisa dan perbaikan jika perlu mengganti rangkaian hingga alat berfungsi dengan baik.

5. Data yang sudah didapat dari hasil pengujian akan dianalisis untuk diambil kesimpulan.
6. Menyusun laporan berupa jurnal dari hasil percobaan yang telah dibuat.

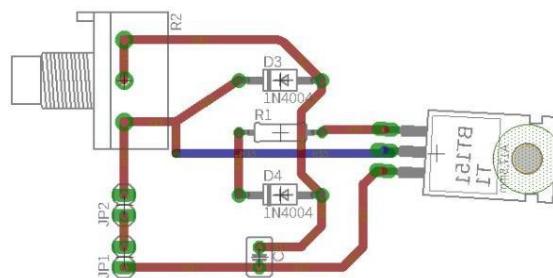
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Bentuk kit dari Alat Penyearah Terkendali Kontrol Kecepatan motor DC

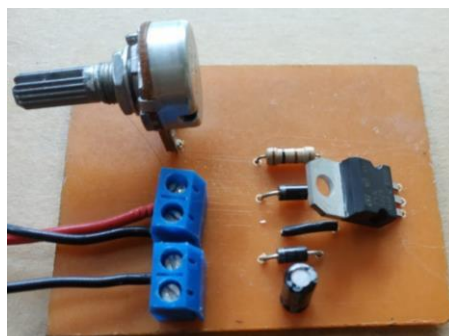
Perancangan dan simulasi rangkaian alat kontrol kecepatan motor DC yang akan digunakan dalam penelitian. Pembuatan dan simulasi rangkaian menggunakan aplikasi *proteus* yang kemudian diaplikasikan dan dirangkai pada PCB untuk membuat alat.



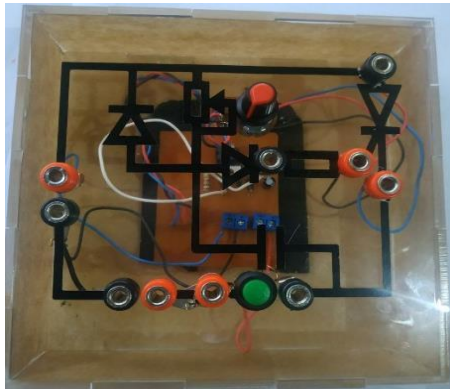
Gambar 2. simulasi rangkaian pada proteus



