

TUGAS AKHIR
**ANALISIS SISTEM REGULASI PADA PCB KONTROL AUTOMATIC
VOLTAGE REGULATOR**

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Elektro Pada Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh:

JONTIANUS D. SINAGA
1407220123



UMSU
Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2021**

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas akhir ini diajukan oleh:

Nama : Jontianus D Sinaga
NPM : 1407220123
Program Studi : Teknik Elektro
Judul Skripsi : Analisis Sistem Regulasi Pada PCB Kontrol Automatic
Voltage Regulator

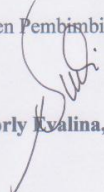
Telah berhasil dipertahankan dia hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatra Utara.

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing I / Penguji


Faisal Irsan Pasaribu, S.T., M.T

Dosen Pembimbing II / Penguji


Noorly Kyalina, S.T., M.T

Dosen Pembanding I / Penguji


DR. Fitra Zambak, M. Sc

Dosen Pembanding II / Penguji


Arnawan Hasibuan, S.T., M.T

Program Studi Teknik Elektro
Ketua,




Faisal Irsan Pasaribu, S.T., M.T

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Jontianus D. Sinaga
Tempat /Tanggal Lahir : Laurambong, 05 Juli 1995
NPM : 1407220123
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Elektro

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Ahir saya yang berjudul:

"ANALISIS SISTEM REGULASI PADA PCB KONTROL AUTOMATIC VOLTAGE REGULATOR"

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Ahir saya secara orisinal dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan atau paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Sipil/Mesin/Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.



Medan, 30 April 2021
saya yang menyatakan,

JONTIANUS D SINAGA

ABSTRAK

Diera saat ini ilmu pengetahuan dan teknologi telah berkembang dengan pesat sekali. Seperti teknologi pengendali elektronika misalnya, dimana komponennya banyak digunakan dan diaplikasikan pada bidang teknik pengendalian tenaga listrik. Kemajuan tersebut tentunya didasari oleh adanya keinginan untuk mendapatkan hasil produk yang lebih baik dari hasil sebelumnya. Komponen elektronika banyak terdapat pada modul PCB (Printed Circuit Board) yang didesain menjadi sebuah rangkaian pengendali alat-alat kelistrikan seperti sistem pengendali *Automatic Voltage Regulator* atau stabilizer listrik agar dapat bekerja secara otomatis. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui unjuk kerja sistem regulasi tegangan pada sistem pengendali (PCB kontrol) *Automatic Voltage Regulator*, menganalisis sistem regulasi arus dan tegangan pada PCB kontrol dan untuk mengetahui kerusakan yang sering terjadi pada *Automatic Voltage Regulator* dan cara mengatasinya. Pengujian yang dilakukan dengan menggunakan beban *servo motor* pada frekuensi 20 Hz dan 50 Hz. Pengujian pada frkuensi 20Hz tegangan input mengalami penurunan dari 16,3 Vac menjadi 15,7 Vac dan pada frekuensi 50 Hz tegangan tetap stabil 16,3 Vac. Sementara pada output rangkaian penelitian tegangan ikut menurun saat dibebani, dari 12 Vdc menjadi 4,77 Vdc. Dapat disimpulkan perubahan tegangan pada input dipengaruhi oleh frekuensi sedangkan perubahan tegangan pada output disebabkan oleh beban yang diberikan.

Kata kunci : *Automatic Voltage Regulator, PCB kontrol, Servo Motor*

ABSTRACT

The current era of science and technology has developed very rapidly. Such as electronic control technology, for example, where the components are widely used and applied in the field of electrical power control engineering. The progress is of course based on the desire to get better product results than previous results. Many electronic components are found in PCB (Printed Circuit Board) modules which are designed to be a series of controlling electrical devices such as the Automatic Voltage Regulator control system or electric stabilizer so that they can work automatically. The purpose of this study was to determine the performance of the voltage regulation system in the Automatic Voltage Regulator control system (PCB control), to analyze the current and voltage regulation system on the control PCB and to determine the frequent damage to the Automatic Voltage Regulator and how to overcome it. Tests carried out using a servo motor load at a frequency of 20 Hz and 50 Hz. Testing at a frequency of 20Hz the input voltage has decreased from 16.3 Vac to 15.7 Vac and at a frequency of 50 Hz the voltage remains stable 16.3 Vac. While at the output of the research circuit the voltage also decreases when loaded, from 12 Vdc to 4.77 Vdc. It can be concluded that the change in voltage at the input is influenced by frequency while the change in voltage at the output is caused by the load given.

Keywords :*Automatic Voltage Regulator, PCB control, Servo Motor*

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan kepada Tuhan Yang Maha Kuasa, karena atas berkat dan rahmatNya senantiasa menyertai penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Begitu juga penulis mengucapkan banyak terimakasih terkhusus kepada orang tua yang senantiasa memberikan dukungan kepada penulis baik berupa dukungan materil maupun dukungan moril.

Tugas Akhir ini berjudul **“Analisis Sistem Regulasi Pada PCB Kontrol Automatic Voltage Regulator”**. Tugas Akhir merupakan salah satu syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU) Medan.

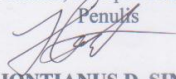
Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis mengucapkan banyak terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Kedua Orang Tua dan Keluarga saya yang mendukung dan memberikan kasih sayangnya sehingga saya dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T.,M.T selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Bapak Faisal Irsan S.T.,M.T, selaku Kaprodi Teknik Elektro sekaligus sebagai dosen pembimbing I saya, yang telah memberikan arahan, waktu dan bimbingan kepada saya sehingga saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.

4. Ibu Noorly Evalina, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing II yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Bapak DR. Fitra Zambak, M. Sc selaku Dosen Pembimbing I dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini
6. Bapak Arnawan, S. T, M. T, selaku Dosen Pembimbing II dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini
7. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah mendidik dan memberikan banyak ilmu kepada penulis.
8. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
9. Sahabat-sahabat penulis : Sofyan, Darwinsyah, Immanuel dan lainnya yang namanya tidak bisa disebut satu persatu.

Laporan Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi banyak orang.

Medan, 30 April 2021
Penulis


JONTIANUS D. SINAGA
1407220123

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN PENGESAHAN	i
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	ii
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Ruang Lingkup Penelitian.....	3
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Tinjauan Pustaka Relevan	6
2.2 LandasanTeori.....	9
2.2.1 Pengertian <i>Automatic Voltage Regulator</i> (AVR)	9

2.2.2 Stabilizer Tegangan Tipe Relay (<i>Relay Type Voltage Stabilizer</i>).....	9
2.2.3 Stabilizer Tegangan Statis (<i>Static Voltage Stabilizer</i>).....	11
2.2.4 Stabilizer Tegangan Tipe Servo (<i>Servo Type Voltage Stabilizer</i>).....	12
2.2.5 Fungsi <i>Automatic Voltage Regulator</i>	14
2.2.6 Prinsip Kerja <i>Automatic Voltage Regulator/Stabilizer</i>	15
2.2.7 Kontruksi <i>Automatic Voltage Regulator</i>	17
2.3 Trafo Otomatis (Regulator).....	18
2.4 Servo Motor	20
2.5 Carbon Brush	21
2.6 Relay/Kontraktor.....	22
2.7 Sistem Pengendali <i>Automatic Voltage Regulator</i> (PCB Kontrol).....	23
2.7.1 Resistor.....	24
2.7.2 Kapasitor	27
2.7.3 Dioda.....	28
2.7.4 Transistor.....	29
2.7.5 IC (<i>Integrated Circuit</i>)	30
2.7.6 Relay 12 Volt DC.....	35
2.8 Prinsip Kerja PCB Kontrol AVR/ Stabilizer.....	35
2.9 <i>Auto Wind Back System (AWBS)</i>	39
2.10 Sistem Pengendali Proporsional Integral (PI)	40

BAB III METODOLOGI PENELITIAN	42
3.1 Lokasi Penelitian.....	42
3.2 Komponen dan Bahan Penelitian	42
3.3 Perencanaan Sistem.....	45
3.3.1 Desain Rangkaian Kontrol <i>Automatic Voltage Regulator</i>	45
3.3.2 Desain Auto <i>Wind Back System</i>	47
3.3.3 Sistem Regulasi Tegangan Pada PCB Kontrol AVR	48
3.3.4 Rangkaian Penelitian.....	52
3.3.5 Prosedur Penelitian.....	54
3.4 Diagram Alir Penelitian	57
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	58
4.1 Unjuk Kerja Sistem Pengendali <i>Automatic Voltage Regulator (AVR)</i>	58
4.2 Analisa Daya Rangkaian Sinkronisasi Penyearah PCB Kontrol AVR.....	59
4.2.1 Pengujian Rangkaian Penelitian Tanpa Menggunakan Beban.....	59
4.2.2 Pengujian Rangkaian Penelitian dengan Menggunakan Beban Servo Motor	62
4.2.3 Pengujian Gelombang Arus Pada Rangkaian Penelitian Sistem Regulasi pada PCB Kontrol <i>Automatic Voltage Regulator</i>	64
4.2.3.1 Pengukuran Bentuk Gelombang Penyearah PCB Kontrol.....	65
4.2.3.2 Bentuk Gelombang <i>Auto Wind Back System (AWBS)</i>	66

4.3 Langkah Penanganan Kerusakan Pada <i>Automatic Voltage Regulator</i> (AVR)	68
BAB V PENUTUP	73
5.1 Kesimpulan	73
5.2 Saran.....	74
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	
LEMBAR ASISTENSI	

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Stabilizer Tegangan Tipe Relay.....	10
<i>Gambar 2.2 Rangkaian Stabilizer Tegangan Statis.....</i>	11
<i>Gambar 2.3 Stabilizer Tegangan Tipe Servo.....</i>	12
<i>Gambar 2.4 Sirkuit Kontrol Stabilizer Tipe Servo.....</i>	12
Gambar 2.5 Prinsip Kerja Stabilizer Tiga Phasa.....	13
Gambar 2.6 Transformator Step Up Sederhana	15
Gambar 2.7 Transformator Step Down Sederhana	15
Gambar 2.8 Stabilisator Tegangan Step Down Dan Step Up	16
Gambar 2.9 Kontruksi <i>Automatic Voltage Regulator</i>	17
<i>Gambar 2.10 Bentuk Automatic Voltage Regulator/Stabilizer.....</i>	18
Gambar 2.11 Rangkaian Trafo Otomatis	18
<i>Gambar 2.12 Kontruksi Trafo Automatic Voltage Regulator.....</i>	19
<i>Gambar 2.13 Motor Servo Automatic Voltage Regulator</i>	20
<i>Gambar 2.14 Carbon Brush.....</i>	22
Gambar 2.15 Relay/Kontaktor	23
Gambar 2.16 Bentuk dan Simbol Fixed Resistor.....	24
Gambar 2.17 Bentuk dan Simbol Variabel Resistor	26
Gambar 2.18 Bentuk dan Simbol Kapasitor	28
Gambar 2.19 Bentuk dan Simbol Diode	29
Gambar 2.20 Bentuk dan Simbol Transistor	30
Gambar 2.21 Bentuk dan Simbol IC	31
<i>Gambar 2.22 IC LM 324N.....</i>	32
Gambar 2.23 IC LM 741	33
Gambar 2.24 Rangkaian Sederhana Voltage Regulator.....	35
Gambar 2.25 Relay 12 Volt DC	36
Gambar 2.26 Prinsip Kerja PCB kontrol AVR	36

Gambar 2.27 Sistem Pengendali (PCB kontrol)	38
Gambar 2.28 <i>Auto Wind Back System</i>	39
Gambar 2.29 Realisasi Pengendali PI	41
Gambar 3.1 Desain Rangkaian PCB Kontrol <i>Automatic Voltage Regulator</i>	46
Gambar 3.2 Desain <i>Auto Wind Back System</i>	48
Gambar 3.3 Sistem Regulasi Tegangan Pada PCB Kontrol AVR	50
Gambar 3.4 Rangkaian Penyearah (<i>Rectifier</i>) PCB Kontrol.....	51
Gambar 3.5 Rangkaian Sinkronisasi <i>Auto Wind Back System</i> (AWBS).....	52
Gambar 3.6 Rangkaian Penyearah <i>Auto Wind Back System</i> (AWBS).....	53
Gambar 3.7 Sinkronisasi Penyearah PCB Kontrol Dengan Rangkaian AWBS	53
Gambar 3.8 Rangkaian Sinkronisasi Menggunakan Beban	54
Gambar 3.9 Rangkaian Sinkronisasi Tanpa Beban.....	55
Gambar 3.10 Pengukuran Tegangan Arus dan Gelombang Arus V_{in} dan V_{out} Pada Rangkaian Penyearah PCB kontrol	56
Gambar 3.11 Pengukuran Tegangan, Arus dan Gelombang Arus pada Rangkaian penyearah AWBS.....	57
Gambar 3.12 Rangkaian Utama Penelitian	57
Gambar 3.13 Diagram Alir Penelitian	58
Gambar 4.1 Bentuk gelombang Rangkaian Penyearah PCB kontrol Pada frekuensi 20 Hz.....	63
Gambar 4.2 Bentuk gelombang rangkaian penyearah PCB kontrol pada frekuensi 50 Hz.....	64
Gambar 4.3 Bentuk gelombang rangkaian <i>Auto Wind Back System</i> (AWBS) Pada frekuensi 20 Hz.....	64
Gambar 4.4 Bentuk gelombang rangkaian <i>Auto Wind Back System</i> (AWBS) Pada frekuensi 50 Hz.....	65

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3.1 Daftar Komponen AWBS dan PCB Kontrol AVR	44
Tabel 3.2 Daftar Komponen Simulator Rangkaian Penelitian.....	45
Tabel 4.1 Data Pengukuran Pada Rangkaian Penyearah PCB Kontrol AVR Tanpa Menggunakan Beban	60
Tabel 4.2 Data Pengukuran Pada Rangkaian <i>Auto Wind</i> <i>Back System</i> (AWBS)	61
Tabel 4.3 Data Pengukuran Pada Rangkaian Penyearah PCB Kontrol <i>Automatic Voltage Regulator</i> (AVR) Menggunakan Beban Servo Motor	62
Tabel 4.4 Data pengukuran pada rangkaian <i>Auto Wind</i> <i>Back System</i> (AWBS)	62
Tabel 4.5 Analisis dan solusi ketika terjadi kerusakan pada <i>Automatic</i> <i>Voltage Regulator</i> (AVR)	67

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Diera saat ini ilmu pengetahuan dan teknologi telah berkembang dengan pesat sekali. Seperti teknologi pengendali elektronika misalnya, dimana komponennya banyak digunakan dan diaplikasikan pada bidang teknik pengendalian tenaga listrik. Kemajuan tersebut tentunya didasari oleh adanya keinginan untuk mendapatkan hasil produk yang lebih baik dari hasil sebelumnya. Komponen elektronika banyak terdapat pada modul PCB (*Printed Circuit Board*) yang didesain menjadi sebuah rangkaian pengendali alat-alat kelistrikan seperti *Automatic Voltage Regulator* atau stabilizer listrik agar dapat bekerja secara otomatis.

Automatic Voltage Regulator merupakan transformator listrik yang dapat menaikkan dan menurunkan tegangan listrik yang tidak stabil, dan di proses menjadi keluaran yang stabil. *Automatic Voltage Regulator* dengan tingkat ketelitian tinggi dapat bekerja dengan otomatis dan dirancang berdasarkan prinsip pengaturan tegangan listrik AC yang berlaku. Pengaturan tegangan listrik merupakan masalah penting untuk masyarakat Indonesia karena hubungan langsung antara level tegangan suplai dengan peralatan listrik atau elektronik (Jontianus d, 2018).

Pada dasarnya pengaturan tegangan listrik dilakukan pada sebuah pembangkit listrik/gardu induk dan di distribusikan melalui trafo-trafo distribusi yang tidak dapat bekerja dengan otomatis. Tegangan yang di suplai trafo distribusi akan mengalami fluktuasi tegangan dan akan menyebabkan terjadinya penurunan

tegangan saat beban puncak. Fluktuansi tegangan merupakan hasil dari variasi dalam arus penarikan sesaat yang mengikuti beban terhubung (Aliran, Reaktif, Transformator, Transient, & Program, 2009).

Dalam aplikasi domestik dan industri *Automatic Voltage Regulator* merupakan perangkat yang penting terutama selama mengalami fluktuasi tegangan. Untuk mengatasi fluktuansi tegangan diantara tegangan rendah (*under voltage*) dan tegangan tinggi (*over voltage*) diperlukan mikrokontroler/pengendali automatic voltage regulator disebut juga dengan PCB kontrol yang dapat mengendalikan sistem kerja AVR/stabilizer. PCB kontrol merupakan lingkaran kontrol yang dapat bekerja secara kontinyu dengan sistem pengendali proporsional integral diferensial (PID) (Sciences, Scientific, & Corp, 2016).

Penelitian ini akan membahas tentang sistem pengendali pada automatic voltage regulator sebagai salah satu solusi yang ditawarkan dalam menyelesaikan masalah kelistrikan yang dipandang mampu meningkatkan elektrifikasi analisis terhadap kerusakan yang terdapat pada pengendali automatic voltage regulator (PCB kontrol). Dan dapat memahami proses regulasi pada PCB kontrol secara detail dan praktis. Pada penelitian ini penulis akan mensimulasikan rangkaian sederhana pengendali automatic voltage regulator pada sebuah software yang dapat mendemonstrasikan rangkaian pengendali *Automatic Voltage Regulator* tersebut.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan kajian diatas maka penelitian ini akan membahas tentang analisis sistem regulasi pada pengendali automatic voltage regulator, adapun rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana unjuk kerja sistem regulasi tegangan pada pengendali (PCB kontrol) *Automatic Voltage Regulator*?
2. Bagaimana tegangan dan arus yang dihasilkan dari proses pengukuran pada rangkaian penyearah PCB kontrol *Automatic Voltage Regulator* ?
3. Apa yang menyebabkan sering terjadi kerusakan pada sistem pengendali *Automatic Voltage Regulator* ?

1.3. Ruang Lingkup Penelitian

Adapun ruang lingkup penelitian yang dibahas adalah sebagai berikut:

1. Dalam penelitian ini penulis akan membahas tentang automatic voltage regulator dan komponen yang digunakan pada sistem pengendali *Automatic Voltage Regulator*.
2. Analisis hanya menghitung tegangan dan arus yang dihasilkan dari sistem regulasi pada pengendali *Automatic Voltage Regulator*.
3. Beban yang digunakan pada simulator rangkaian pengendali *Automatic Voltage Regulator* adalah motor servo yang sering menyebabkan kerusakan pada sistem pengendali.
4. Penelitian hanya sebatas simulator dan sistem yang sebenarnya dapat dilihat pada *Stavol* atau *Automatic Voltage Regulator*.

1.4. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis unjuk kerja sistem regulasi pada PCB kontrol *Automatic Voltage Regulator*.
2. Mengetahui dan menganalisa sistem regulasi tegangan dan arus pada PCB kontrol *Automatic Voltage Regulator*.

3. Menganalisis kerusakan yang sering terjadi pada *Automatic Voltage Regulator* dan cara mengatasinya.

1.5. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagi penulis, sebagai wujud pengembangan diri dalam menganalisis dan mengetahui sistem regulasi yang terdapat pada PCB kontrol *Automatic Voltage Regulator*.
2. Dapat menganalisis dan menangani kerusakan yang terjadi pada *Automatic Voltage Regulator*.
3. Dapat dijadikan sebagai sumber referensi bagi penulis yang ingin mengembangkan penelitian ini.

1.6. Sistematika Penulisan

Skripsi yang disusun memiliki sistematika penulisan sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Pendahuluan merupakan bagian pertama yang menjabarkan tentang latar belakang, rumusan masalah, ruang lingkup penelitian, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini membahas tentang teori dasar yang digunakan pada pembuatan tugas akhir.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan tentang gambaran dan penjelasan metode yang digunakan untuk penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini membahas hasil pengujian simulasi dan menganalisis hasil percobaan dari rangkaian tersebut.

BAB V PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan dan saran penulis tentang hasil analisis sistem regulasi pada PCB kontrol *Automatic Voltage Regulator* tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tinjauan Pustaka Relevan

Aliran daya pada suatu sistem tenaga listrik sering berubah-ubah. Oleh karena itu pengendalian dalam pengoperasian sistem tenaga listrik untuk mendapatkan aliran daya yang baik sangat dibutuhkan, khususnya daya reaktif yang menjadi faktor utama terjadinya jatuh tegangan pada sistem yang menyebabkan terjadinya susut daya. Dengan melakukan pengaturan daya reaktif secara terpadu dan optimum, maka susut daya dari sistem akan dapat ditekan pada tingkat yang paling rendah, sehingga akan sangat menghemat biaya pembangkitan dan biaya operasional secara keseluruhan (Bhatt & Bhongade, 2013).

Jatuh tegangan dan susut daya diakibatkan oleh rugi rugi daya di jaringan karena tingginya impedansi jaringan, karakteristik induktif jaringan listrik serta beban induktif yang tersambung pada jaringan. Dalam kenyataannya, adanya susut daya listrik pada penyediaan energi listrik adalah sesuatu yang tidak bisa dihindarkan. Meski demikian susut energi yang terjadi dalam proses penyaluran dan distribusi energi listrik merupakan suatu pemborosan energi apabila tidak dikendalikan secara optimal (Maheka, 1987).

Salah satu yang menjadi indikator kualitas pada sistem tenaga listrik adalah kestabilan frekuensi dan tegangan. Kestabilan sistem tenaga listrik merupakan kemampuan sistem untuk kembali bekerja normal setelah mengalami suatu perubahan beban, sedangkan ketidakstabilan sistem tenaga kerja listrik berarti kehilangan sinkronisasi sistem sehingga sistem tidak lagi mampu bekerja normal setelah mengalami perubahan beban.

Perubahan beban pada sistem tenaga listrik yang terjadi secara terus menerus menimbulkan ayunan di sekitar titik kerja sistem tenaga, bahkan pada sistem tenaga listrik terinterkoneksi yang terjadi lebih dari satu unit pembangkit ayunan tersebut akan mudah terjadi. Oleh karena itu, permasalahan kestabilan menjadi persoalan yang semakin mendesak dan dominan terutama. Pengendalian merupakan hal penting yang harus ditangani agar sistem tetap terjaga pada kestabilannya (Alam & Taryana, 2015).

Untuk itu *automatic voltage regulator* digunakan sebagai sistem eksitasi di Indonesia untuk meredam osilasi frekuensi rendah. Stabilizer sistem tenaga konvensional banyak digunakan pada sistem tenaga yang ada dan telah berkontribusi meningkatkan stabilitas sistem kelistrikan. Peningkatan stabilitas dinamis ditentukan berdasarkan model linearisasi di sekitar titik operasi nominal yang dapat memberikan kinerja yang baik dengan konfigurasi dan parameter yang berubah seiring berjalannya waktu (El-Hawary 2013).

Automatic Voltage Regulator (AVR) memiliki sistem kendali yang baik agar setiap perubahan tegangan menuju keadaan stabil sesuai dengan kriteria pengendalian. Beberapa penelitian tentang pengendalian sistem *Automatic Voltage Regulator* (AVR) ini telah banyak dilakukan untuk memenuhi kriteria pengendalian yang sesuai dengan kebutuhan beban (Laksono, Riska, Elektro, Teknik, & Andalas, 2019).

Pengendalian tegangan setelah terjadinya perubahan beban berperan penting untuk menjaga peralatan listrik atau elektronik dan menyediakan suatu tegangan keluaran DC tetap yang tidak dipengaruhi tegangan masukan, arus, beban ke, dan suhu. Peran utama dari pengendalian tegangan adalah untuk

mengatur daya reaktif dan besarnya tegangan sistem yang terdiri dari beberapa pemodelan yakni, amplifier, exciter, sensor dan pengontrol stabilizer atau proporsional integral derivative (PID)(Faiz, Shahgholian, & Arezoomand, 2007).PID dikenal dengan Pengendali yang paling sempurna dari pengendali proporsional (P),integral (I) dan diferensial (D).Pengendali PID merupakan gabungan dari pengendali proporsional,integral dan diferensial. Dimana tanggapan proporsional, integral dan diferensial digunakan secara bersama dalam merespon masukan(Elbani, 2010).

Automatic voltage regulator (AVR) adalah salah satu elemen kunci pada sistem eksitasi yang berfungsi mengatur tegangan yang di suplai PLN. Algoritma kendali *Proporsional Integral Diferensial (PID)* yang digunakan pada AVR selama ini dirancang dengan fokus hanya pada tanggapan yang baik terhadap referensi dan tidak memperhatikan kekokohan terhadap gangguan torsi akibat perubahan beban. Algoritma kendali *Proporsional Integral (PI)* banyak digunakan pada *Automatic Voltage Regulator (AVR)* dan *Manual Voltage Regulator (MVR)* untuk mengatur tegangan(Pamungkas, Haddin & Rijanto, 2017).

2.2. Landasan Teori

2.2.1 Pengertian *Automatic Voltage Regulator* (AVR)

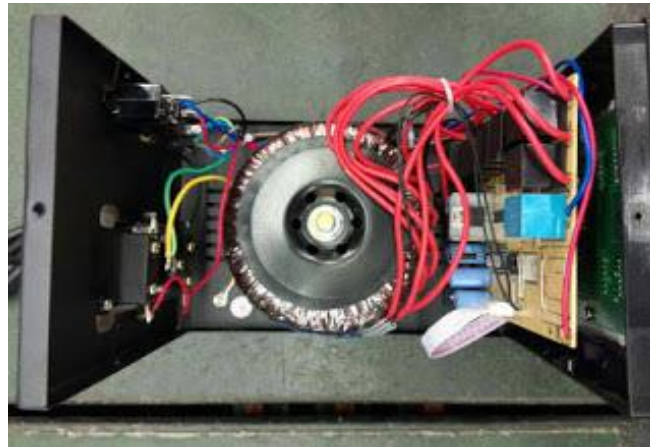
Automatic Voltage Regulator merupakan trafo otomatis yang dapat menaikkan dan menurunkan tegangan listrik yang tidak stabil menjadi proses keluaran stabil. Stabilisator tegangan telah menjadi bagian integral dari banyak peralatan listrik rumah, industri dan sistem komersial. Sebelumnya, stabilisator tegangan yang dioperasikan secara manual atau *switchable* yang digunakan untuk meningkatkan atau menstabilkan tegangan yang masuk agar memberikan tegangan output dalam kisaran yang diinginkan. Stabilisator tegangan dirancang dengan relay elektro-mekanis sebagai perangkat switching. Kemudian, sirkuit elektronik tambahan untuk mengotomatiskan proses stabilisasi dan melahirkan regulator tegangan otomatis. *Automatic voltage regulator* dapat dibedakan menjadi tiga jenis, yaitu sebagai berikut.

1. Stabilizer tegangan tipe relay (*Relay Type Voltage Stabilizer*).
2. Stabilizer tegangan statis (*Static Voltage Stabilizer*).
3. Stabilizer tegangan tipe servo (*Servo Type Voltage Stabilizer*).

2.2.2 Stabilizer Tegangan Tipe Relay (*Relay Type Voltage Stabilizer*)

Stabilizer tegangan tipe relay merupakan stabilisator tegangan yang menggunakan sebuah transformator sebagai penguat untuk menaikkan tegangan. Stabilizer jenis ini bekerja secara otomatis dan menggunakan relay sebagai saklar otomatis yang dapat menghubungkan transformator ke beban baik untuk operasi penguat atau bucking ketika terjadi perubahan tegangan. Selain transformator, stabilizer tipe relay juga memiliki sirkuit elektronik dan rangkaian relay yang

terdiri dari rangkaian penyearah, penguat operasional, unit mikrokontroler, dan komponen kecil lainnya. Rangkaian kontrol membandingkan tegangan keluaran dengan nilai referensi yang telah ditentukan dengan sumber tegangan suplai. Setiap kali tegangan naik atau turun di luar nilai referensi, sirkuit kontrol mengalihkan pada relay yang sesuai untuk menghubungkan ke output atau beban. Gambar di bawah ini menggambarkan sirkuit internal stabilizer tipe relay.



Gambar 2.1 Stabilizer Tegangan Tipe Relay

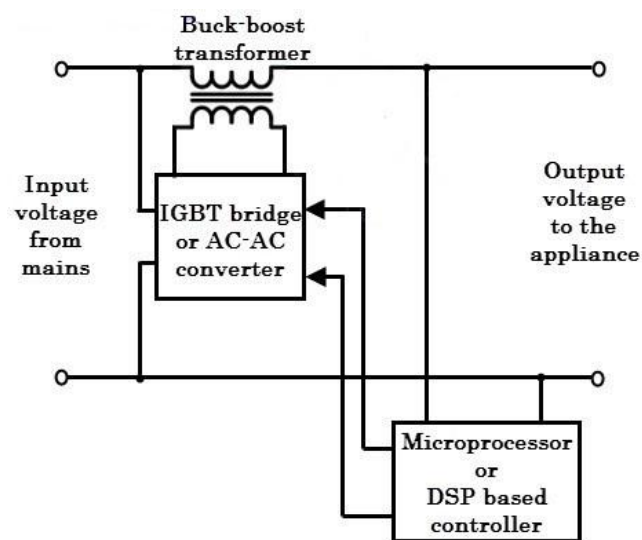
(Sumber : <https://www.electricaltechnology.org/2016/11/what-is-voltage-stabilizer-how-it-works.html>)

Stabilisator tegangan tipe relay dapat mengubah tegangan untuk variasi tegangan input ± 15 persen menjadi ± 6 persen dengan akurasi tegangan keluaran ± 5 hingga ± 10 persen. Jenis stabilisator ini paling populer digunakan untuk peralatan kapasitas rendah dalam aplikasi perumahan, komersial dan industri karena stabilizer tipe relay ini memiliki batas kapasitas dan berbiaya yang murah. Namun, stabilizer jenis ini memiliki beberapa keterbatasan seperti kecepatan koreksi tegangan lambat, daya tahan kurang, keandalan kurang, gangguan ke jalur daya selama regulasi, dan tidak mampu menahan lonjakan tegangan tinggi.

2.2.3 Stabilizer Tegangan Statis (*Static Voltage Stabilizer*)

Stabilizer tegangan statis merupakan stabilisator tegangan yang tidak memiliki bagian yang bergerak. Stabilizer tegangan statis menggunakan sirkuit konverter elektronik daya untuk pengaturan tegangan. Untuk akurasi tegangan tinggi biasanya regulasi ± 1 persen.

Stabilizer tegangan statis pada dasarnya terdiri dari buck boost transformer, IGBT power converter (AC to AC converter), mikrokontroler, mikroprosesor, atau pengontrol berbasis DSP. Konverter IGBT yang dikendalikan mikroprosesor menghasilkan jumlah tegangan yang sesuai dengan teknik modulasi lebar pulsa, dan tegangan dipasok ke transformator buck boost utama. Konverter IGBT menghasilkan tegangan sedemikian rupa sehingga dapat berada dalam fase 180 derajat dari tegangan suplai, untuk melakukan penambahan dan pengurangan tegangan selama fluktuasi.

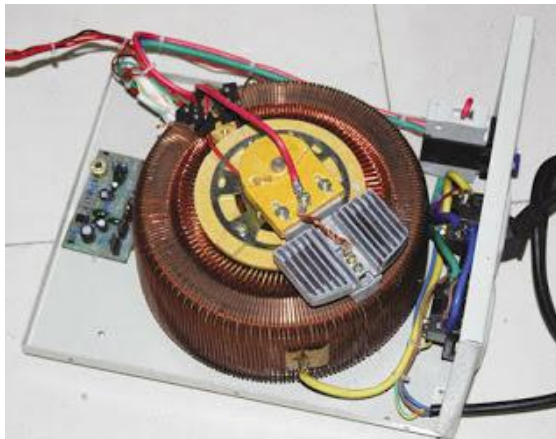


Gambar 2.2 Rangkaian Stabilizer Tegangan Statis

(Sumber : <https://www.electricaltechnology.org>)

2.2.4 Stabilizer Tegangan Tipe Servo (*Servo Type Voltage Stabilizer*)

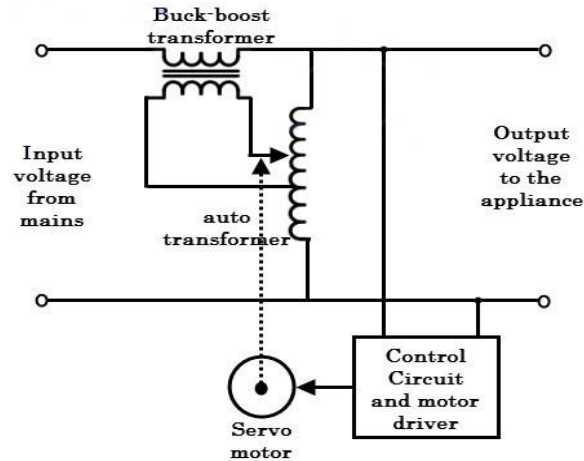
Stabilizer tegangan pengendali servo merupakan stabilizer otomatis yang dapat menaikkan dan menurunkan tegangan secara otomatis dengan pengontrolan servo motor untuk mengoreksi tegangan suplai dan menyesuaikan tegangan output yang di inginkan. Stabilizer jenis Ini digunakan untuk akurasi tegangan output tinggi, biasanya ± 1 persen dengan perubahan tegangan input hingga ± 50 persen. Gambar di bawah ini menunjukkan sirkuit internal penstabil servo yang menggabungkan motor servo, trafo otomatis, trafo buck boost, driver motor dan sirkuit kontrol sebagai komponen penting.



Gambar 2.3 Stabilizer Tegangan Tipe Servo

(Sumber : <https://www.electricaltechnology.org>)

Dalam stabilizer ini, salah satu ujung utama transformator dihubungkan ke keran tetap transformator otomatis, sementara ujung lainnya terhubung ke lengan penggerak yang dikendalikan oleh motor servo. Buck boost sekunder dari transformer dihubungkan secara seri dengan output stabilizer.

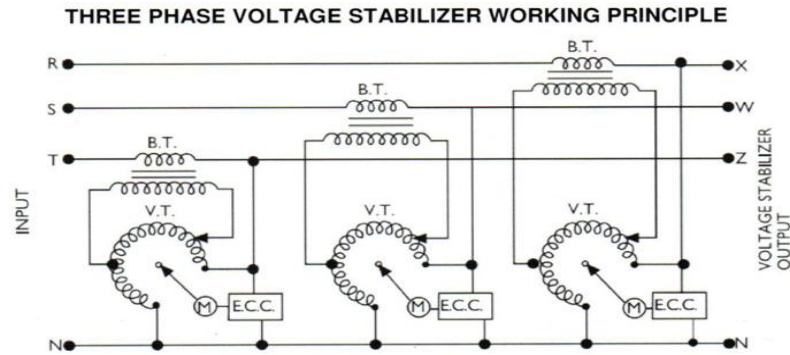


Gambar 2.4 Sirkuit Kontrol Stabilizer Tipe Servo

(Sumber : <https://www.electricaltechnology.org>)

Rangkaian kontrol elektronik mendeteksi penurunan tegangan dan kenaikan tegangan dengan membandingkan input dengan sumber tegangan yang ditentukan. Ketika sirkuit menemukan perubahan tegangan, PCB kontrol akan mengoperasikan atau menggerakkan motor servo yang ada pada autotransformer. Pergerakan servo motor dapat memberi perubahan tegangan yang diinginkan. Sebagian besar penstabil servo menggunakan mikrokontroler tertanam atau prosesor untuk sirkuit kontrol yang dapat bekerja optimal.

Stabilisator jenis servo memiliki beberapa variasi unit mulai dari satu fasa dan tiga fasa. Dalam jenis fasa tunggal, motor servo yang dipasangkan ke transformator dapat mencapai koreksi tegangan. Sementara stabilizer tiga fasa, motor servo dipasangkan dengan tiga trafo otomatis sehingga output per pasanya dapat stabil selama fluktuasi tegangan. Dalam jenis stabilisator servo tiga fasa, tiga motor servo digabungkan dengan tiga transformator otomatis dan memiliki tiga sirkuit kontrol terpisah.



Gambar 2.5 Prinsip Kerja Stabilizer Tiga Phase

(Sumber : <https://www.electricaltechnology.org>)

Ada berbagai keuntungan menggunakan stabilisator servo dibandingkan dengan stabilisator tipe relay. Beberapa diantaranya adalah kecepatan koreksi yang lebih tinggi, presisi tinggi dari output yang distabilkan, mampu menahan arus lonjakan, dan keandalan yang tinggi. Namun, stabilisator jenis servo membutuhkan perawatan berkala untuk memastikan sirkuit kontrol dan servo motor bekerja dengan baik.

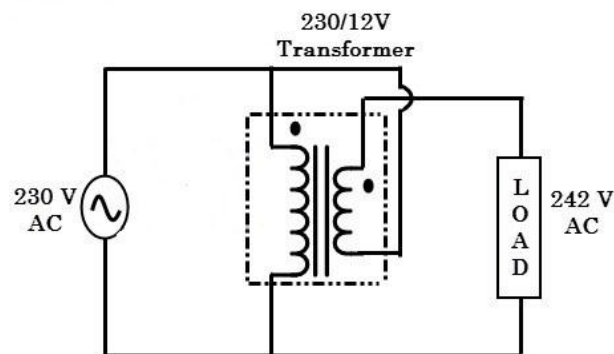
2.2.5 Fungsi Automatic Voltage Regulator

Adapun fungsi dari Automatic Voltage Regulator adalah sebagai berikut:

1. Menjaga kesetabilan tegangan output *Automatic Voltage Regulator*.
2. Mengatur pembagian daya semu rektif saat kerja paralel.
3. Memberikan pengaturan arus esitasi dalam kondisi gangguan.
4. Menurunkan tegangan dengan cepat apabila tegangan suplai terlepas dari beban yang akan mengakibatkan terjadinya over voltage.

2.2.6 Prinsip Kerja Automatic Voltage Regulator/stabilizer

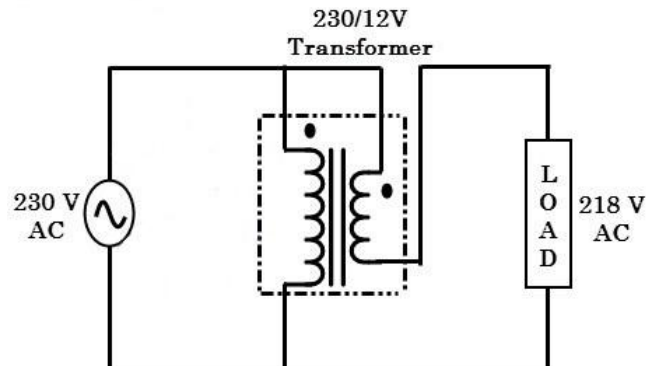
Dalam stabilizer tegangan, koreksi tegangan dari kondisi *over voltage* dan *under voltage* dilakukan melalui dua operasi penting, yaitu operasi boost dan buck. Operasi ini dapat dilakukan secara manual dengan sakelar atau secara otomatis melalui sirkuit elektronik. Selama kondisi tegangan rendah, operasi boost meningkatkan tegangan ke level normal sementara operasi buck mengurangi level voltage selama kondisi kelebihan tegangan. Untuk melakukan penstabilan tegangan biasa menggunakan transformator yang terhubung dalam berbagai konfigurasi dengan *switching relay*. Beberapa stabilisator menggunakan transformator dengan ketukan pada belitan untuk memberikan koreksi tegangan yang berbeda sementara stabilisator servo menggunakan transformator otomatis untuk memiliki berbagai koreksi. Untuk memahami konsep ini, mari kita perhatikan transformator step up sederhana dengan peringkat 230/12V seperti gambar dibawah ini.



Gambar 2.6 Transformator Step Up Sederhana

Gambar di atas menggambarkan konfigurasi penguat dimana polaritas belitan sekunder diorientasikan sedemikian rupa sehingga tegangannya langsung ditambahkan ke tegangan primer. Oleh karena itu, jika dalam kondisi tegangan

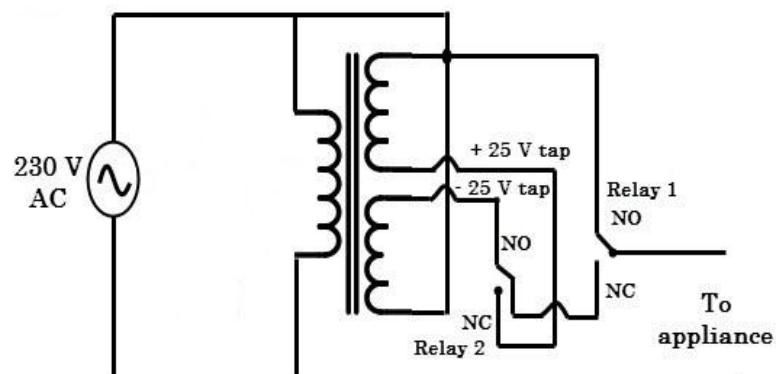
rendah, trafo (baik itu pengubah tap atau autotransformer) diaktifkan oleh relay atau sakelar *solid state* sehingga volt tambahan ditambahkan ke voltase input.



Gambar 2.7 Transformator Step Down Sederhana

(Sumber : <https://www.electricaltechnology.org>)

Pada gambar di atas, trafo terhubung dalam konfigurasi *bucking*, di mana polaritas kumparan sekunder diorientasikan sedemikian rupa sehingga tegangannya dikurangi dari tegangan primer. Sirkuit pengalihan menggeser koneksi ke beban ke konfigurasi selama kondisi tegangan berlebih.



Gambar 2.8 Stabilisator Tegangan Step Down Dan Step Up

(Sumber : <https://www.electricaltechnology.org>)

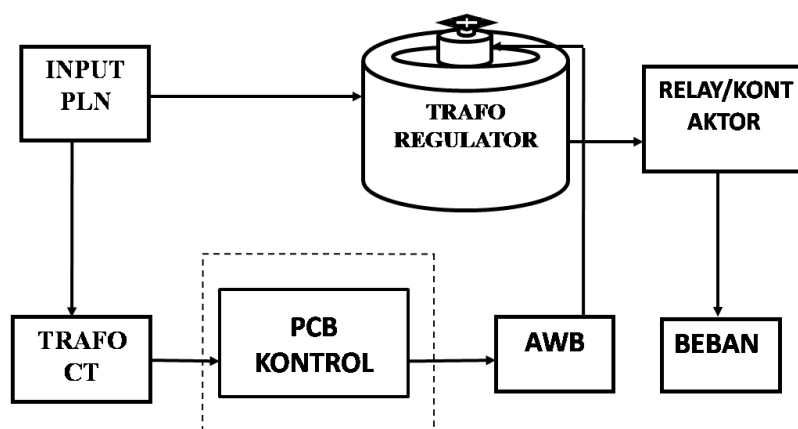
Gambar di atas menunjukkan dua penstabil tegangan yang menggunakan dua relay untuk memberikan pasokan tegangan konstan ke beban selama tegangan

berlebih dan dalam kondisi tegangan rendah. Dengan mengganti relay, operasi buck dan boost untuk dua fluktuasi tegangan, spesifik tegangan yang dapat dilakukan misalnya 195V-245V. Stabilisator tipe transformator, diaktifkan berdasarkan jumlah dorongan atau tegangan buck yang diperlukan. Tetapi, dalam kasus stabilisator tipe transformator otomatis, motor (*motor servo*) digunakan bersamaan dengan kontak geser untuk memperoleh tegangan dorongan atau buck dari transformator otomatis karena hanya berisi satu belitan.