Gambar 3. Rangkaian skematik pada Eagle



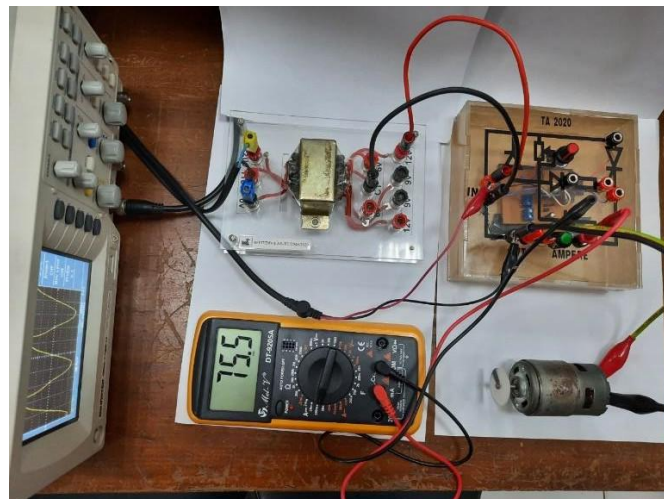
Gambar 4. Rangkaian pada PCB



Gambar 5. kit trainer



Gambar 6. Motor DC 12V



Gambar 7. Rangkaian berbeban

3.2 Data hasil ujicoba KIT

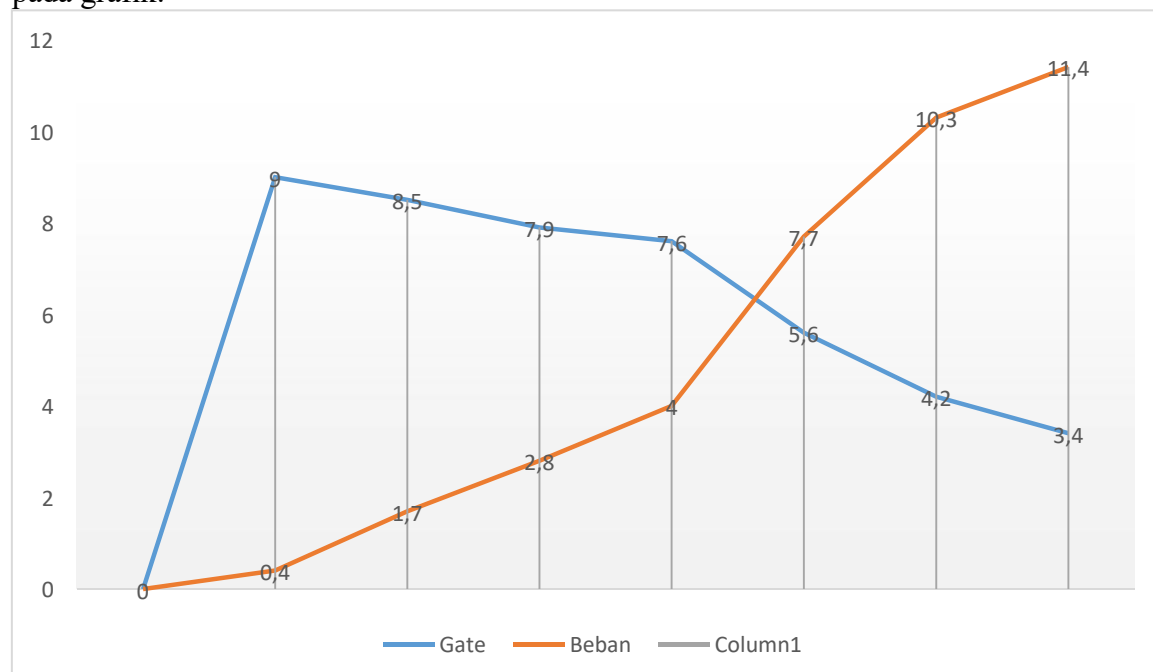
Data didapatkan dari hasil ujicoba kit dengan cara mengukur tegangan pada sumber, tegangan pada *gate* yang merupakan tegangan *trigger*, dan tegangan pada keluaran yang dapat diatur dengan sudut penyulutan. Untuk mengatur sudut penyulutan itu sendiri dapat dilakukan

dengan mengatur tegangan *trigger* pada *gate* yaitu dengan mengubah *variable resistor* (potensiometer) dari 0% hingga 100%. Dengan mengubah posisi potensiometer, akan mengatur sudut penyulutan yang ditampilkan pada osiloskop. Yaitu untuk menghasilkan sudut penyulutan 30° didapatkan ketika posisi potensiometer di 25%. Dari pengujian ini, diketahui motor dapat berputar pada sudut penyulutan 45°.

Tabel 1. Hasil percobaan penyalan SCR dengan potensiometer dengan beban motor DC

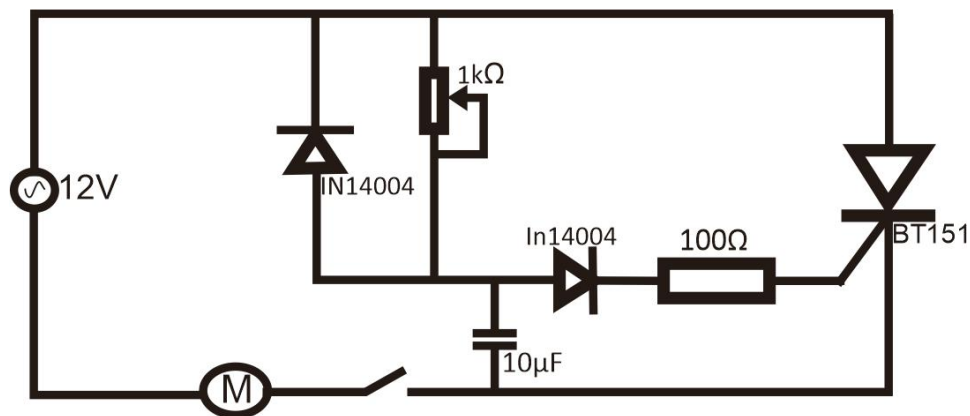
Beban Potensiometer	Posisi Potensiometer	Hasil Sudut Penyulutan	Arus keluaran	Tegangan			Kecepatan (rpm)
				Sumber	Gate	Beban	
1K	0%	0°	0mA	11,75 V	0 mV	0 VDC	0
1K	25%	30°	63 mA	11,76 V	9,0 mV	0,4 VDC	0
1K	35%	35°	69 mA	11,68 V	8,5 mV	1,7 VDC	242
1K	40%	40°	75 mA	11,7 V	7,9 mV	2,8 VDC	306
1K	50%	45°	89 mA	11,67 V	7,6 mV	4,0 VDC	531,2
1K	75%	90°	98 mA	11,64 V	5,6 mV	7,7 VDC	1200
1K	90%	135°	108 mA	11,67 V	4,2 mV	10,3VDC	1672
1K	100%	180°	112 mA	11,67 V	3,4 mV	11,4 VDC	1867