2.2.7 Kontruksi Automatic Voltage Regulator

Automatic Voltage Regulator memiliki 5 bagian utama yang dapat bekerja secara bersamaan untuk menghasilkan output sesuai dengan kebutuhan beban. Adapun bagian utama dari Automatic Voltage Regulator adalah sebagai berikut:

1. Trafo otomatis (trafo regulator)
2. Servo motor
3. Carbon brush (kull booster)
4. Relay /kontaktor
5. Sistem pengendali automatic voltage regulator (PCB kontrol)



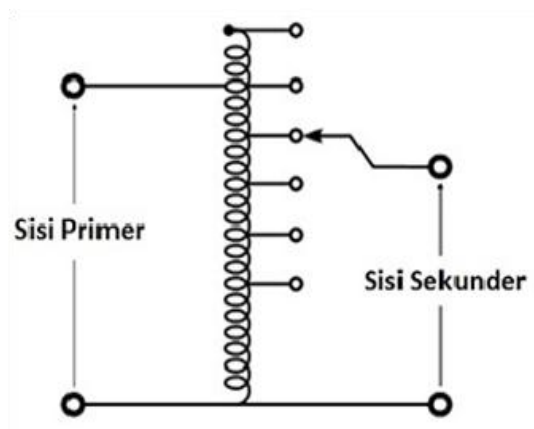
Gambar 2.9 Kontruksi Automatic Voltage Regulator



Gambar 2.10 Bentuk Automatic Voltage Regulator/Stabilizer

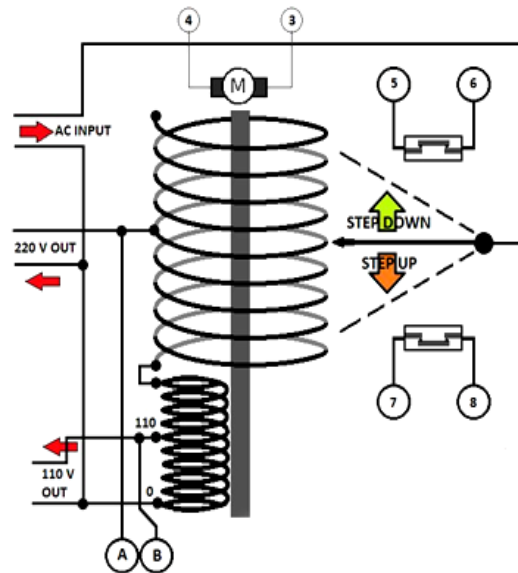
2.3. Trafo Otomatis (Regulator)

Auto Transformer atau Trafo Otomatis adalah Trafo listrik yang hanya memiliki satu kumparan dimana kumparan primer dan kumparan sekundernya digabung dalam satu rangkaian yang terhubung secara fisik dan magnetis. Disebut sebagai trafo otomatis karena adanya motor servo yang bergerak secara otomatis yang dikendalikan oleh modul PCB kontrol. Pengaturan lilitan ini sangat berbeda dengan Trafo standar pada umumnya yang terdiri dari dua kumparan atau gulungan yang ditempatkan pada dua sisi berbeda yaitu kumparan Primer dan kumparan sekunder.



Gambar 2.11 Rangkaian Trafo Otomatis

Trafo Otomatis ini sering digunakan sebagai trafo step up dan step down khususnya pada automatic voltage regulator yang berfungsi menjaga tegangan pada level yang tetap dan menaikkan tegangan maupun menurunkan tegangan pada kisaran 100V-120V dan kisaran 220V-240V.



Gambar 2.12 Kontruksi Trafo Automatic Voltage Regulator

Gambar diatas merupakan rangkaian sederhana trafo otomatis yang memiliki dua gulungan yang disebut dengan gulungan luar dan gulungan dalam. Gulungan luar merupakan gulungan yang berfungsi untuk menaikkan dan menurunkan tegangan pada level yang tetap atau level yang sudah ditentukan, sedangkan gulungan dalam merupakan gulungan yang berfungsi untuk memberikan suplai tegangan pada PCB kontrol. Gulunagn dalam ini bisa digantikan dengan trafo CT eksternal sebagai input PCB kontrol.

2.4. Servo Motor

Motor DC merupakan jenis motor yang menggunakan tegangan searah sebagai sumber tenaganya. Dengan memberikan beda tegangan pada kedua terminal tersebut, motor akan berputar pada satu arah, dan bila polaritas dari tegangan tersebut dibalik maka arah putaran motor akan terbalik pula. Polaritas dari tegangan yang diberikan pada dua terminal menentukan arah putaran motor sedangkan besar dari beda tegangan pada kedua terminal menentukan kecepatan motor. Motor DC memiliki 2 bagian dasar :

1. Bagian yang tetap/stasioner yang disebut stator. Stator ini menghasilkan medan magnet, baik yang dibangkitkan dari sebuah koil (elektro magnet) ataupun magnet permanen.
2. Bagian yang berputar disebut rotor. Rotor ini berupa sebuah koil dimana arus listrik mengalir.

Fungsi motor servo atau motor DC pada Automatic Voltage Regulator adalah sebagai penggerak carbon brush yang dikendalikan PCB kontrol secara otomatis dengan cara mengirim sinyal adanya perubahan tegangan atau beban sehingga PCB kontrol akan memberi perintah pada motor servo untuk menyesuaikan tegangan pada belitan regulator. Servo motor memiliki gear untuk memperlambat putaran saat di alir arus listrik agar dapat bekerja dengan kecepatan yang normal. Servo motor stabilizer memiliki pasokan tegangan 9-12 VDC apabila tegangan melebihi dari tegangan yang sudah ditentukan servo motor akan mengalami kerusakan.

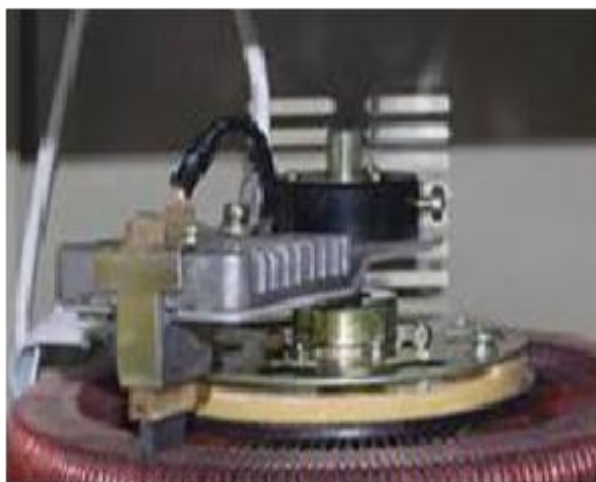


Gambar 2.13 Motor Servo Automatic Voltage Regulator

2.5. Carbon Brush

Cool Booster atau *Carbon Brush AVR* adalah sebagai penerus tegangan dari bagian statis ke bagian yang dinamis. Kelebihan *carbon brush* mampu menghantarkan listrik tanpa menimbulkan percikan api yang dapat menyebabkan mencair atau melelehnya bagian tersebut. *Cool Booster* atau *Carbon Brush* biasanya disambung dengan sebuah per untuk memastikan permukaan carbon brush terus menempel atau menyentuh permukaan bagian yang berputar tanpa terjadi putusya listrik. Sehingga peralatan dapat terus berputar dan bekerja. Suplai listrik dilakukan melalui sebuah kabel listrik atau tembaga yang dihubungkan ke inti dari carbon brush. Pemasangan kabel tersebut melibatkan penggunaan resin maupun tekanan. *Carbon Brush* dipilih karena komponen tersebut mampu menghantarkan listrik tanpa menyebabkan kerusakan pada penghantar listrik itu sendiri. Carbon tidak akan mencair pada saat menghantarkan listrik. Namun, karena terbuat dari carbon dan bekerja secara terus menerus terhadap gesekan, maka komponen tersebut dapat aus dan bahkan habis sehingga perlu diganti dengan carbon yang baru.

Carbon brush terdiri dari bubuk karbon dengan komposisi campuran tertentu yang didapatkan dengan menggunakan tekanan tinggi sehingga dapat dibentuk menjadi beberapa variasi sesuai dengan kebutuhan yang diinginkan. Hampir semua bor, motor, bahkan stabilizer yang bekerja dengan motor yang berputar sepanjang lilitan trafo/regulator menggunakan Carbon brush sebagai penghantar listrik pada bagian tersebut. Carbon brush berperan penting untuk menaikkan dan menurunkan tegangan pada AVR/stabilizer listrik dan dirangkai paralel dengan regulator sehingga apabila tegangan naik/turun carbon brush akan bergerak secara otomatis mengikuti pergerakan servo motor yang dikendalikan PCB kontrol. Carbon brush berfungsi untuk menyesuaikan tegangan pada lilitan regulator mengikuti pergerakan servo motor.

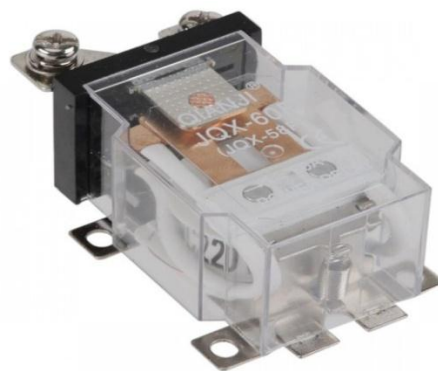


Gambar 2.14 Carbon Brush

2.6.Relay/Kontaktor

Relay adalah Saklar (*switch*) yang dioperasikan secara listrik dan merupakan komponen *Electromechanical* (Elektromekanikal) yang terdiri dari dua bagian utama yakni Elektromagnet (*coil*) dan Mekanikal (seperangkat Kontak

Saklar/Switch). Relay menggunakan Prinsip Elektromagnetik untuk menggerakkan Kontak Saklar sehingga dengan arus listrik yang kecil (*low power*) dapat menghantarkan listrik yang bertegangan lebih tinggi. Sebagai contoh, dengan Relay yang menggunakan Elektromagnet 5V dan 50 mA mampu menggerakkan *Armature Relay* (yang berfungsi sebagai saklarnya) untuk menghantarkan listrik 220V 2A.



Gambar 2.15 Relay/kontactor

Fungsi relay/kontactor pada *Automatic Voltage Regulator* adalah sebagai penghubung output dengan beban dan pemutus tegangan jika terjadi *over voltage* ataupun *under voltage*.

2.7. Sistem Pengendali *Automatic Voltage Regulator* (PCB Kontrol)

Sistem pengendali *Automatic Voltage Regulator* atau PCB kontrol merupakan sistem pengendali yang mengatur segala proses kerja *Automatic Voltage Regulator* atau lingkaran kontrol yang bekerja secara kontiniu untuk mendeteksi adanya gangguan dan perubahan tegangan pada input/output *Automatic Voltage Regulator*. Adapun komponen-komponen utama yang digunakan pada sistem pengendali *Automatic Voltage Regulator* adalah sebagai berikut :

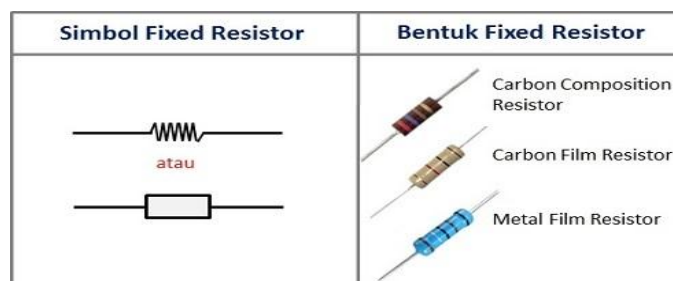
1. Resistor
2. Kapasitor
3. Dioda
4. Transistor
5. IC
6. Relay 12 Volt DC

2.7.1 Resistor

Resistor merupakan salah satu komponen yang paling sering ditemukan dalam rangkaian elektronika. Hampir setiap peralatan elektronika menggunakannya. Pada dasarnya Resistor adalah komponen Elektronika Pasif yang memiliki nilai resistansi atau hambatan tertentu yang berfungsi untuk membatasi dan mengatur arus listrik dalam suatu rangkaian Elektronika. Jenis resistor yang digunakan pada PCB kontrol *Automatic Voltage Regulator* adalah sebagai berikut :

1. Fixed Resistor

Fixed Resistor adalah jenis Resistor yang memiliki nilai resistansinya tetap. Nilai Resistansi atau Hambatan Resistor ini biasanya ditandai dengan kode warna ataupun kode Angka.



Gambar 2.16 Bentuk Dan Simbol Fixed Resistor

(Sumber : <http://teknikelektronika.com>)

a) *Carbon Composition Resistor* (Resistor Komposisi Karbon)

Resistor jenis Carbon Composition ini terbuat dari komposisi karbon halus yang dicampur dengan bahan isolasi bubuk sebagai pengikatnya (binder) agar mendapatkan nilai resistansi yang diinginkan. Semakin banyak bahan karbonnya semakin rendah pula nilai resistansi atau nilai hambatannya. Nilai Resistansi yang sering ditemukan di pasaran untuk Resistor jenis Carbon Composition Resistor ini biasanya berkisar dari 1Ω sampai $200M\Omega$ dengan daya $1/10W$ sampai $2W$.

b) *Carbon Film Resistor* (Resistor film karbon)

Resistor Jenis karbon film ini terdiri dari filem tipis karbon yang diendapkan Subtrat isolator yang dipotong berbentuk spiral. Nilai resistansinya tergantung pada proporsi karbon dan isolator. Semakin banyak bahan karbonnya semakin rendah pula nilai resistansinya. Keuntungan Carbon Film Resistor ini adalah dapat menghasilkan resistor dengan toleransi yang lebih rendah dan juga rendahnya kepekaan terhadap suhu jika dibandingkan dengan Carbon Composition Resistor. Nilai Resistansi Carbon Film Resistor yang tersedia di pasaran biasanya berkisar diantara 1Ω sampai $10M\Omega$ dengan daya $1/6W$ hingga $5W$. Karena rendahnya kepekaan terhadap suhu, Carbon Film Resistor dapat bekerja di suhu yang berkisar dari $-55^{\circ}C$ hingga $155^{\circ}C$.

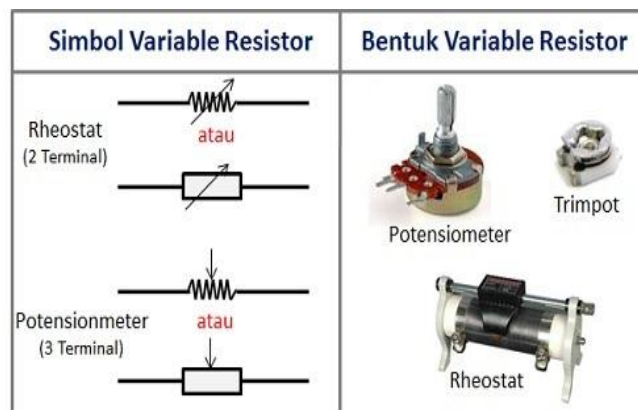
c) *Metal Film Resistor* (Resistor Film Logam)

Metal Film Resistor adalah jenis Resistor yang dilapisi dengan Film logam yang tipis ke Subtrat Keramik dan dipotong berbentuk spiral. Nilai Resistansinya dipengaruhi oleh panjang, lebar dan ketebalan spiral logam. Secara keseluruhan,

Resistor jenis Metal Film ini merupakan yang terbaik diantara jenis-jenis Resistor yang ada (*Carbon Composition Resistor* dan *Carbon Film Resistor*).

2. Variabel Resistor

Variabel Resistor adalah jenis Resistor yang nilai resistansinya dapat berubah dan diatur sesuai dengan keinginan. Pada umumnya *Variable Resistor* terbagi menjadi Potensiometer, Rheostat dan Trimpot.



Gambar 2.17 Bentuk Dan Simbol Variabel Resistor

(Sumber :<http://teknikelektronika.com>)

a) Potensiometer

Potensiometer merupakan jenis Variable Resistor yang nilai resistansinya dapat berubah-ubah dengan cara memutar porosnya melalui sebuah Tuas yang terdapat pada Potensiometer. Nilai resistansi potensiometer biasanya tertulis di badan Potensiometer dalam bentuk kode angka.

b) Rheostat


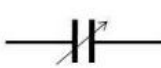
Rheostat merupakan jenis variable resistor yang dapat beroperasi pada Tegangan dan Arus yang tinggi. Rheostat terbuat dari lilitan kawat resistif dan pengaturan nilai resistansi dilakukan dengan penyapu yang bergerak pada bagian atas Toroid.

c) Preset Resistor (Trimpot)

Preset Resistor atau sering juga disebut dengan Trimpot (*Trimmer Potensiometer*) adalah jenis *Variable Resistor* yang berfungsi seperti Potensiometer tetapi memiliki ukuran yang lebih kecil dan tidak memiliki Tuas. Untuk mengatur nilai resistansinya, dibutuhkan alat bantu seperti Obeng kecil untuk dapat memutar porosnya.

2.7.2 Kapasitor

Kapasitor ialah komponen dasar elektronika yang mempunyai kemampuan menyimpan elektron-elektron selama waktu yang tidak tertentu. Kapasitor memiliki karakteristik meneruskan tegangan AC yang melaluinya dan menolak/menahan tegangan DC. Kapasitor sering berfungsi untuk menekan bahkan menghilangkan nois dan membantu membuat tegangan suplai menjadi semakin stabil.

Nama Komponen	Gambar	Simbol
Kapasitor Biasa (Non-Polaritas)		
Kapasitor Elektrolit (memiliki Polaritas)		
Kapasitor Variabel (Variable Capacitor)		

Gambar 2.18 Bentuk dan Simbol Kapasitor

(Sumber :<http://teknikelektronika.com>)



Jenis kapasitor yang sering digunakan pada PCB kontrol *Automatic Voltage Regulator* adalah kapasitor elektrolit atau kapasitor yang memiliki polaritas.

2.7.3 Dioda

Dioda adalah komponen elektronika aktif yang berfungsi untuk menghantarkan arus listrik ke satu arah dan menghambat arus listrik dari arah sebaliknya. Diode terdiri dari 2 Elektroda yaitu Anoda dan Katoda. Berdasarkan Fungsi Dioda terdiri dari :

1. Dioda Biasa atau Dioda Penyearah yang umumnya terbuat dari Silikon dan berfungsi sebagai penyearah arus bolak balik (AC) ke arus searah (DC).
2. Dioda Zener (*Zener Diode*) yang berfungsi sebagai pengamanan rangkaian setelah tegangan yang ditentukan oleh Dioda Zener yang bersangkutan. Tegangan tersebut sering disebut dengan Tegangan Zener.
3. LED (*Light Emitting Diode*) atau Diode Emisi Cahaya yaitu Dioda yang dapat memancarkan cahaya monokromatik.
4. Dioda Foto (*Photo Diode*) yaitu Dioda yang peka dengan cahaya sehingga sering digunakan sebagai Sensor.
5. Dioda Shockley (SCR atau *Silicon Control Rectifier*) adalah Dioda yang berfungsi sebagai pengendali .
6. Dioda Laser (*Laser Diode*) yaitu Dioda yang dapat memancar cahaya Laser. Dioda Laser sering disingkat dengan LD.
7. Dioda Schottky adalah Dioda tegangan rendah.

8. Dioda Varaktor adalah dioda yang memiliki sifat kapasitas yang berubah-ubah sesuai dengan tegangan yang diberikan.

Nama Komponen	Gambar	Simbol
Dioda Penyearah		
Dioda Zener		
LED (Light Emitting Diode)		
Dioda Foto (Photo Diode)		
SCR (Silicon Control Rectifier)		
Dioda Laser (Laser Diode)		

Gambar 2.19 Bentuk dan Simbol Dioda

(Sumber :<http://teknikelektronika.com>)

2.7.4 Transistor

Transistor merupakan Komponen Elektronika Aktif yang memiliki banyak fungsi dan merupakan Komponen yang memegang peranan yang sangat penting dalam dunia Elektronik modern ini. Beberapa fungsi Transistor diantaranya adalah sebagai Penguat arus, sebagai Switch (Pemutus dan penghubung), Stabilisasi Tegangan, Modulasi Sinyal, Penyearah dan lain sebagainya. Transistor terdiri dari 3 Terminal (kaki) yaitu Base/Basis (B), Emitor (E) dan *Collector*/Kolektor (K). Berdasarkan strukturnya, Transistor terdiri dari 2 Tipe Struktur yaitu PNP dan NPN. UJT (*UniJunction Transistor*), FET (*Field Effect Transistor*) dan MOSFET (*Metal Oxide Semiconductor FET*) juga merupakan keluarga dari Transistor.