Karakteristik SCR dimana tegangan *trigger* berbanding terbalik dengan keluaran dapat dilihat pada grafik:



Gambar 8. Grafik perbandingan antara tegangan *gate* dan tegangan beban

3.3 Analisa Rangkaian



Gambar 9. Rangkaian

Rangkaian pada alat penyearah terkendali pegatur kecepatan motor DC ini terdiri dari dua buah dioda 1A IN4004, satu kapasitor $10\mu\text{f}$, SCR (*Silicon Controlled Rectifier*), potensiometer $1\text{K}\Omega$, dengan beban motor DC 12V/24V 100W. Pada rangkaian ini, sumber AC 220V dari PLN diturunkan menggunakan transformator sesuai dengan yang dibutuhkan beban yaitu 12V. Sumber 12V dari transformator dirangkakan ke anoda SCR, dimana anoda dan katoda SCR akan terhubung bila *gate* diberi arus DC sebagai penyulut (*trigger*). Karena *gate* membutuhkan tegangan DC, maka rangkaian *trigger* dirangkakan dengan dioda sebagai pemotong gelombang dan menghasilkan arus DC yang dapat diatur menggunakan potensiometer.

Dari rangkaian penyearah terkendali untuk pengaturan kecepatan motor DC ini, tegangan *trigger* berpengaruh pada bentuk sudut penyulutan gelombang. Tegangan *trigger* berbanding terbalik dengan sudut penyulutan gelombang dan hasil tegangan keluaran. Yaitu semakin besar tegangan *trigger* maka semakin kecil sudut penyulutan dan semakin kecil pula tegangan keluaran yang dihasilkan.

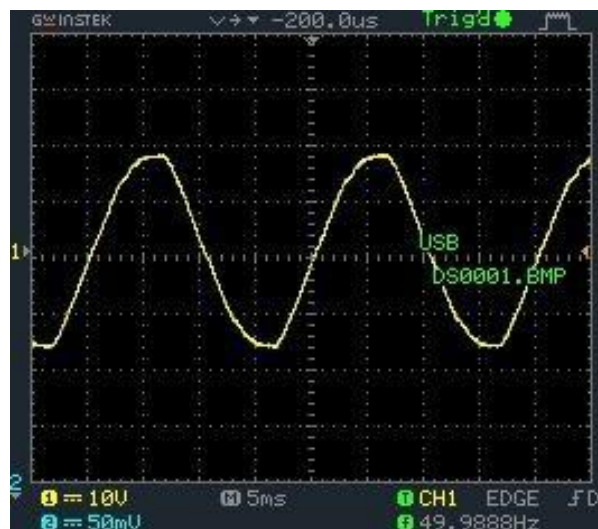
3.4 Hasil Gelombang dari Osiloskop

Dalam penelitian ini digunakan osiloskop untuk menampilkan gelombang. Untuk menampilkan gelombang masukan dan sudut gelombang 0° sampai 180° dapat dilakukan dengan cara:

1. Pertama melakukan kalibrasi osiloskop sesuai dengan intruksi penggunaan osiloskop.

2. Untuk menampilkan gelombang masukan, maka *ground* pada osiloskop dirangkakan ke *ground* sumber dan *jumper* osiloskop ke sumber 12V. Dari pengukuran pada osiloskop menampilkan gelombang AC *sinusoidal*.
3. Untuk menampilkan sudut gelombang 0° sampai 180° , maka *ground* dari osiloskop dirangkakan pada *ground* rangkaian, dan *jumper* osiloskop dirangkakan pada katoda SCR. Dari pengukuran pada osiloskop menampilkan gelombang DC yang dapat diatur dari sudut 0° sampai 180° .
4. Data gambar didapat dengan mengatur pada osiloskop.