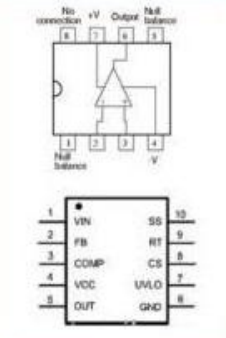
Nama Komponen	Gambar	Simbol
Transistor		

Gambar 2.20 Bentuk dan Simbol Transistor

(Sumber :<http://teknikelektronika.com>)

2.7.5 IC (*Integrated Circuit*)

IC (*Integrated Circuit*) adalah Komponen Elektronika Aktif yang terdiri dari gabungan ratusan bahkan jutaan Transistor, Resistor dan komponenlainnya yang diintegrasikan menjadi sebuah Rangkaian Elektronika dalam sebuah kemasan kecil. Bentuk IC (*Integrated Circuit*) juga bermacam-macam, mulai dari yang berkaki 3 (tiga) hingga ratusan kaki (terminal). Fungsi IC juga beraneka ragam, mulai dari penguat, switching, pengontrol hingga media penyimpanan. Pada umumnya, IC adalah Komponen Elektronika dipergunakan sebagai Otak dalam sebuah Peralatan Elektronika. IC merupakan komponen Semi konduktor yang sangat sensitif terhadap ESD (*Electro Static Discharge*). Sebagai Contoh, IC yang berfungsi sebagai Otak pada sebuah Komputer yang disebut sebagai Microprocessor terdiri dari 16 juta Transistor dan jumlah tersebut belum lagi termasuk komponen-komponen Elektronikalainnya.

Nama Komponen	Gambar	Simbol
<p style="text-align: center;">IC (Integrated Circuit)</p>		

Gambar 2.21 Bentuk dan Simbol IC

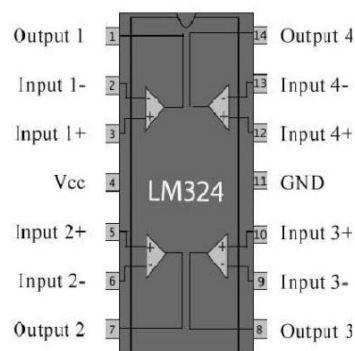
(Sumber :<http://teknikelektronika.com>)

Jenis IC yang sering digunakan pada PCB kontrol *Automatic Voltage Regulator* adalah sebagai berikut:

1.IC LM 324N

IC LM324 merupakan IC *Operational Amplifier*, IC ini mempunyai 4 buah op-amp yang berfungsi sebagai comparator. IC ini mempunyai tegangan kerja antara +5 V sampai +15V untuk +Vcc dan -5V sampai -15V untuk -Vcc.

Adapun definisi dari masing-masing pin IC LM324 adalah sebagai berikut:



Gambar 2.22 IC LM 324N

(Sumber :<http://teknikelektronika.com>)

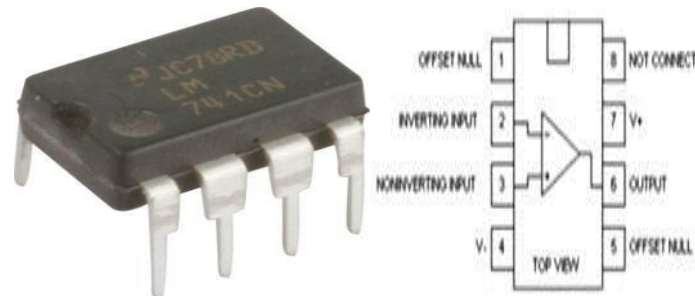
- 1) Pin 1, 7, 8, 14 (*output*) merupakan sinyal output
- 2) Pin 2, 6, 9, 13 (*inverting input*) semua sinyal input yang berada di pin ini akan mempunyai output yang berkebalikan dari input.
- 3) Pin 3, 5, 10, 12 (*non inverting input*) Semua sinyal input yang berada di pin ini akan mempunyai output yang sama dengan input (tidak berkebalikan).
- 4) Pin 4 (+Vcc) Pin ini dapat beroperasi pada tegangan antara +5 Volt sampai +15 Volt.
- 5) Pin 11 (-Vcc) Pin ini dapat beroperasi pada tegangan antara -5 Volt sampai -15 Volt.

Fungsi IC LM324N pada rangkaian kontrol automatic voltage regulator adalah sebagai pembanding ketika terjadi penurunan/penaikan tegangan pada input AVR dan mengirim sinyal pada servo motor untuk menyesuaikan tegangan pada output.

2.IC LM 741

Penguat operasional (Op-Amp) adalah suatu blok penguat yang mempunyai dua masukan dan satu keluaran. Penguat operasional (Op-Amp) dikemas dalam suatu rangkaian terpadu (integrated circuit-IC). Salah satu tipe operasional amplifier (Op-Amp) yang populer adalah LM741. IC LM741 merupakan operasional amplifier yang dikemas dalam bentuk dual in-line package (DIP). Kemasan IC jenis DIP memiliki tanda bulatan atau strip pada salah satu sudutnya untuk menandai arah pin atau kaki nomor 1 dari IC tersebut. Penomoran IC dalam kemasan DIP adalah berlawanan arah jarum jam dimulai dari pin yang

terletak paling dekat dengan tanda bulat atau strip pada kemasan DIP tersebut. IC LM741 memiliki kemasan DIP 8 pin seperti terlihat pada gambar berikut.



Gambar 2.23 IC LM 741

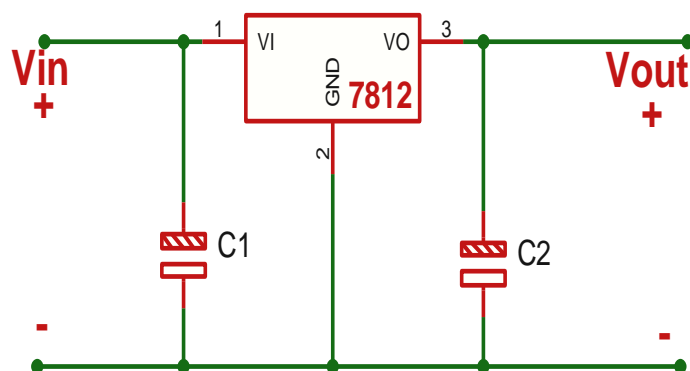
(Sumber : <http://teknikelektronika.com>)

Pada IC ini terdapat dua pin input, dua pin *power supply*, satu pin output, satu pin NC (*No Connection*), dan dua pin *offset null*. Pin offset null memungkinkan kita untuk melakukan sedikit pengaturan terhadap arus internal di dalam IC untuk memaksa tegangan output menjadi nol ketika kedua input bernilai nol. IC LM741 berisi satu buah Op-Amp, terdapat banyak tipe IC lain yang memiliki dua atau lebih Op-Amp dalam suatu kemasan DIP. IC Op-Amp memiliki karakteristik yang sangat mirip dengan konsep Op-Amp ideal pada analisis rangkaian. Untuk menghindari keluaran yang berosilasi, maka frekuensi harus dibatasi, *unity gain frequency* memberi gambaran dari data tanggapan frekuensi. Hal ini hanya berlaku untuk isyarat yang kecil saja karena untuk isyarat yang besar penguat mempunyai keterbatasan sehingga output maksimum hanya dihasilkan pada frekuensi yang relatif rendah.

3.IC Regulator LM7812

Voltage regulator atau pengatur tegangan adalah salah satu komponen yang sering dipakai dalam peralatan elektronika. Fungsi voltage regulator adalah untuk mempertahankan atau memastikan Tegangan pada level tertentu secara otomatis. Artinya, tegangan output (keluaran) DC pada voltage regulator tidak dipengaruhi oleh perubahan tegangan input (masukan), beban pada output dan juga suhu. Tegangan Stabil yang bebas dari segala gangguan seperti noise ataupun fluktuasi tegangan sangat dibutuhkan untuk mengoperasikan peralatan Elektronika terutama pada peralatan elektronika yang sifatnya digital seperti Mikro Controller ataupun Mikro Prosesor.

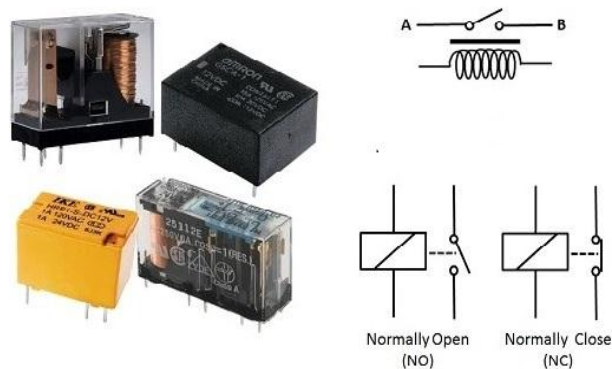
Rangkaian *Voltage Regulator* ini banyak ditemukan pada modul PCB *Automatic Voltage Regulator* sebagai penyuplai tegangan servo motor. Rangkaian *Voltage Regulator* (Pengatur Tegangan) juga merupakan suatu keharusan agar tegangan yang diberikan pada Rangkaian lainnya Stabil dan bebas dari fluktuasi.



Gambar 2.24 Rangkaian Sederhana Voltage Regulator

2.7.6 Relay 12 Volt DC

Relay merupakan komponen elektronik yang sering digunakan sebagai saklar elektronik, yang bekerja karena adanya kontrol yang digerakkan oleh listrik. Pada PCB kontrol AVR/stabilizer jenis relay yang digunakan adalah jenis relay yang bekerja pada tegangan 12 Vdc dengan 2 jenis relay yang memiliki pin yang berbeda yakni relay 8 pin (DPDT) dan relay 5 pin (SPDT). Tidak semua sistem relay digunakan pada PCB kontrol AVR/stabilizer, penggunaan sistem relay sering kita temukan pada stabilizer Matsuyama.



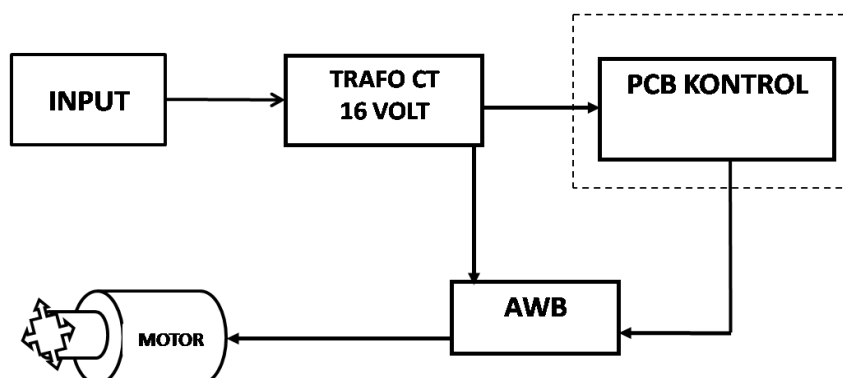
Gambar 2.25 Relay 12 Volt DC

(Sumber :<http://teknikelektronika.com>)

2.8.Prinsip Kerja PCB Kontrol AVR/Stabilizer

Rangkaian kontrol akan bekerja pada saat tegangan input dan beban berubah, dan rangkaian pengatur tegangan akan mengambil data dari tegangan input dan membandingkannya dengan tegangan yang ditetapkan melalui IC pembandingan kemudian menstabilkannya. Sinyal output yang diberikan PCB kontrol akan mengontrol motor penggerak untuk menggerakkan atau memutar *carbon brush* (*kul booster*), kemudian menyesuaikan tegangan sesuai dengan

petunjuk yang telah ditetapkan sehingga menghasilkan tegangan output yang stabil.



Gambar 2.26 Prinsip kerja PCB kontrol AVR

Pada gambar diatas dapat kita perhatikan PCB kontrol *Automatic Voltage Regulator* mendapatkan suplai tegangan dari terminal input AVR yang telah diturunkan menggunakan trafo step down atau trafo CT. Penurunan tegangan ini dilakukan agar PCB kontrol dapat bekerja dengan tegangan AC yang sudah ditetapkan. Tegangan AC yang dibutuhkan PCB kontrol AVR sekitar 9 Volt-24Volt AC tergantung kebutuhan jenis modul yang digunakan untuk mengontrol AVR. Rangkaian kontrol memiliki dua input, input pertama digunakan untuk mengontrol tegangan servo dan input yang kedua digunakan sebagai sistem proteksi dan pembanding tegangan. Pada sistem kerja rangkaian kontrol AVR ada tiga buah potensio adalah sebagai berikut :

- Potensio pengatur tegangan (P1)

Potensio tegangan (P1) adalah potensio yang digunakan untuk menentukan tegangan output yang diperlukan untuk mengoperasikan sebuah alat atau beban. Batas tegangan normal yang bisa diatur antara 220 V – 240 V. Untuk menaikkan tegangan arah putarannya adalah kekanan dan untuk menurunkan tegangan

diputar ke arah yang berlawanan atau ke kiri. Potensio tegangan ini digunakan juga untuk menentukan tegangan tetap output selama AVR beroperasi dan bisa diubah sesuai dengan kebutuhan beban yang dioperasikan.

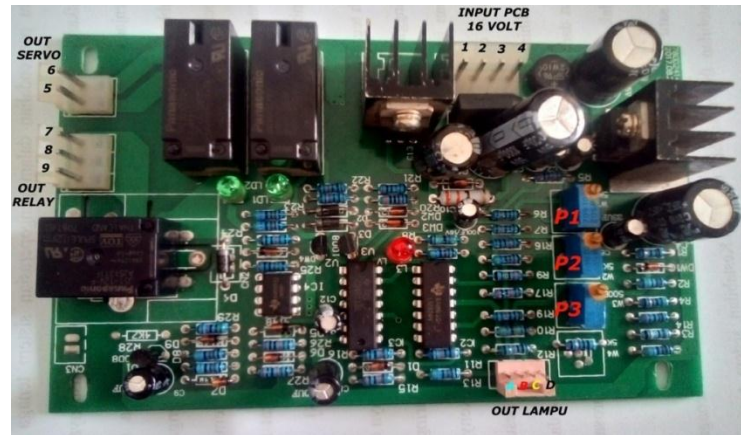
- Potensio pengatur over voltage (P2)

Potensio pengatur over voltage (P2) merupakan potencio yang digunakan untuk menentukan batas proteksi/keamanan terhadap beban. Batas tegangan untuk keamanan terhadap beban berada pada tegangan 240 V – 250 V. Pengaturan proteksi *over voltage* merupakan bagian terpenting pada AVR/stabilizer untuk mengamankan beban ketika terjadi kenaikan tegangan yang tidak beraturan pada sumber (input) AVR.

- Potensio pengatur sensitivitas (P3)

Potensio pengatur sensitivitas (P3) merupakan potencio yang digunakan untuk mengatur sensitivitas pergerakan dari servo motor pada saat tegangan input naik atau saat tegangan input turun. Pengaturan sensitivitas pergerakan motor servo sangat diperlukan agar output AVR/stabilizer bisa normal sesuai dengan tegangan yang sudah ditetapkan pada potencio pengatur tegangan output.

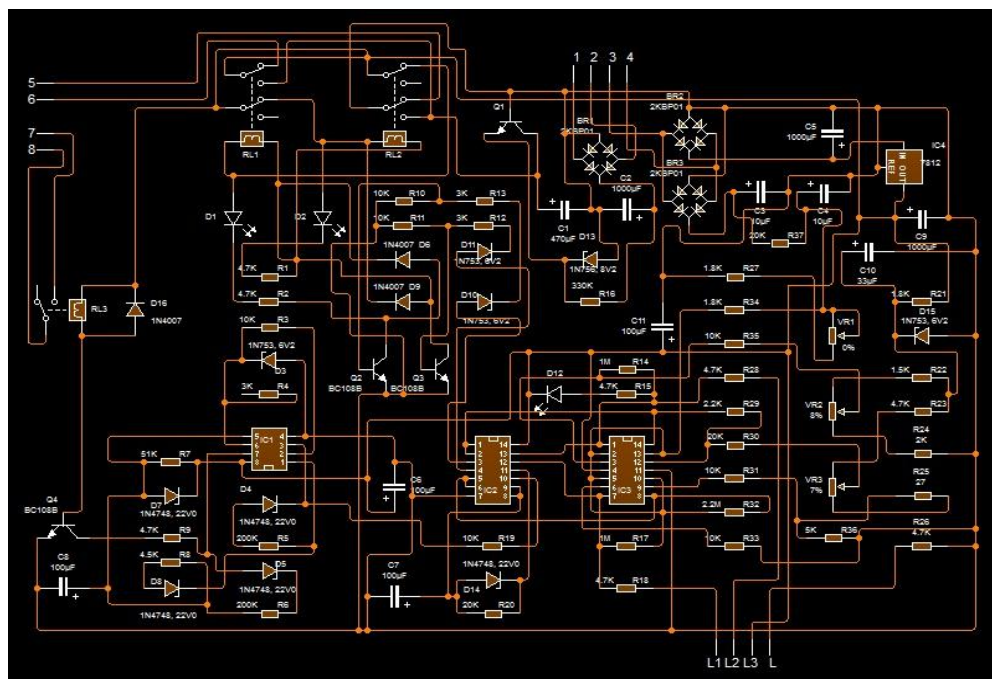
Pada kebanyakan sistem kontrol *Automatic Voltage Regulator* biasanya menggunakan potencio pengatur tegangan dan potencio proteksi. Sistem pengaturan tegangan diatas bisa kita lihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 2.27 Sistem pengendali (PCB kontrol)

(sumber : *Automatic Voltage Regulator* Matsuyama)

PCB kontrol *Automatic Voltage Regulator* pada prinsipnya adalah untuk mengatur sistem kerja dari AVR tersebut dan pada umumnya bekerja dengan sistem pengendali *Proportional Integral* (PI) turunan dari pengendali *Proportional Integral Diferensial* (PID).



Gambar 2.28 Rangkaian Pengendali *Automatic Voltage Regulator*

2.9. Auto WindBack System (AWBS)

Auto Wind Back System merupakan suatu sistem kontrol yang cerdas untuk mencegah kegagalan start pada AVR/stabilizer saat terjadinya pemadaman aliran listrik, sehingga pada saat aliran listrik kembali mengalir stabilizer akan beroperasi kembali secara normal. *Auto Wind Back System* terhubung langsung pada PCB Kontrol AVR dan bekerja bersama untuk mengendalikan servo motor ketika terjadi perubahan tegangan atau perubahan beban. *Auto Wind Back System* memiliki input 9 Volt – 16 Volt untuk mengoperasikan relay yang terdapat pada *Auto Wind Back System*, relay ini digunakan sebagai switch untuk servo motor ketika menggunakan tegangan dari PCB kontrol dan switch ketika menggunakan baterai. Fungsi baterai adalah untuk mengembalikan posisi servo motor/carbon brush ke posisi awal (*start*) Namun, terdapat kelemahan jika sering dipakai maka baterai akan mengalami *voltage drop*. Sebagai pengganti baterai *super kapasitor grapheme* juga dapat digunakan untuk meminimalisasi kegagalan start karena dapat menyimpan energi ketika terjadi pemadaman aliran listrik (et al., 2020)



Gambar 2.29 Rangkaian *Auto WindBack System*

2.10. Sistem Pengendali Proporsional Integral (PI)

Sistem Pengendali Proporsional Integral (PI) merupakan gabungan antara pengendali Proporsional (P) dan Integral (I). Sistem Pengendali PI banyak digunakan pada sistem pengendali *Automatic Voltage Regulator* karena memiliki tanggapan kontrol yang baik. Hubungan antara keluaran dan masukan pengendali dapat dituliskan sebagai:

$$P = K_p E_p + K_p K_I \int E_p dt + P(0) K_I$$

Di mana :

P = keluaran pengendali (%)

K_p = penguatan proporsional

K_I = waktu integrasi

E_p = error (%)

Bisa dinyatakan dengan waktu integral dimana Keuntungan pengendali ini adalah adanya pengendali P yang mampu merespon dengan cepat mengkompensasi kelambatan pengendali I, dan pengendali I yang dapat menghilangkan kesalahan inheren pada P sehingga dengan kombinasi ini akan memberikan tanggapan kontrol yang lebih baik dibandingkan kontrol individunya. Atau dengan kata lain, pada pengendali ini offset pengendali P dapat dihilangkan oleh pengendali I dan kelambatan pengendali I dapat dikompensasi oleh kecepatan pengendali P sehingga kondisi optimal bisa dicapai. Perlu diingat bahwa penguatan proporsional juga mengubah penguatan sistem secara keseluruhan, namun penguatan integral dapat diatur secara terpisah. Ingat bahwa offset terjadi pada P, pada pengendali PI, fungsi integral akan memberikan keluaran pengendali yang baru walaupun errornya nol setelah perubahan beban. Implementasi

pengendali PI ditunjukkan pada Gambar 2.31 (termasuk inverter). Dalam implementasi ini didefinisikan bahwa pengendali PI meliputi penguatan proporsional dalam integralnya. sehingga hubungan input output dapat dituliskan:

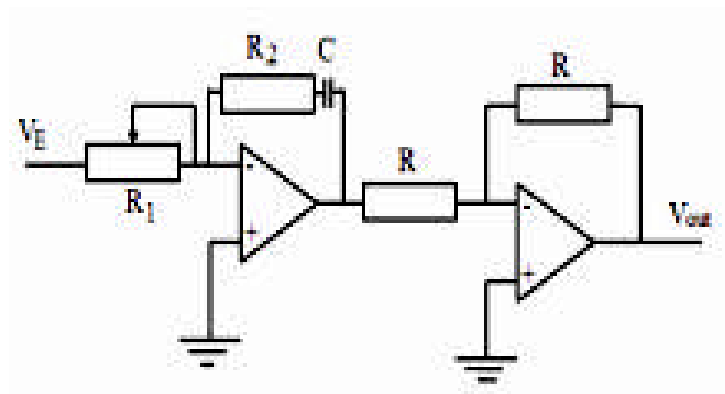
$$V_{out} = \frac{R_2}{R_1} V_E + \frac{R}{R} dt$$

Dimana :

V_{out} = tegangan keluaran (v)

V_E = tegangan error

Pengsetan proporsional band (penguatan proporsional) dilakukan melalui $K_P = R_2/R_1$ dan waktu integrasi $K_I = 1/R_2C$.



Gambar 2.30 Realisasi Pengendali PI

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Jalan Kapten Mukhtar Basri No.3 Medan, Sumatera Utara.