Pada gambar 9 sampai gambar 15 menunjukkan gambar gelombang masukan dan gelombang sudut penyulutan:



Gambar 10. Gelombang *sinusoidal* Masukan



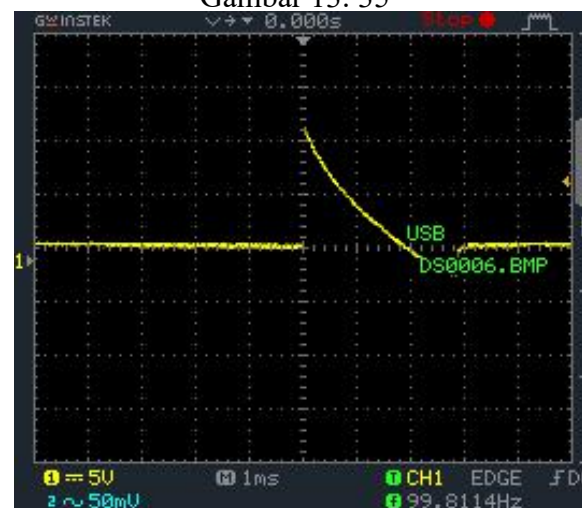
Gambar 11. 0°



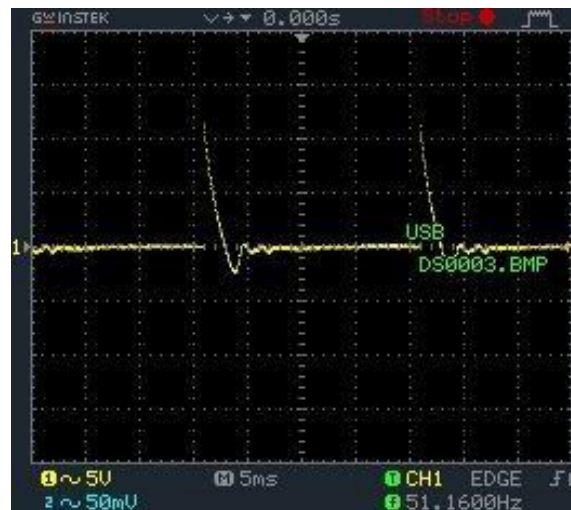
Gambar 12. 30°



Gambar 13. 35°



Gambar 14. 40°



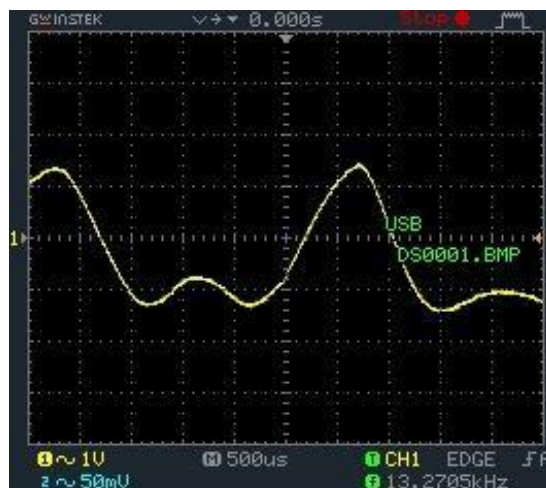
Gambar 15. 45°



Gambar 16. 90°



Gambar 17. 135°



Gambar 18. 180°

Dari gelombang diatas didapatkan data:

Tabel 2. Data gelombang

Sudut Penyulutan	Volt/Div	Time/Div	Div Horisontal	Div vertikal
0°	1V	100µs	0	0
30°	10V	2,5ms	1,2	1
35°	5V	1ms	3,2	2
40°	5V	1ms	2,9	2
45°	5V	5ms	0,5	2
90°	2V	1ms	2	3,5
135°	500mV	500µs	2	3
180°	1V	500µs	1,9	3

3.5 Perhitungan Frekuensi Gelombang

. Pada sebuah gelombang dapat diketahui VPP (*Volt Peak to Peak*) dan T (periode) untuk menentukan frekuensi dengan rumus:

$$= i \quad i \quad / \quad i \quad (1)$$

$$(\quad i \quad) = i \quad / \quad i \quad i \quad iz \quad (2)$$

$$(\quad i) = \frac{1}{-} \quad (3)$$

Dibawah ini hasil perhitungan dari gelombang berdasar data dari table 2:

Pada saat potensiometer 25%, tegangan *trigger* 9,0mV dan gelombang menunjukan pada sudut 30° dengan keluaran 0,40VDC. Dan pada gelombang diketahui:

$$\begin{aligned} VPP &= 1 \times 10v \\ &= 10 \text{ VPP} \\ T &= 2,5 \text{ ms} \times 1,2 \\ &= 3 \text{ ms} \\ &= 0,003 \text{ s} \\ F &= \frac{1}{0,003} \\ &= 300 \text{ Hz} \end{aligned}$$

Perhitungan frekuensi dilakukan guna mengetahui perbedaan frekuensi dari sudut penyulutan gelombang 0° hingga 180°. Sehingga dapat diketahui pengaruh frekuensi terhadap perubahan kecepatan motor DC.

Tabel 3. Hasil perhitungan data variabel gelombang

Sudut Penyulutan		(i)	(i)
0°	0 VPP	0 s	- Hz
30°	10 VPP	0,003 s	300 Hz
35°	10 VPP	0,0032 s	312,5 Hz
40°	10 VPP	0,0029 s	344,8 Hz
45°	10 VPP	0,0025 s	400 Hz
90°	7 VPP	0,002 s	500 Hz
135°	1,5 VPP	0,001 s	1000Hz
180°	3 VPP	0,00095 s	1052,6 Hz

3.6 Pembahasan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, Dengan mengatur potensiometer untuk mengubah tegangan *trigger*, dalam pengukuran dapat dilihat disaat kondisi potensiometer 0% tegangan *trigger* lebih besar dan semakin potensiometer diputar hingga 100% maka tegangan *trigger* semakin kecil yaitu dari 9,0mV sampai 3,4mV. Sedangkan hasil pengukuran keluaran dari katoda menunjukkan bahwa tegangan yang dihasilkan berupa tegangan DC, disini berbanding terbalik dengan tegangan *trigger* yaitu semakin kecil tegangan *trigger* maka tegangan keluaran semakin besar. Pada penyearah terkendali ini dapat menghasilkan keluaran DC dengan tegangan minimum 0,4VDC dan tegangan maksimum 11,4VDC.

Semua gelombang sudut penyulutan merupakan gelombang DC karena merupakan gelombang hasil penyearah. Seperti yang kita ketahui gelombang terdiri dari satu puncak dan

satu lembah. Gelombang listrik DC yang merupakan setengah gelombang atau hanya puncak saja (180°) karena hanya meloloskan gelombang positif, begitu juga pada sudut 135° dan 180° pada hasil osiloskop. Gelombang pada sudut penyulutan terlihat seperti gelombang sinus (gelombang AC) kerna frekuensi yang tinggi sehingga gelombang sangat rapat dan menyebabkan gelombang terlihat memiliki lembah, sedangkan sebenarnya gelombang tersebut tetap gelombang DC.

Setelah dilakukan perhitungan frekuensi, dapat diketahui semakin kecil sudut penyulutan gelombang semakin kecil frekuensi yang dihasilkan dan sebaliknya semakin besar sudut penyulutan gelombang maka semakin besar frekuensi yang berpengaruh pada kecepatan motor.

4. PENUTUP

Dari hasil pengujian dan pengukuran alat penyearah terkendali untuk pengaturan kecepatan motor DC dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Alat dapat bekerja dengan baik sesuai tujuan awal pembuatan tugas akhir yaitu dapat mengubah sumber AC menjadi keluaran DC yang terkontrol. Tegangan *trigger* berbanding terbalik dengan keluaran dari katoda, yaitu semakin kecil tegangan *trigger* maka semakin besar tegangan pada keluaran.
2. Alat yang diberi sumber tegangan AC 12V dapat menghasilkan tegangan minimum 0,4VDC dan tegangan maksimum dari keluaran dapat mencapai 11,4VDC. Ini berbanding lurus dengan sudut penyulutan pada gelombang, yaitu ketika sudut 30° memberikan hasil keluaran minimum, dan pada sudut 180° akan memberikan hasil keluaran maksimum. Dengan demikian didapat kesimpulan alat dapat menghasilkan tegangan keluaran ketika sudut penyulutan gelombang 30° .
3. Alat ini cukup jelas untuk menunjukkan karakteristik dari SCR dan bagaimana *gate* bekerja sebagai *trigger* terhadap anoda dan katoda. Sehingga alat ini dapat digunakan sebagai kit *trainer* oleh mahasiswa dalam praktikum di LAB sebagai pengenalan dan pengaplikasian SCR.