3.2 Komponendan Bahan Penelitian

Komponen dan bahan yang digunakan dalam penelitian analisis sistem regulasi pada PCB kontrol *Automatic Voltage Regulator* adalah sebagai berikut:

1. PCB kontrol, sebagai pengontrol sistem kerja *Automatic Voltage Regulator*.
2. AWBS, sebagai alat yang digunakan untuk menghindari kegagalan *start* pada sistem kerja *Automatic Voltage Regulator*.
3. Trafo *step down* 16 Vac, sebagai penyuplai tegangan pada rangkaian kontrol *Automatic Voltage Regulator*.
4. Baterai, untuk mengembalikan *carbon brush* pada posisi *start* ketika terjadi pemutusan aliran listrik.
5. Limit switch, sebagai pemutus dan penghubung suplai tegangan servo motor.
6. Servo motor, untuk memutar *carbon brush* pada saat terjadi perubahan tegangan dan perubahan beban.

Daftar komponen yang terdapat pada PCB kontrol *Automatic Voltage Regulator (AVR)* dan *Auto Wind Back System (AWBS)* dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 3.1 Daftar Komponen AWBS dan PCB Kontrol AVR

No	Nama Komponen	Keterangan
1	- Kapasitor 1000uf 35 Volt	2 Buah
	- Kapasitor 1000uf 50 Volt	2 Buah
	- Kapasitor 470uf 35 Volt	1 Buah
	- Kapasitor 100uf 16 Volt	2 Buah
	- Kapasitor 100uf 35 Volt	2 Buah
	- Kapasitor 33uf 25 Volt	1 Buah
	- Kapasitor 10uf 50 Volt	2 Buah
2	- Resistor 1 M Ω	2 Buah
	- Resistor 2.2 M Ω	2 Buah
	- Resistor 1.5 K Ω	1 Buah
	- Resistor 1.8 K Ω	3 Buah
	- Resistor 2 K Ω	1 Buah
	- Resistor 3 K Ω	3 Buah
	- Resistor 4.5 K Ω	1 Buah
	- Resistor 4.7 K Ω	8 Buah
	- Resistor 10 K Ω	7 Buah
	- Resistor 20 K Ω	2 Buah
	- Resistor 51 K Ω	1 Buah
	- Resistor 200 K Ω	2 Buah
- Resistor 27 Ω	1 Buah	
3	- Relay 8 Pin 12Volt DC	2 Buah
	- Relay 5 Pin 12 Volt DC	1 Buah
4	IC 7812	2 Buah
5	IC LM 324N	1 Buah
6	IC CD 4011BE	1 Buah

7	IC LM 741	1 Buah
8	- Transistor C1008 - TIP 122/TIP 42	3 Buah 1 Buah
12	Variabel Resistor (Potensio)	3 Buah
13	- Dioda Penyearah 1N4007 - Dioda Zener 6V2 - Dioda Zener 4148 - Dioda KBP 307	4 Buah 4 Buah 6 Buah 3 Buah
14	LED	3 Buah

Daftar komponen yang terdapat pada simulator rangkaian penelitian sistem regulasi PCB kontrol *Automatic Voltage Regulator*(AVR) dan *Auto Wind Back System* (AWBS) dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 3.2 Daftar Komponen Simulator Rangkaian Penelitian

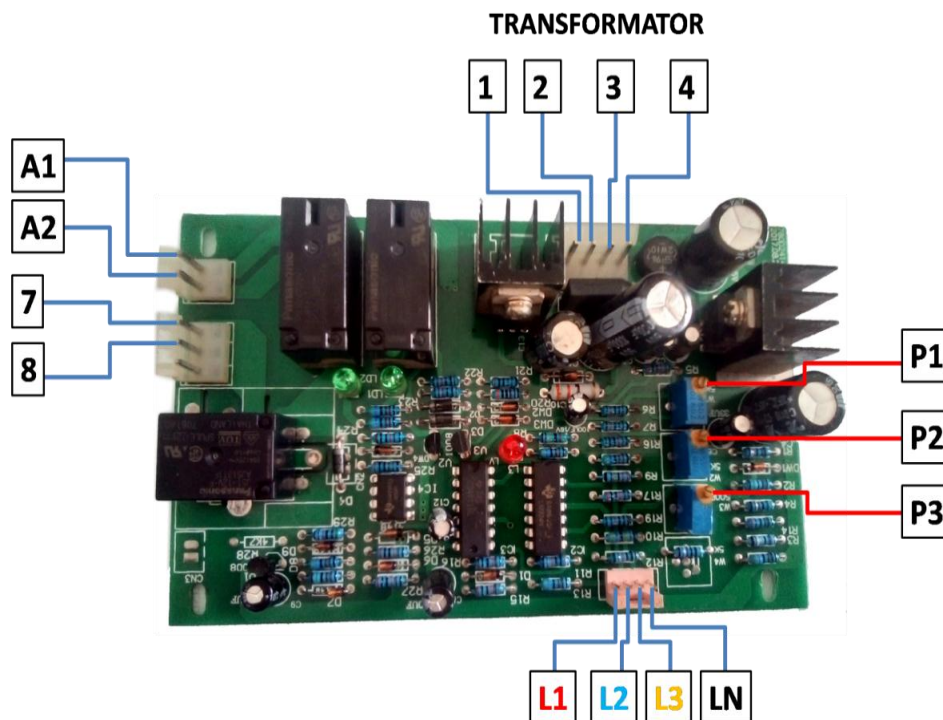
No	Nama Komponen	Keterangan
1	Trafo <i>step down</i> 220/16 Volt 50HZ	2 buah
2	<ul style="list-style-type: none"> • Kapasitor 1000uf 35V • Kapasitor 1000uf 50V • Kapasitor 470uf 35V • Kapasitor 10uf 50V 	2 buah 2 buah 1 buah 2 buah
3	Dioda <i>Full Bridge</i> Dioda zener 1N4742A <i>Dioda</i> 1N4007	3 buah 1 buah 1 buah
4	Resistor 20K Variabel Resistor 5K	1 buah 1 buah
5	Tip 122	1 buah
6	LM 7812	1 buah
7	Switch Relay Relay 12 Vdc	4 buah 1 buah

8	Terminal	Secukupnya
9	AC Voltmeter AC Ammeter	1 buah 1buah
10	DC Voltmeter DC Ammeter	1 buah 1 buah
11	Oscilloscop	1 buah
12	Servo Motor	1 buah
13	Baterai	1 buah

3.3 Perencanaan Sistem

3.3.1 Desain Rangkaian Kontrol *Automatic Voltage Regulator*

Adapun desain dari rangkaian kontrol *Automatic Voltage Regulator* dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 3.1 Desain Rangkaian PCB Kontrol *Automatic Voltage Regulator*

Pada desain rangkaian PCB kontrol *Automatic Voltage Regulator* di atas terdiri dari beberapa komponen elektronik yang didesain menjadi sebuah sistem pengendali yang dapat mengendalikan sistem kerja *Automatic Voltage Regulator*.

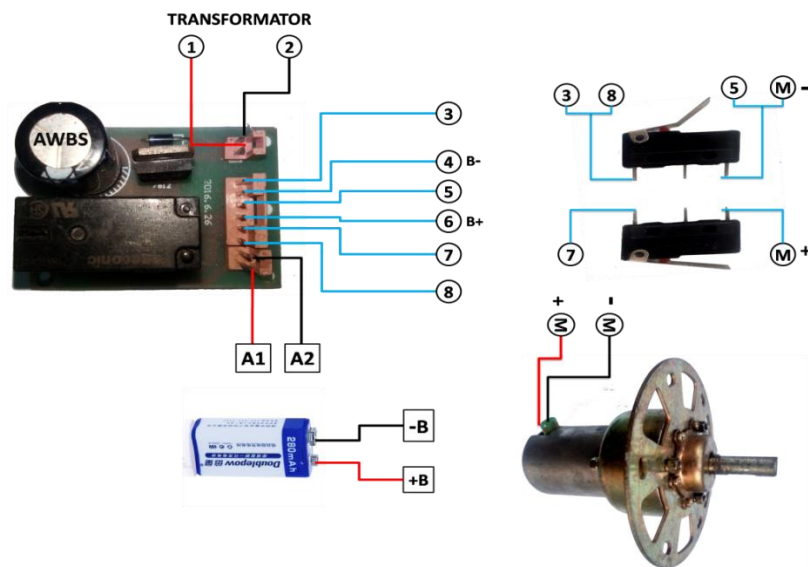
Adapun keterangan dari gambar di atas dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Pada terminal 1,2,3 dan 4, merupakan terminal input PCB kontrol yang terdiri dari dua masukan yang masing-masing memiliki sistem penyearah (*Rectifier*). Pada terminal 1 dan 2 berfungsi sebagai sistem proteksi dan pembanding. Pada terminal 3 dan 4 berfungsi sebagai sistem penggerak servo motor.
2. Pada terminal A1 dan A2, merupakan output dari pada PCB kontrol yang sudah mengalami perubahan tegangan 16 Vac menjadi 12 Vdc melalui sistem regulasi penyearah yang terdapat pada rangkaian kontrol. Output rangkaian kontrol pada terminal A1 dan A2 berfungsi untuk menyuplai tegangan pada servo motor.
3. Pada terminal 7 dan 8, merupakan terminal output yang digunakan untuk mengontrol waktu kerja kontaktor melalui *relay* yang terdapat pada rangkaian kontrol.
4. Terminal L1, merupakan terminal lampu indikator yang menandakan AVR bekerja normal.
5. Terminal L2, merupakan terminal lampu indikator yang menandakan AVR sedang mengalami kenaikan tegangan melebihi kapasitas kerja AVR (*Over Voltage*).
6. Terminal L3, merupakan terminal lampu indikator yang menunjukkan AVR sedang mengalami penurunan tegangan dibawah kapasitas kerja AVR (*Under Voltage*).

7. Terminal LN, merupakan penyuplai tegangan netral (0) dari pada lampu indikator AVR.
8. P1, merupakan potensio yang berfungsi untuk menentukan tegangan output yang diperlukan beban.
9. P2, merupakan potensio yang berfungsi untuk mengatur batas proteksi (*Over Voltage*).
10. P3, merupakan potensio yang berfungsi untuk mengatur sensitivitas pergerakan *carbon brush*/servo motor ketika terjadi perubahan tegangan dan beban.

3.3.2 Desain Auto Wind Back System

Adapun desain dari *Auto Wind Back System Automatic Voltage Regulator* dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 3.2 Desain Auto Wind Back System

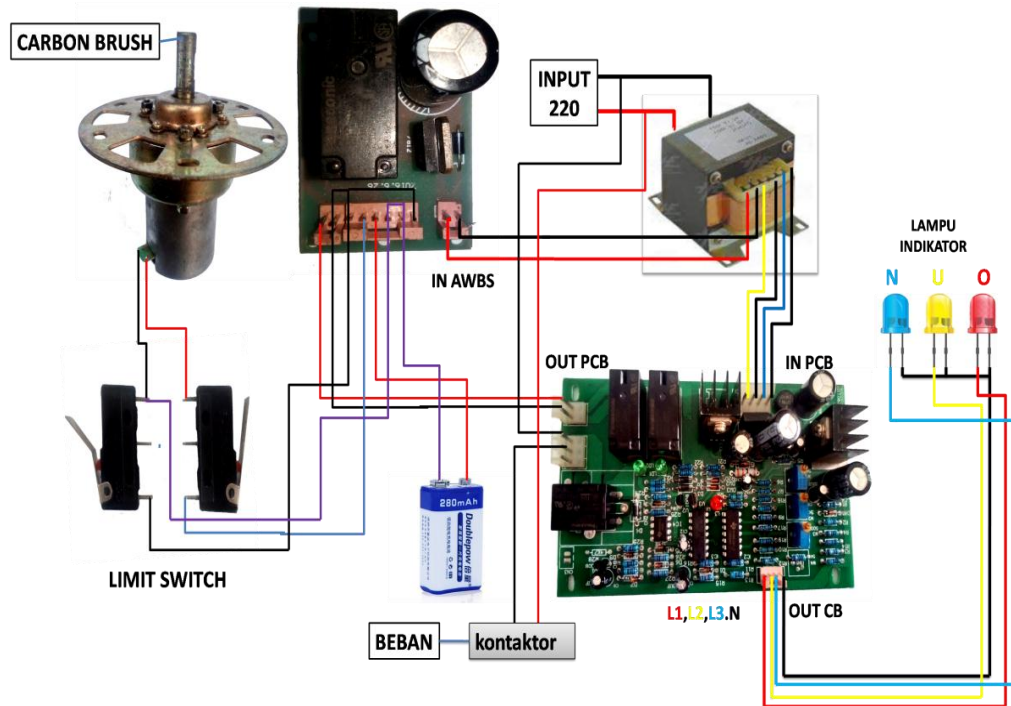
Pada gambar desain *Auto Wind Back System* diatas terdiri dari beberapa komponen elektronik yang didesain menjadi sebuah rangkaian yang dapat

menghindari kegagalan star pada saat AVR di fungsikan. Adapun keterangan gambar di atas dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Pada terminal 1 dan 2, merupakan terminal input *Auto Wind Back System* yang yang terhubung pada output trafo step down 16 Vac.
2. Pada terminal 3 dan 8 merupakan terminal netral servo motor yang terhubung pada *limit switch*.
3. Terminal 4 dan 6, merupakan terminal yang dihubungkan pada baterai.
4. Terminal A1 dan A2, merupakan terminal yang yang menghubungkan output PCB kontrol dengan *Auto Wind Back System*(AWBS).
5. Terminal 5, dihubungkan pada limit switch yang merupakan negatif dari baterai.
6. Terminal 7, merupakan terminal yang dihubungkan pada *limit switch* seperti yang terlihat pada gambar di atas. Berfungsi sebagai sumber arus servo motor.
7. M+ dan M-, merupakan terminal servo motor yang dihubungkan pada terminal *limit switch*.

3.3.3 Sistem Regulasi Tegangan Pada PCB Kontrol AVR

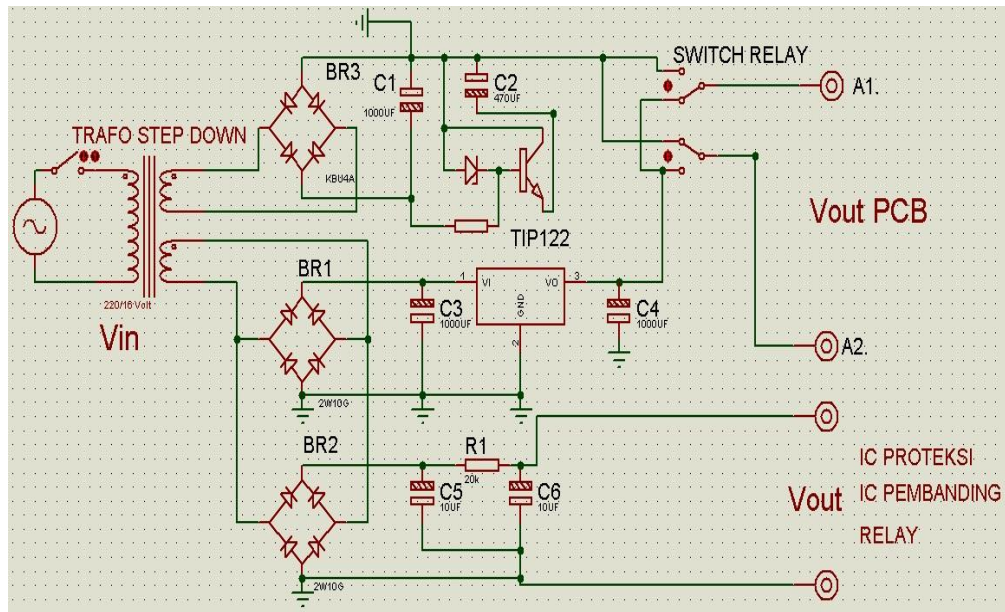
Adapun sistem regulasi pada PCB kontrol *Automatic Voltage Regulator* dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 3.3 Sistem Regulasi Tegangan Pada PCB Kontrol AVR

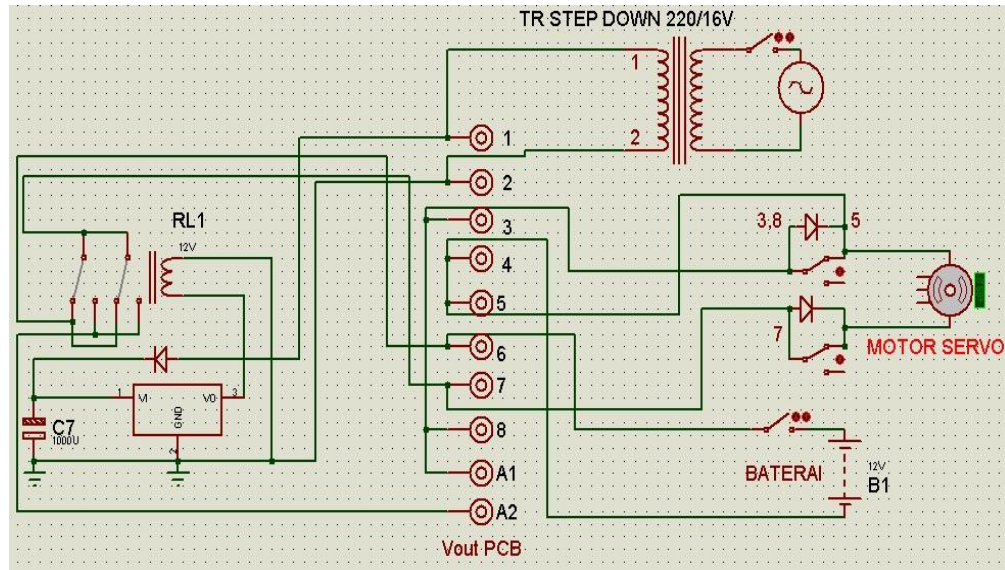
Pada Sistem Regulasi Tegangan PCB kontrol *Automatic Voltage Regulator*, PCB kontrol mendapatkan suplai tegangan dari trafo *step down* dengan output 16 Vac yang terhubung pada terminal input PCB kontrol. Pada PCB kontrol terdapat dua terminal input yang masing masing memiliki sistem penyearah (*Rectifier*) yang berfungsi untuk mengubah tegangan bolak-balik (AC) menjadi tegangan searah (DC). Pada PCB kontrol, penyearah ini berfungsi sebagai penyedia suplai tegangan DC untuk servo motor dan rangkaian kontrol servo motor. Untuk suplai rangkaian kontrol, diperlukan tegangan 12 Vdc tetapi sebagai inputan *Inverter Half Bridge* tegangan jala-jala dari PLN 220 Volt diturunkan menjadi tegangan 16 Vac dengan trafo *step down* dan disearahkan dengan menggunakan dioda *full bridge* dengan tapis kapasitor. Penyearah rangkaian kontrol digunakan penyearah gelombang penuh dengan trafo *step down*.

Pada penyearah ini digunakan tiga dioda *full bridge* untuk menyearahkan keluaran dari trafo *step down*. Dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



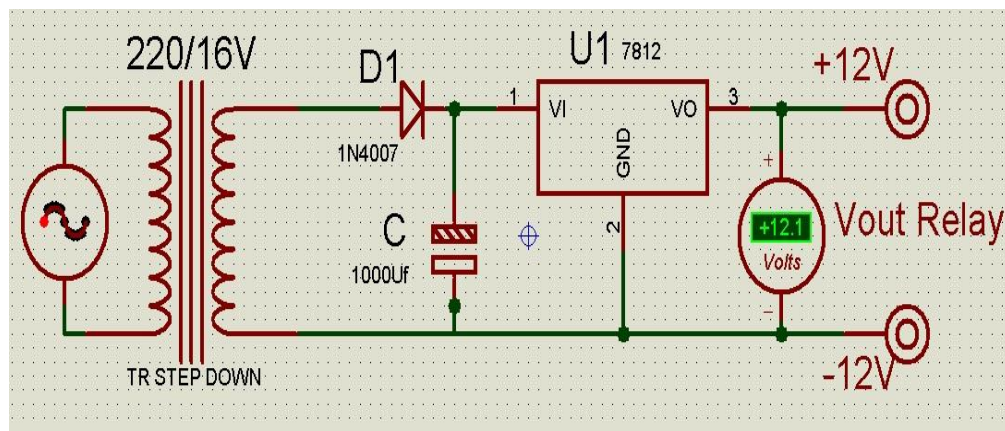
Gambar 3.4 Rangkaian Penyearah (*Rectifier*) PCB Kontrol

Rangkaian Penyearah (*Rectifier*) PCB Kontrol memiliki dua masukan (*input*) dan dua keluaran (*output*) seperti yang terlihat pada gambar rangkaian diatas, yang berfungsi untuk mengoperasikan servo motor dan sebagai penyuplai tegangan input IC proteksi dan IC pembanding. Fungsi IC proteksi dan IC pembanding pada rangkaian kontrol adalah untuk membaca perubahan tegangan yang diakibatkan adanya perubahan beban dan untuk mengoperasikan kedua relay yang terdapat pada PCB kontrol. Fungsi switch yang terdapat pada relay adalah sebagai penghubung Vout PCB kontrol dengan servo motor melalui rangkaian *Auto Wind Back System*(AWBS), switch relay juga berfungsi untuk menentukan arah putaran servo motor. Adapun sistem regulasi tegangan pada rangkaian *Auto Wind Back System*(AWBS) dapat dilihat pada gambar berikut.



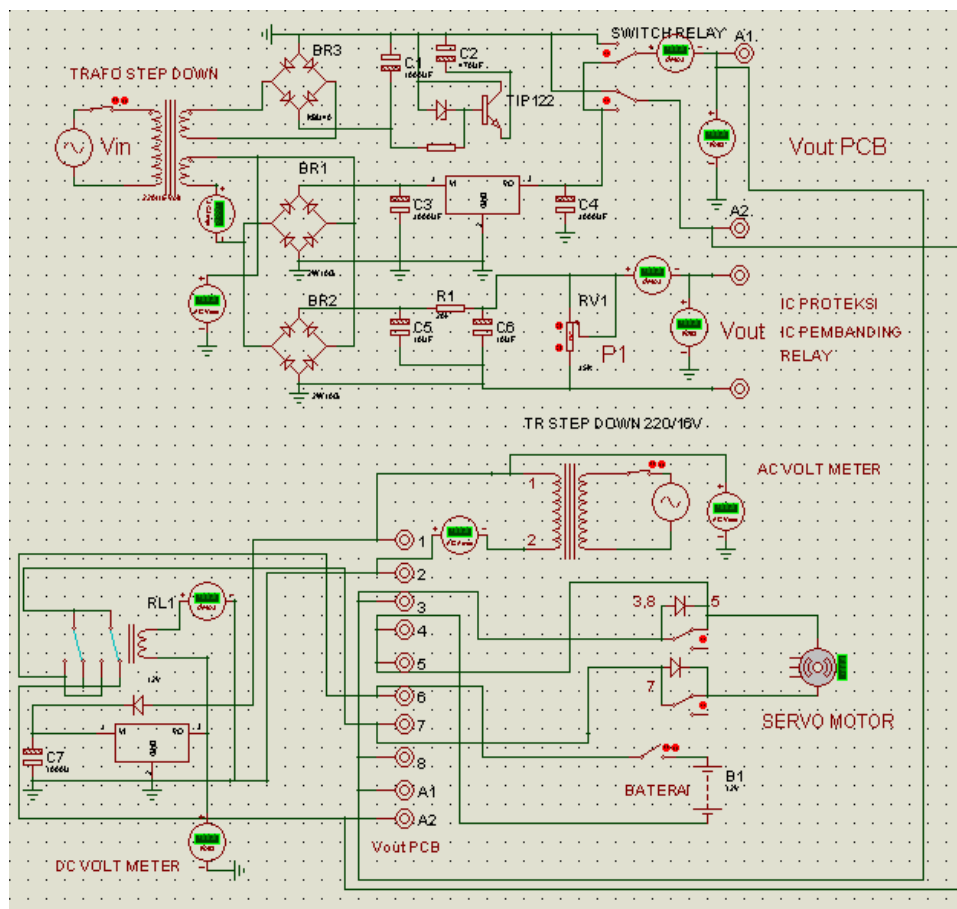
Gambar 3.5 Rangkaian Sinkronisasi *Auto Wind Back System* (AWBS)

Pada rangkaian sinkronisasi *Auto Wind Back System* (AWBS) terdapat dua terminal input yang masing-masing berfungsi sebagai penyuplai tegangan pada relay dan penyuplai tegangan pada servo motor. Untuk suplai tegangan pada *Auto Wind Back System*(AWBS) disuplai dari output trafo step down dengan tegangan output 16 Vac. Agar dapat mengoperasikan relay yang terdapat pada rangkaian *Auto Wind Back System*(AWBS), maka tegangan 16 Vac di regulasi menjadi arus searah 12Vdc menggunakan satu buah dioda 1N4007, satu buah kapasitor 1000uf dan IC LM7812 seperti yang terlihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 3.6 Rangkaian Penyearah *Auto Wind Back System* (AWBS)

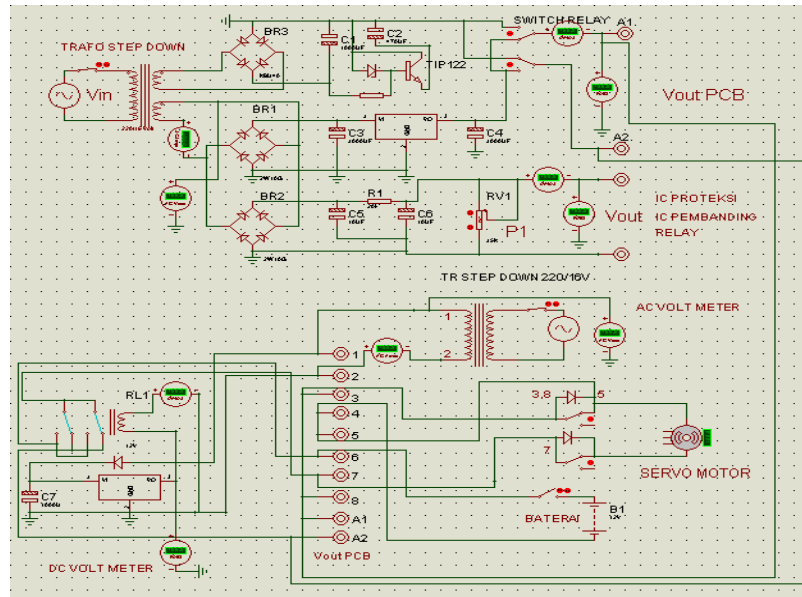
Adapun fungsi dari rangkaian peyearah *Auto Wind Back System*(AWBS) adalah untuk mengoperasikan relay yang terdapat pada rangkaian *Auto Wind Back System*(AWBS) yang merupakan switch penghubung dan pemutus V_{out} PCB kontrol dengan servo motor dan penghubung V_{out} baterai dengan servo motor ketika terjadi pemutusan aliran listrik. Adapun rangkaian sinkronisasi penyearah PCB Kontrol dengan Rangkaian AWBS dapat di lihat pada gambar berikut.



Gambar 3.7 Sinkronisasi Penyearah PCB Kontrol Dengan Rangkaian AWBS

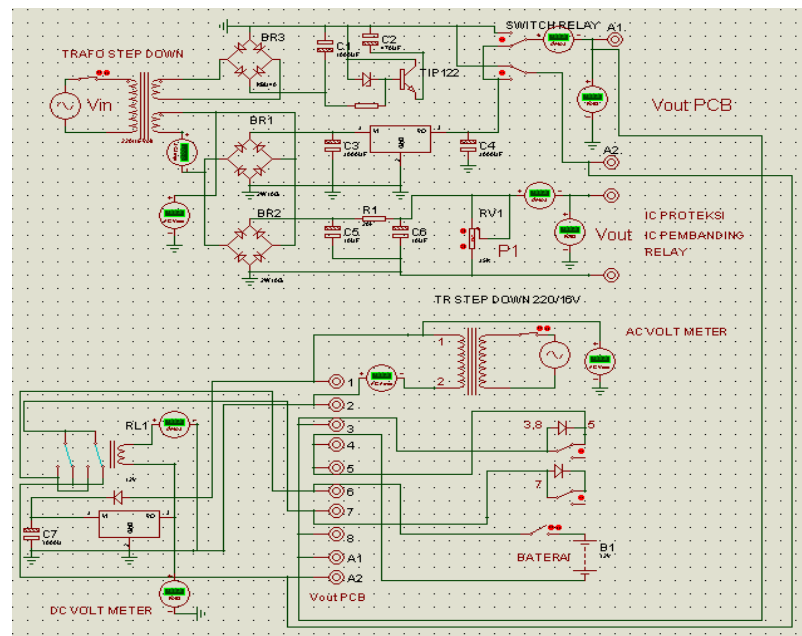
3.3.4 Rangkaian Penelitian

Pada penelitian ini digunakan dua buah rangkaian penelitian, yaitu dengan menggunakan beban dan tanpa menggunakan beban.



Gambar 3.8 Rangkaian Sinkronisasi Menggunakan Beban

Rangkaian sinkronisasi diatas dihubungkan dengan beban untuk mengetahui arus dan tegangan yang mengalir pada saat rangkaian diberikan beban servo motor.



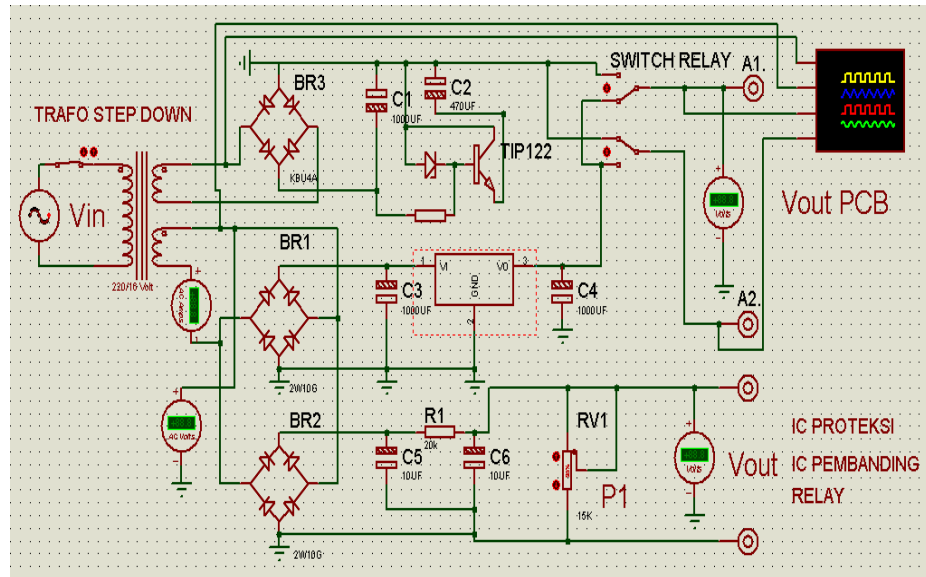
Gambar 3.9 Rangkaian Sinkronisasi Tanpa Beban

Rangkaian sinkronisasi tanpa beban dibuat untuk mengetahui perbandingan tegangan dan arus yang mengalir saat menggunakan beban dan saat tidak menggunakan beban.

3.3.5 Prosedur Penelitian

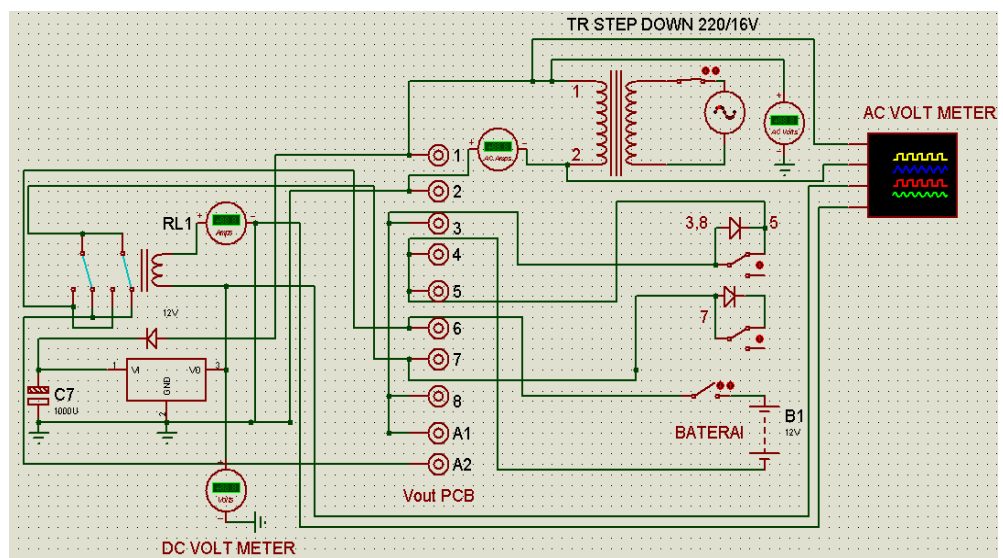
Adapun langkah-langkah dari penelitian analisis sistem regulasi tegangan pada PCB kontrol *Automatic Voltage Regulator* adalah sebagai berikut :

1. Membuat desain PCB kontrol *Automatic Voltage Regulator*.
2. Membuat desain sinkronisasi *Auto Wind Back System* (AWBS).
3. Membuat desain sistem regulasi pada pengendali *Automatic Voltage Regulator*(AVR).
4. Membuat rangkaian penyearah pada PCB kontrol *Automatic Voltage Regulator* (AVR).
5. Membuat rangkaian *Auto Wind Back System* (AWBS) dan rangkaian penyearah *Auto Wind Back System* (AWBS).
6. Mengukur tegangan dan arus pada simulasi rangkaian penyearah PCB kontrol *automatic voltage regulator*, serta gelombang arus V_{in} dan V_{out} pada frekuensi 20 Hz dan 50 Hz.



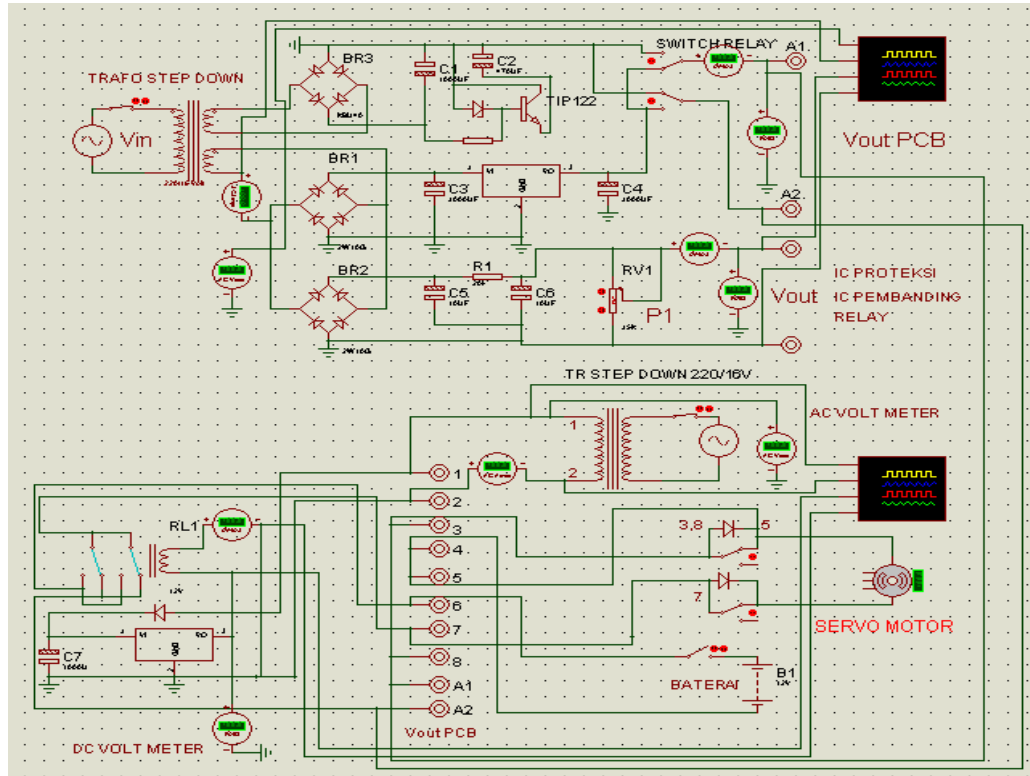
Gambar 3.10 Pengukuran tegangan, arus dan Gelombang Arus Vin dan Vout Pada Rangkaian Penyearah PCB kontrol

7. Mengukur tegangan dan arus pada simulasi rangkaian penyearah *Auto Wind Back System* (AWBS) serta gelombang arus Vin dan Vout pada frekuensi 20 Hz dan 50 Hz.



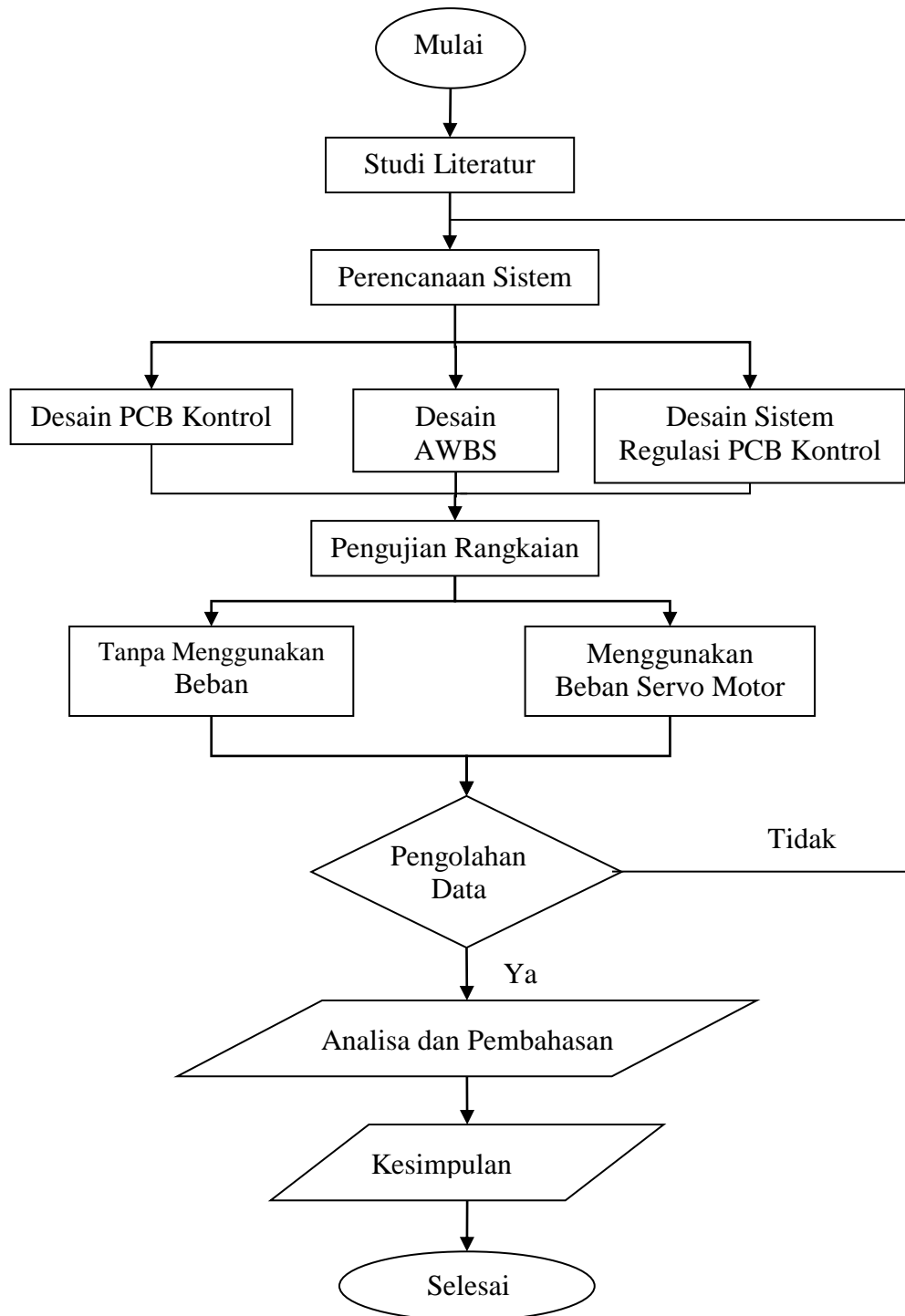
Gambar 3.11 Pengukuran Tegangan, Arus dan Gelombang Arus pada Rangkaian penyearah AWBS

8. Pengujian simulasi rangkaian penelitian dengan menggunakan beban dan tanpa menggunakan beban serta mengukur tegangan, arus dan bentuk gelombang arus pada simulasi rangkaian penelitian.



Gambar 3.12 Rangkaian Utama Penelitian

3.4 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.13 Diagram Alir Penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Unjuk Kerja Sistem Pengendali *Automatic Voltage Regulator*(AVR)

Adapun unjuk kerja dari sistem pengendali automatic voltage regulator adalah sebagai berikut :

1. Tegangan yang sudah diturunkan menggunakan trafo *step down* dihubungkan pada input PCB kontrol. Tegangan Arus bolak-balik (AC) yang disuplai dari trafo *step down* diubah menjadi arus searah (DC) menggunakan dioda *fullbridge* yang diberi tapis kapasitor dan diatur atau distabilkan menggunakan dioda zener dan IC 7812 sehingga tegangan dapat mengalir pada komponen yang terdapat pada rangkaian PCB kontrol.
2. Arus yang sudah disearahkan akan dialirkan pada sistem proteksi, sistem pembanding, sistem pembesar dan terminal output utama PCB kontrol yang merupakan sumber tegangan untuk servo motor.
3. Sistem proteksi digunakan untuk mendeteksi adanya masalah yang terjadi pada AVR sementara sistem pembanding berfungsi untuk mengoperasikan relay yang terdapat pada PCB kontrol ketika sistem pembanding mendeteksi adanya perubahan tegangan dan segera mengoperasikan relay secara bergantian mengikuti pergerakan naik-turunnya tegangan. Kedua relay PCB kontrol merupakan switch penghubung output PCB kontrol yang dapat mengubah arah putaran servo motor ketika terjadi perubahan tegangan.
4. Output PCB kontrol yang sudah diubah menjadi arus searah (DC) dihubungkan pada terminal *Normally Open* (NO) relay yang terdapat pada rangkaian AWBS dan terminal *Normally Close* (NC) dihubungkan pada baterai sehingga dapat

mengembalikan posisi servo motor ketika terjadi pemadaman aliran listrik pada posisi *start* dan mengoperasikan servo motor ketika AVR difungsikan.