PERSANTUNAN

Penulis mengucapkan syukur kepada kehadiran Allah SWT karena berkat rahmat dan ridho-Nya dan sholawat serta salam tak lupa juga penulis curahkan kepada Nabi Muhammad SAW sehingga penulis dapat pembuatan laporan Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan baik. Penulisan Tugas Akhir ini tidak lepas juga dari berbagai pihak, dengan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada:

Ibu tercinta Yulianti Tri Mulatsih karena berkat doa dan dukungannya yang selalu mendampingi, hingga penulis memiliki motivasi untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Bapak Agus Ulinuha, S.T., M.T., Ph.D selaku dosen pembimbing yang selalu sabar memberikan ilmu serta bimbingannya hingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan baik.

Bapak Umar, S.T., M.T selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Surakarta dan seluruh dosen Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Surakarta yang telah mendidik selama perkuliahan.

Rekan CWT (Champion Without Trophy) Aan, Aceng, Dandi, Bambang, Feby, Fahmi, Ucup, Prima, Fajri, Raka, Wahyu, dan Jimbo. Yang selalu memberi dukungan dan dorongan satu sama lain untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan caranya sendiri.

Teman – teman kelas B. Terutama Ahmad Malik Ibrahim yang selalu mau direpotkan oleh penulis selama 9 semester dibangku perkuliahan, dan Bisma Putri Jayanti yang membantu dalam pembuatan Tugas Akhir ini.

DAFTAR PUSTAKA

Arsov, G., Mircevski, S., 2010 "The Sixth Decade of the Thyristor", jurnal Electronics vol 14 no 1.

Ardiansyah, R.A., 2017 "Perancangan dan Pengujian Sistem Pengendali Sudut untuk Motor DC Brushless menggunakan Kendali Algoritma P-D" jurnal Rekayasa Elektrika, Vol.13, No.5, Pusat Penelitian Tenaga Listrik dan Mekatronik - LIPI, Bandung.

Bahar, A.K., 2015 "OTOMATISASI PENGATURAN KECEPATAN PUTARAN MOTOR DC 1 KW BERBASIS THYRISTOR", Politeknik Negeri Sriwijaya, Palembang.

Ishak, E., Hunaini, F., Rofii, F., 2016 "SISTEM KONTROL KECEPATAN MOTOR DC MENGGUNAKAN PID-MQPSO", Universitas Widyagama Malang, Malang.

Khairudin, M., dkk. 2016 "SILICON CONTROLLED RECTIFIERS", Universitas Negeri

Yogyakarta, Yogyakarta.

Mutiar, 2017 " PERUBAHAN SUDUT PENYALAAN TIRISTOR PADA PENYEARAH GELOMBANG PENUH TERKENALI PENUH TERHADAP PUTARAN MOTOR DC SERI" Politeknik Negeri Sriwijaya, Palembang.

Sadi, S., Haq, S., 2017 "PERANCANGAN DAN ANALISA PENGENDALIAN KECEPATAN MOTOR ARUS SEARAH 15 HP DENGAN $\alpha = 0^{\circ} - 75^{\circ}$ MENGGUNAKAN TC 780 DAN SCR", Universitas Muhammadiyah Tangerang, Tangerang.

Sukarno, W.A., 2017 "THYRISTOR SEMI-KONVERTER SATU PHASA PENGENDALI MOTOR ARUS SEARAH PENGUAT TERPISAH", jurnal ELEKTRA, Vol.2, No.1, Politeknik Enjinering Indorama, Purwakarta.

Sunarhati, M., 2018 "ANALISA PENGATURAN KECEPATAN PUTARAN MOTOR DC PENGUAT DENGAN MENGGUNAKAN THYRISTOR", Universitas Palembang, Palembang.

Waroh, A.P.Y., 2014 "ANALISA DAN SIMULASI SISTEM PENGENDALIAN MOTOR DC" jurnal Ilmiah Sains Vol. 14 No. 2, Politeknik Negeri Manado, Manado.