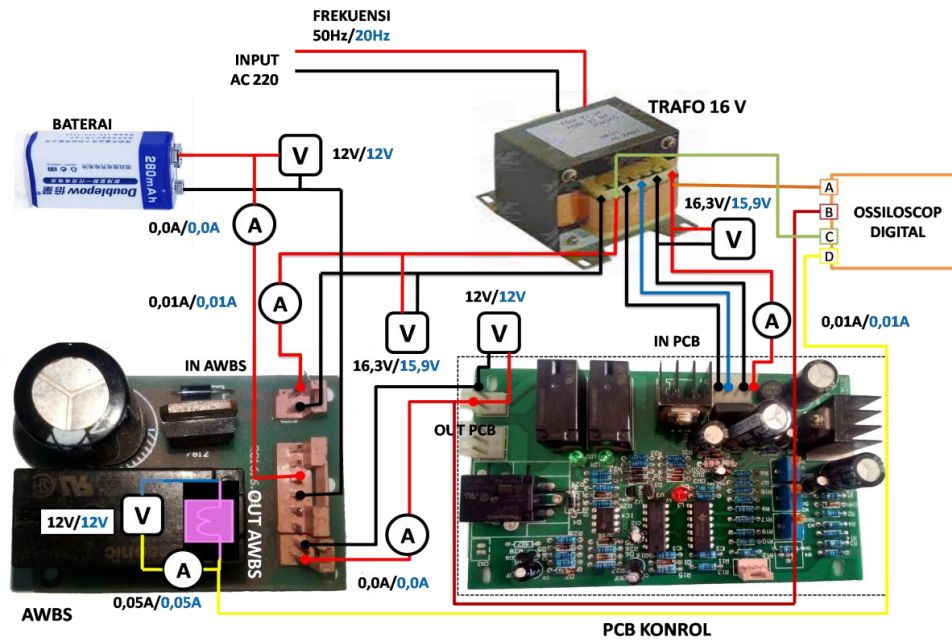
5. Ketika tegangan sudah teregulasikeseluruh sistem pengendali, maka sistem pengendali dapat bekerja dengan baik dan ketika terjadi perubahan tegangan maka servo motor akan mengerakkan *carbon brush* yang terdapat pada permukaan regulatorsecara otomatisdan segera menstabilkan tegangan keluaran *Automatic Voltage Regulator(AVR)*.

4.2 Analisa Daya Rangkaian Sinkronisasi Penyearah PCB Kontrol *Automatic Voltage Regulator (AVR)*

Pengujian atau pengukuran yang dilakukan pada rangkaian sinkronisasi penyearah PCB kontrol *Automatic Voltage Regulator (AVR)* dengan rangkaian *Auto Wind Back System (AWBS)* yaitu pengujian rangkaian tanpa menggunakan beban dan pengujian rangkaian dengan menggunakan beban.

4.2.1 Pengujian Rangkaian sinkronisasi penyearah PCB kontrol Tanpa Menggunakan Beban

Hasil pengukuran dari pengujian yang dilakukan pada rangkaian sinkronisasi penyearah PCB kontrol *Automatic Voltage Regulator (AVR)* dengan rangkaian *Auto Wind Back System (AWBS)* tanpa menggunakan beban dapat dilihat pada gambar dan tabel dibawah ini.



Gambar 4.1 Hasil Pengukuran Rangkaian Sinkronisasi Penyearah PCB Kontrol Tanpa Menggunakan Beban.

Tabel 4.1 Data Pengukuran Pada Rangkaian Penyearah PCB Kontrol AVRTanpa Menggunakan Beban.

$\text{Cos } \phi$	Frekuensi (Hz)	V_{in} (Vac)	I_{in} (Ampere)	P_{in} W(Watt)	V_{out} (Vdc)	I_{out} (Ampere)	P_{out} (Watt)
0,8	20 Hz	15,9 Volt	0,01A	0,0127W	12 V	0 A	0 W
0,8	50 Hz	16,3 Volt	0,01A	0,0130W	12 V	0 A	0 W

Dari Tabel 4.1 diketahui tegangan input rangkaian penyearah PCB kontrol *Automatic Voltage Regulator* (AVR) berubah seiring dengan frekuensi kerja yang diberikan. Pada frekuensi 20 Hz terjadi penurunan tegangan dari $\pm 16,3$ Volt menjadi $\pm 15,9$ Volt. Pada frekuensi 50 Hz tegangan input tidak terjadi perubahan, sementara pada keluaran rangkaian penyearah PCB kontrol tegangan tetap stabil walaupun frekuensi pada masukan mengalami perubahan. Hal ini disebabkan

karena perubahan arus bolak balik (AC) menjadi arus searah (DC) sehingga tidak dipengaruhi oleh perubahan frekuensi pada masukan (*input*). Terlihat daya yang dihasilkan dari pengujian tidak terlalu besar Karena arus yang dihasilkan juga tidak terlalu besar.Sementara pada keluaran rangkaian penyearah PCB kontrol *Automatic Voltage Regulator* (AVR) tegangan yang dihasilkan sebesar 12 Vdc karena keluaran pada rangkaian belum dialiri beban maka tidak ada arus maupun daya yang dihasilkan.

Tabel 4.2 Data Pengukuran Pada Rangkaian *Auto Wind Back System*(AWBS)

Frekuensi (Hz)	Vin (Vac)	Iin (Ampere)	Pin (Watt)	Vout (Vdc)	Iout (Ampere)	Pout (Watt)	Vin baterai (Vdc)	Arus baterai (A)	Daya Baterai (Watt)
20 Hz	15,9V	0,01A	0,0127W	12V	0,05A	0,6W	12V	0 A	0 W
50 Hz	16,3V	0,01A	0,0130W	12V	0,05A	0,6W	12V	0 A	0 W

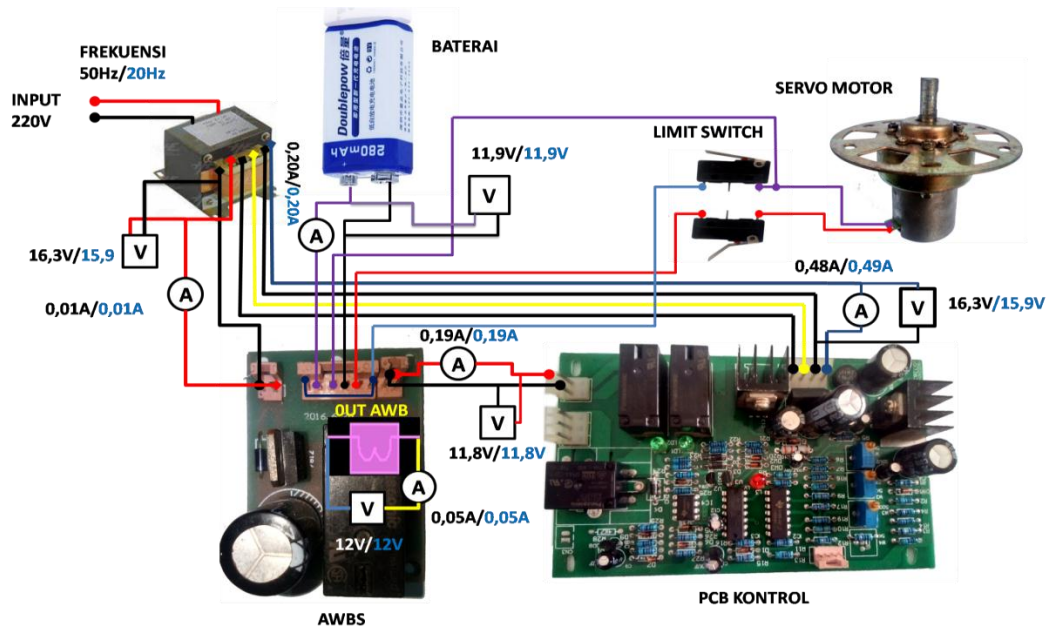
Sama halnya pada pengujian rangkaian penyearah PCB kontrol, hasil pengujian pada rangkaian *Auto Wind Back System* (AWBS) juga menunjukkan tegangan, arus dan daya pada masukan tidak jauh berbeda, karena memiliki sumber tegangan yang sama. Sementara pengukuran pada keluaran rangkaian *Auto Wind Back System* (AWBS) menghasilkan daya sebesar 0,6 watt dan arus 0,05A, seperti yang terlihat pada tabel 4.2 diatas. Pada tabel diatas diketahui tegangan baterai sebesar ± 12 Vdc karena baterai belum dialiri beban maka, tidak ada arus maupun daya yang dihasilkan.

Sama halnya pada pengujian rangkaian penyearah PCB kontrol, hasil pengujian pada rangkaian *Auto Wind Back System* (AWBS) juga menunjukkan tegangan, arus

dan daya pada masukan tidak jauh berbeda, karena memiliki sumber tegangan yang sama. Sementara pengukuran pada keluaran rangkaian *Auto Wind Back System* (AWBS) menghasilkan daya sebesar 0,6 watt dan arus 0,05A, seperti yang terlihat pada tabel 4.2 diatas. Pada tabel diatas diketahui tegangan baterai sebesar ± 12 Vdc karena baterai belum dialiri beban maka, tidak ada arus maupun daya yang dihasilkan. Ketika diberikan beban, terdapat perubahan tegangan dan arus pada frekuensi berbeda. Sementara pada keluaran tegangan tetap stabil walaupun frekuensi pada masukan berubah tetapi pada keluaran rangkaian *Auto Wind Back System* (AWBS) terdapat daya sebesar 0,6 Watt karena pada rangkaian penyearah *Auto Wind Back System* terdapat sebuah relay sehingga menghasilkan arus sebesar 0,05A.

4.2.2 Pengujian Rangkaian Penelitian dengan Menggunakan Beban Servo Motor

Adapun beban pengujian menggunakan satu buah servo motor dengan tegangan 12 Vdc. Pada pengujian ini dilakukan pengukuran pada rangkaian penyearah PCB kontrol dan rangkaian *Auto Wind Back System* (AWBS) seperti yang terlihat pada gambar dan tabel dibawah ini.



Gambar 4.2 Hasil Pengukuran rangkaian sinkronisasi Penyearah PCB kontrol Menggunakan Beban Servo Motor

Tabel 4.3 Data Pengukuran Pada Rangkaian Penyearah PCB Kontrol Automatic Voltage Regulator (AVR) Menggunakan Beban Servo Motor.

Cos ϕ	Frekuensi (Hz)	Vin PCB kontrol (Vac)	Arus Vin PCB kontrol (Ampere)	Pin (Watt)	Vout PCB kontrol (Vdc)	Arus Vout PCB kontrol (Ampere)	Pout (Watt)
0,8	20 Hz	15,9V	0,49A	6,23W	11,8V	0,19A	2,24W
0,8	50 Hz	16,3V	0,48A	6,25W	11,8V	0,19A	2,24W

Pada pengujian menggunakan beban servo motor perubahan tegangan terjadi pada keluaran, sementara pada masukan tidak menunjukkan perubahan halnya pada pengujian tanpa menggunakan beban, tetapi arus dan daya yang dihasilkan meningkat. Tabel 4.3 menunjukkan arus dan daya pada frekuensi 20 Hz dan 50 Hz tidak jauh berbeda, sementara pada keluaran terjadi tarikan beban sebesar 0,19A sehingga tegangan pada output berkurang dari tegangan normal

± 12 Vdc menjadi 11,8 Vdc dan daya yang dihasilkan pada frekuensi 20 Hz sebesar 2,24 Watt dan pada frekuensi 50 Hz sebesar 2,24 Watt, seperti yang terlihat pada tabel diatas.

Tabel 4.4 Data pengukuran pada rangkaian *Auto Wind Back System* (AWBS)

Frekuensi (Hz)	Vin (Vac)	Iin (Ampere)	Pin (Watt)	Vout (Vdc)	Iout (Ampere)	Pout (Watt)	Vin baterai (Vdc)	Arus baterai (A)	Daya Baterai (Watt)
20 Hz	5,9V	0,01A	0,0127W	12V	0,05A	0,6W	11,9V	0,20A	2,38W
50 Hz	6,3V	0,01A	0,0129W	12V	0,05A	0,6W	11,9V	0,20A	2,38W

Sementara pada masukan rangkaian *Auto Wind Back System* (AWBS) tidak terjadi perubahan, sama halnya pada pengujian tanpa menggunakan beban sehingga tidak memiliki pengaruh yang besar terhadap beban yang diberikan. Hal ini disebabkan karena rangkaian *Auto Wind Back System* (AWBS) merupakan *switch* penghubung dan pemutus tegangan servo motor ketika mendapatkan suplai tegangan dari PCB kontrol dan baterai. Pada tabel 4.4 juga terdapat data pengukuran tegangan, arus dan daya pada baterai, dari hasil pengujian yang dilakukan tegangan yang dihasilkan baterai setelah dibebani sebesar $\pm 11,9$ Vdc dengan arus 0,20 A sehingga daya yang dihasilkan sebesar 2,38 Watt.

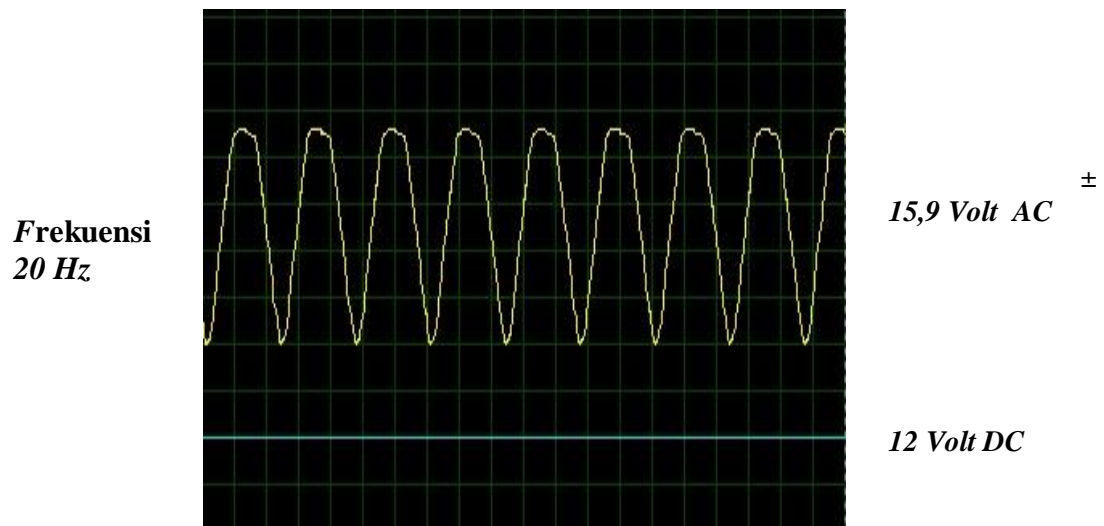
Dari hasil pengujian rangkaian sinkronisasi penyearah PCB kontrol *Automatic Voltage Regulator* (AVR) dengan menggunakan beban servo motor terjadi perubahan tegangan pada keluaran rangkaian penyearah PCB kontrol, sementara pada rangkaian *Auto Wind Back System* (AWBS) terjadi tarikan beban pada saat servo motor mendapatkan suplai tegangan dari baterai.

4.2.3 Pengujian Gelombang Arus Pada Rangkaian Penelitian Sistem Regulasi pada PCB Kontrol *Automatic Voltage Regulator*

Pengujian atau pengukuran bentuk gelombang dilakukan pada masukan dan keluaran rangkaian sinkronisasi Penyearah PCB kontrol dan rangkaian *Auto Wind Back System*(AWBS). Pada pengujian simulasi yang dilakukan terdapat dua buah bentuk gelombang yang diukur dengan menggunakan ossiloscop pada software proteus. Pengujian atau pengukuran yang pertama dilakukan pada rangkaian penyearah PCB kontrol dan pengujian yang kedua dilakukan pada rangkaian *Auto Wind Back System* (AWBS).

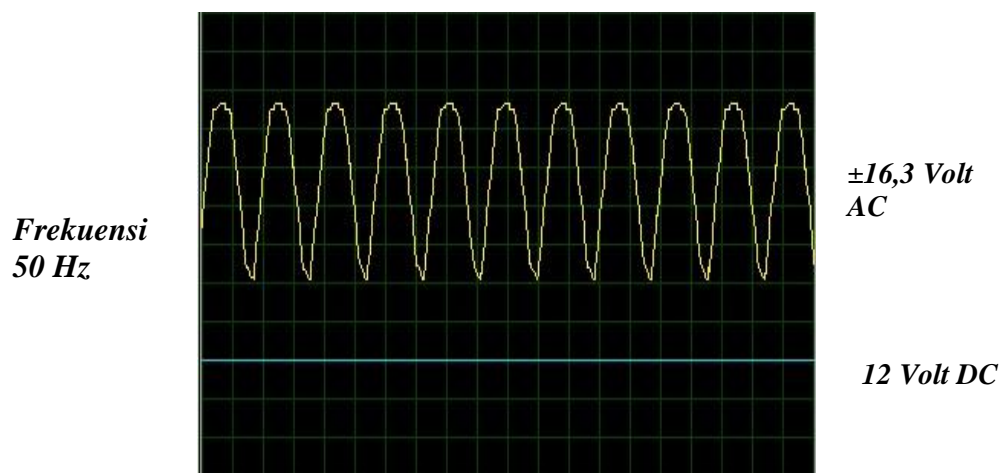
4.2.3.1 Pengukuran Bentuk Gelombang Penyearah PCB Kontrol

Gelombang masukan dan keluaran hasil pengujian rangkaian penyearah PCB kontrol pada frekuensi 20 Hz dan 50Hz dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 4.3 Bentuk gelombang rangkaian penyearah PCB kontrol pada frekuensi 20 Hz

Terlihat pada gambar 4.3, terdapat dua bentuk gelombang dari hasil pengukuran masukan (*input*) dan keluaran (*output*) rangkaian penyearah PCB kontrol pada frekuensi 20 Hz. Bentuk gelombang pada sisi atas merupakan bentuk gelombang yang diukur pada keluaran trafo *step down* menggunakan skala 5V/div dengan amplitudo gelombang $\pm 15,9$ Volt, sementara pada sisi bawah menunjukkan gelombang keluaran *inverter fullbridge* dengan amplitudo gelombang bernilai ± 12 Vdc.

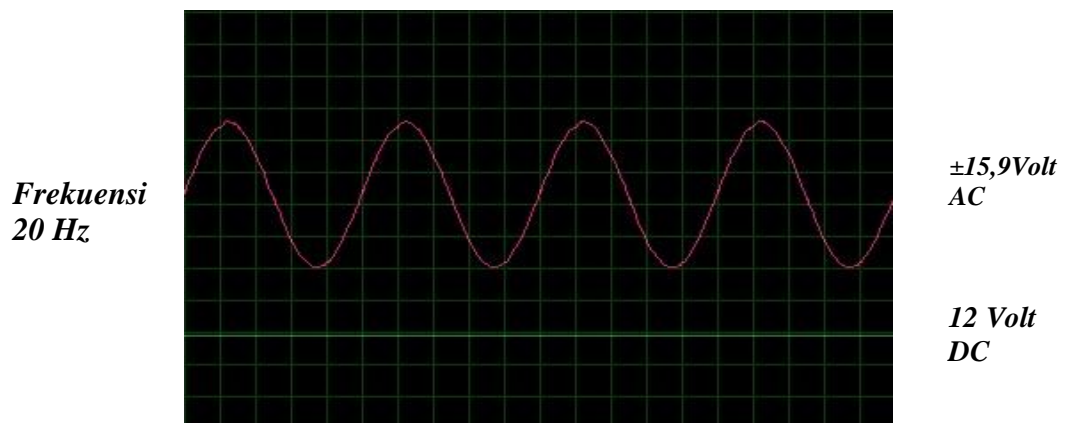


Gambar 4.4 Bentuk gelombang rangkaian penyearah PCB kontrol pada frekuensi 50 Hz

Seperti yang sudah dijelaskan pada gambar 4.3, pengujian yang sama juga dilakukan pada gambar 4.4 dengan frekuensi kerja 50 Hz. Pada sisi atas diketahui amplitudo gelombang masukan *inverter fullbridge* sebesar $\pm 16,3$ Volt. Sementara pada sisi bawah amplitudo yang dihasilkan ± 12 Vdc sedangkan pada keluaran tidak terjadi perubahan tegangan, walaupun frekuensi kerja yang diberikan berubah, hal ini disebabkan karena perubahan arus bolak-balik (AC) menjadi arus searah (DC).

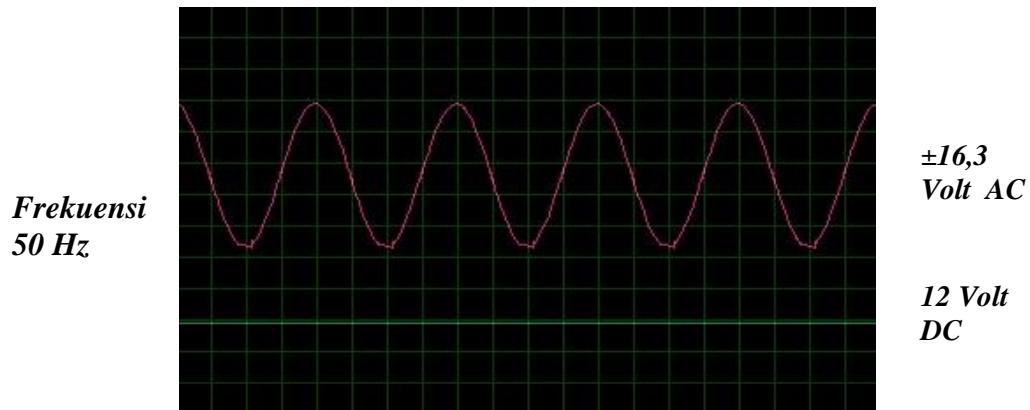
4.2.3.2 Bentuk Gelombang *Auto Wind Back System* (AWBS)

Gelombang masukan dan keluaran hasil pengujian rangkaian *Auto Wind Back System* (AWBS) pada frekuensi 20 Hz dan 50Hz dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 4.5 Bentuk Gelombang Rangkaian AWBS Pada Frekuensi 20 Hz

Seperti yang terlihat pada gambar 4.5 terdapat dua bentuk gelombang dari hasil pengujian yang dilakukan pada rangkaian *Auto Wind Back System* (AWBS) yang diukur pada keluaran trafo *step down* dan keluaran rangkaian daya dengan frekuensi kerja sebesar 20 Hz. Pada sisi atas merupakan bentuk gelombang yang dihasilkan dari pengukuran masukan rangkaian penyearah AWBS dengan menggunakan skala 5V/div dan amplitudo yang dihasilkan $\pm 15,9$ Volt, sementara pada sisi bawah merupakan bentuk gelombang keluaran IC regulator 7812 dengan menggunakan satu buah dioda penyearah 1N4007 dengan amplitudo gelombang bernilai ± 12 Vdc.



Gambar 4.6 Bentuk Gelombang Rangkaian AWBS Pada Frekuensi 50 Hz

Gambar 4.6 menunjukkan gelombang hasil pengujian penyearah pada penyearah AWBS dengan frekuensi kerja 50 Hz. Titik pengukuran pada pengujian ini masih tetap sama yaitu pada masukan dan keluaran rangkaian. Yang membedakan hanya pada frekuensi kerja yang diberikan. Terlihat amplitudo gelombang pada sisi atas sebesar 16.3 Volt, sementara pada sisi bawah amplitudo gelombang sebesar ± 12 Vdc.

Dari hasil pengujian bentuk gelombang yang dilakukan pada rangkaian penyearah PCB kontrol *Automatic Voltage Regulator* (AVR) dan rangkaian *Auto Wind Back System* (AWBS) dapat diketahui bahwa perubahan frekuensi dapat mempengaruhi Bentuk gelombang dan tegangan masukan, sementara pada keluaran mengalami perubahan tegangan pada saat diberikan beban tetapi bentuk gelombang tetap normal.

4.3 Langkah Penanganan Kerusakan Pada *Automatic Voltage regulator*(AVR)

Analisis fenomena kegagalan dan solusi ketika terjadi kerusakan terhadap *Automatic Voltage Regulator*(AVR), menurut buku petunjuk *Automatic Voltage Regulator Regulator*(AVR) Matsuyama dan analisis yang dilakukan selama bekerja di lapangan dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.5 Analisis dan solusi ketika terjadi kerusakan pada *Automatic Voltage Regulator (AVR)*

Fenomena Kegagalan	Analisis Penyebab Secara Umum	Solusi
1. Volt meter tidak menunjukkan angka	1. Sumber listrik apakah sudah masuk 2. Kabel input dan output tidak terhubung di <i>voltage choice</i> dengan baik 3. MCB <i>city power</i> rusak 4. Volt meter rusak	1. Masukkan sumber listrik 2. Periksa hubungan kabel input apakah sudah sesuai dengan ketentuan dan Periksa tombol <i>voltage choice</i> 3. Ganti MCB <i>city power</i> 4. Ganti volt meter atau ganti komponen yang rusak jika masih bisa diperbaiki
2. Ampere meter tidak menunjukkan angka	1. Kabel input apakah masuk ke trafo arus dan trafo arus sudah terhubung dengan ampere meter 2. Beban belum dihidupkan 3. Ampere meter rusak	1. Periksa hubungan kabel input apakah sesuai dengan ketentuan 2. Hidupkan beban 3. Ganti ampere meter baru atau perbaiki jika masih memungkinkan untuk diperbaiki
3. Petunjuk pada volt meter tidak tepat	1. Setingan potensio meter tidak tepat sehingga ada penyimpangan tegangan dari 220/380V 2. Penunjuk volt meter akurasi $\pm 2\%$	1. Ukurlah tegangan output dengan tang ampere, jika tidak normal maka seting potensio meter pada PCB kontrol sehingga menjadi 220V $\pm 2\%$ 2. Kalibrasi pada volt meter

	3. Volt meter rusak	3. Ukur kembali dengan tang ampere jika normal ganti dengan yang baru
4. Tegangan output terlalu tinggi (<i>indikator over voltage menyala</i>) pada saat start	1. Tegangan input diluar batas tegangan yang ditetapkan, diatas 240V 2. Sistem PCB kontrol tidak berfungsi dengan normal	1. Hentikan sesaat pemakain jika tegangan output lebih tinggi dari 240V, jangan digunakan jika tegangan tidak sesuai dengan ketentuan 2. Ganti PCB dengan yang baru
5. Stabilizer /AVR tidak bisa hidup	1. Listrik PLN mati 2. Tegangan masuk sangat rendah 3. MCB pada meteran rusak 4. Input AVR tidak tersambung	1. Tunggu PLN hidup atau hubungi PLN 2. Tunggu tegangan normal kembali 3. Ganti MCB baru 4. Sambungkan input AVR
6. Stabilizer/AVR tidak berfungsi dengan normal	1. <i>Carbon brush</i> mentok di limit switch 2. Permukaan sliding kotor 3. Penunjuk digital meter tidak akurat	1. Geser posisi karbon brush atau ganti limit switch 2. Bersihkan permukaan sliding 3. Kalibrasi digital meter
7. Stabilizer/AVR mati hidup	1. Proteksi <i>over voltage</i> bekerja 2. <i>Carbon brush</i> tidak rata 3. Permukaan regulating/regulator tidak rata	1. Matikan AVR sesaat lalu hidupkan kembali atau ganti modul PCB 2. Gosok dengan amplas permukaan <i>carbon brush</i> 3. Gosok dan ratakan permukaan sliding
8. Gerakan servo	1. <i>Carbon brush</i> patah	1. Periksa <i>carbon</i>

<p>motor yang tidak sempurna pada carbon brush</p>	<p>2. Samungan kabel servo motor ke PCB tidak sempurna 3. Modul PCB rusak</p>	<p><i>brush</i> apakah sesuai standart yang ditentukan atau jika patah ganti dengan yang baru 2. Periksa sambungan kabel apakah sudah sesuai atau tidak 3. Ganti modul PCB</p>
<p>9. Stabilizer/AVR mengeluarkan bunga api pada saat <i>carbon brush</i> bergerak di antara pembukaan regulator</p>	<p>1. Tekanan <i>carbon brush</i> terlalu renggang 2. Permukaan regulator tidak rata 3. <i>Carbon brush</i> lepas dan tidak tersambung dengan baik 4. Per <i>carbon brush</i> rusak atau mati</p>	<p>1. Sesuaikan kembali <i>carbon brush</i> agar tekanan sesuai standar yang ditentukan 2. Ratakan permukaan regulator dengan amplas 3. Ganti <i>carbon brush</i> dengan yang baru 4. Kencangkan per <i>carbon brush</i> atau ganti dengan yang baru</p>
<p>10. Stabilizer/AVR berdengung</p>	<p>1. Kipas mati 2. Baut pengikat kipas longgar 3. Baut casing longgar</p>	<p>1. Ganti kipas baru 2. Kencangkan baut pengikat kipas 3. Kencangkan baut casing</p>
<p>11. Lampu kedap kedip</p>	<p>1. Sumber PLN naik turun 2. Ada tarikan beban yang besar 3. Pemakaian mesin jait disekitar sumbernya 4. Pemakaian trafo listrik disekitar yang sama</p>	<p>1. Jika terlalu deras matikan AVR dan tunggu sampai normal 2. Normal kalau hanya sesaat 3. dan 4. Normal karena adanya tarikan beban sesaat</p>

12. Fan tidak mau hidup	<ol style="list-style-type: none"> 1. Temperatur belum mencukupi 2. Thermostat rusak 3. Fan rusak 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Tunggu sampai temperatur panas 2. Ganti sensor thermostat 3. Ganti fan baru
13. By pass tidak berfungsi	<ol style="list-style-type: none"> 1. MCB city power rusak 2. Ohm saklar rusak 3. Ohm saklar belum diposisikan 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ganti MCB <i>city power</i> yang baru 2. Ganti ohm saklar 3. Cek posisi engkolan ohm saklar apakah sudah tepat
14. Servo motor tidak berfungsi	<ol style="list-style-type: none"> 1. IC 7812 rusak 2. kabel penghubung servo motor terputus. 3. Limit switch rusak 4. Relay rusak 5. Periksa servo motor apakah rusak atau tidak. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ganti IC 7812 jika rusak 2. Jika kabel penghubung mengalami kerusakan segera ganti atau perbaiki. 3. Ganti limit switch 4. Ganti relay 5. Ganti jika rusak

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Tegangan yang sudah diturunkan menggunakan trafo *step down* dihubungkan pada input PCB kontrol. Tegangan Arus bolak-balik (AC) yang disuplai dari trafo *step down* di ubah menjadi arus searah (DC) menggunakan dioda *fullbridge* yang diberi tapis kapasitor dan diatur atau distabilkan menggunakan dioda *Zener* dan IC 7812 sehingga tegangan dapat mengalir pada komponen yang terdapat pada rangkaian PCB kontrol dan *Auto Wind Back System* (AWBS). Ketika tegangan sudah teregulasikan keseluruhan sistem pengendali maka, sistem pengendali dapat bekerja dengan baik dan ketika terjadi perubahan tegangan maka servo motor akan menggerakkan *carbon brush* yang terdapat pada permukaan regulator secara otomatis dan menstabilkan tegangan keluaran *Automatic Voltage Regulator* (AVR).
2. Dari hasil pengujian yang dilakukan pada rangkaian sinkronisasi penyearah PCB kontrol *Automatic Voltage Regulator* (AVR) tanpa menggunakan beban terdapat perubahan tegangan dan arus pada dua titik frekuensi berbeda, sementara pada keluaran rangkaian penyearah PCB kontrol tegangan tetap stabil walaupun frekuensi pada masukan mengalami perubahan. Dan pada saat pengujian rangkaian dengan menggunakan beban servo motor, perubahan tegangan terjadi pada masukan dan keluaran rangkaian. Pada masukan penyearah PCB kontrol mengalami perubahan tegangan karena bekerja pada

titik frekuensi berbeda, sementara pada keluaran rangkaian penyearah PCB kontrol terjadi penurunan tegangan dari 12 Vdc menjadi $\pm 11,8$ Vdc disebabkan tarikan beban servo motor yang diberikan.

3. Pada saat servo motor mengalami kerusakan dapat menyebabkan sistem PCB kontrol berhenti bekerja dan merusak Relay, IC 7812 yang terdapat pada modul PCB kontrol dan merusak gulungan regulator karena berhenti pada satu titik yang menimbulkan panas dan membuat gulungan regulator terbakar. Untuk meminimalisir kerusakan yang mungkin terjadi diperlukan perawatan atau pemeriksaan secara rutin sesuai dengan ketentuan *servis centre* yang ada.

5.2 Saran

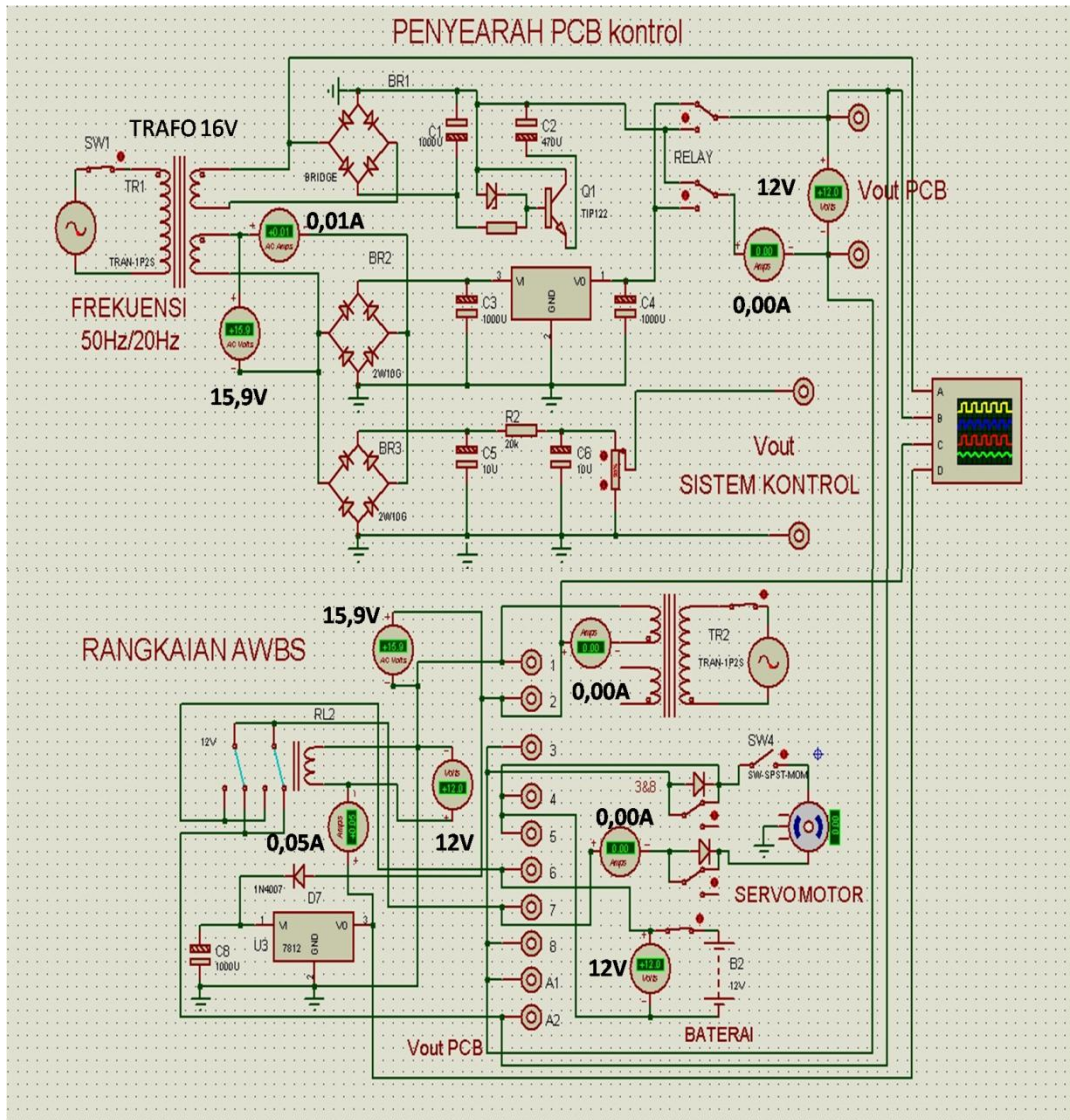
Adapun saran dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Pemilihan aplikasi yang dapat memuat kelengkapan komponen dan memiliki kemampuan untuk mendemostrasikan simulasi rangkaian elektronik yang ingin diteliti.
2. Penulis sangat berharap kritik dan saran yang bermanfaat guna untuk memperbaiki, baik dalam hal penulisan maupun dalam bentuk hasil dari penelitian ini.
3. Penulis juga berharap agar penelitian ini dapat memacu semangat mahasiswa dalam meneliti keseluruhan dari sistem yang terdapat pada *Automatic Voltage Regulator (AVR)*.
4. Besar harapan penulis agar penelitian ini dapat lebih dikembangkan lagi, karena dalam penelitian ini masih banyak kekurangan.

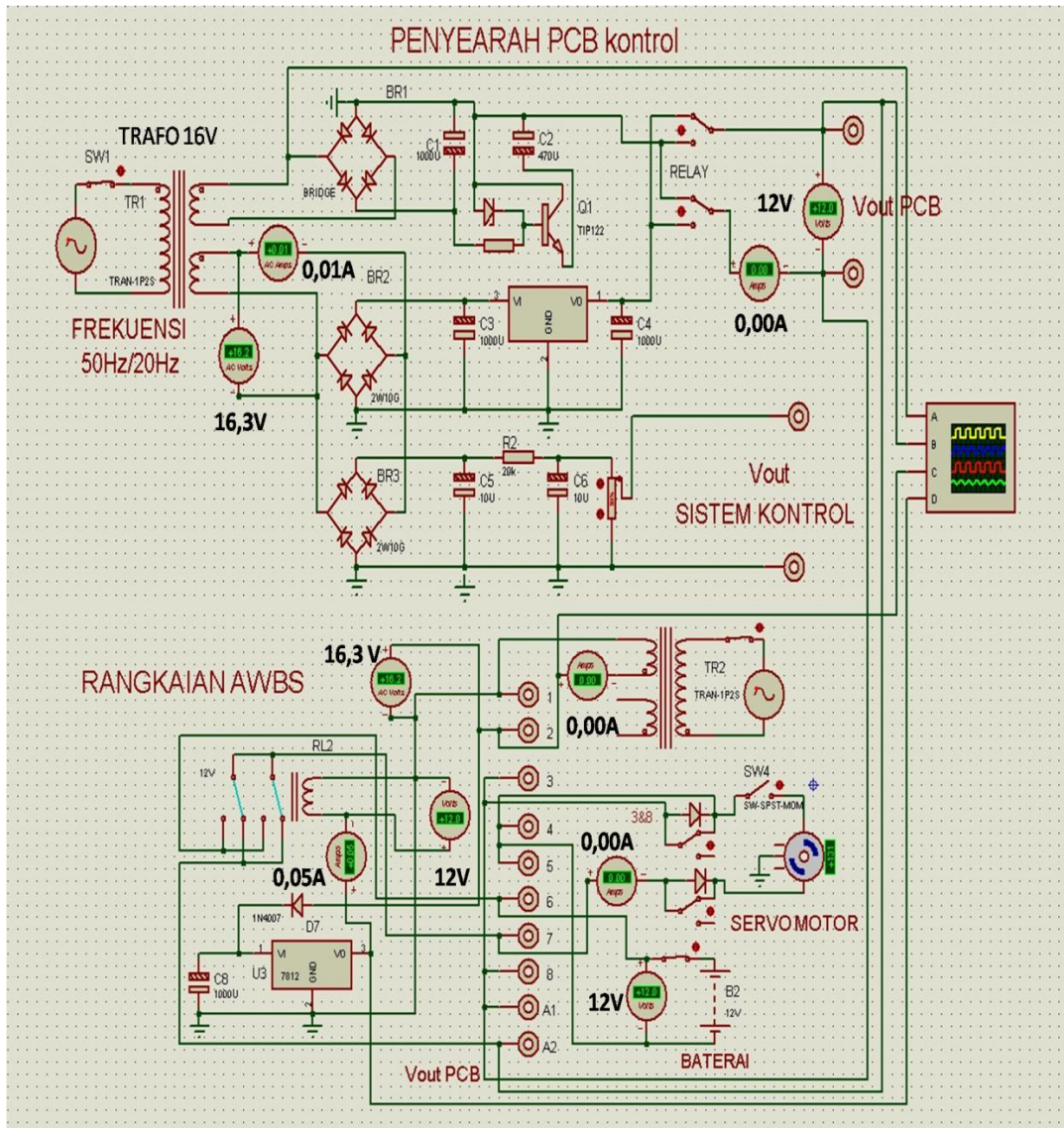
DAFTAR PUSTAKA

1. Pasaribu, F. I., Lubis, S. A., & Alam, S. I. P. (2020). Superkapasitor Sebagai Penyimpan Energi Menggunakan Bahan Graphene. *RELE (Rekayasa Elektrikal Dan Energi) : Jurnal Teknik Elektro*, 2(2), 65–72. <https://doi.org/10.30596/rele.v2i2.4419>
2. Elbani, A. (2010). Simulasi Unjuk Kerja Sistem Kendali PID Pada Proses Evaporasi Dengan Sirkulasi Paksa. *Jurnal Teknik Elektro*, 2(3), 1–6.
3. Sciences, A., Scientific, M., & Corp, P. (2016). *Research Article A Binary Weighted 7-steps Automatic Voltage Regulator Hussain A . Attia Department of Electrical , Electronics and Communication Engineering , American University of Ras Al Khaimah , United Arab Emirates*. 12(9), 947–954. <https://doi.org/10.19026/rjaset.12.2812>
4. Alam, A. B. D. A., & Taryana, N. (2015). Pemodelan dan Simulasi Automatic Voltage Regulator untuk Generator Sinkron 3 kVA Berbasis Proportional Integral. *Jurnal Reka Elkomika*, 3(2), 97–110.
5. Arief Juarsah, M., Facta, M., & Nugroho, A. (2013). Perancangan DC Chopper tipe Buck-Boost Converter Penguatan Umpan Balik IC TL 494. *Transient*.
6. Pamungkas, T. D., Haddin, M., & Rijanto, E. (2017). Modifikasi Topologi Pengendali PID untuk Automatic Voltage Regulator Generator Sinkron. *Jurnal Nasional Teknik Elektro Dan Teknologi Informasi (JNTETI)*, 6(3), 380–385. <https://doi.org/10.22146/jnteti.v6i3.342>
7. Maheka, M. S. (1987). *Analisa Perbaikan Jatuh Tegangan Dengan Pemasangan Automatic Voltage Regulator Pada Penyulang Durian 4 Pt Pln Rayon Rasau Jaya*. (72), 1–10.
8. Laksono, H. D., Riska, N., Elektro, J. T., Teknik, F., & Andalas, U. (2019). *ANALISA KINERJA AUTOMATIC VOLTAGE REGULATOR DALAM DOMAIN WAKTU MENGGUNAKAN METODA ZIEGLER-NICHOLS*. 8(3).
9. Nurdin, A., Azis, A., & Rozal, R. A. (2018). Peranan Automatic Voltage Regulator Sebagai Pengendali Tegangan Generator. *Ampere*, 3(1), 163–173.
10. El-Hawary, M. E. (2010). Fuzzy Logic Controller as a Power System Stabilizer. *Electric Power Applications of Fuzzy Systems*, 1(3). <https://doi.org/10.1109/9780470544457.ch5>

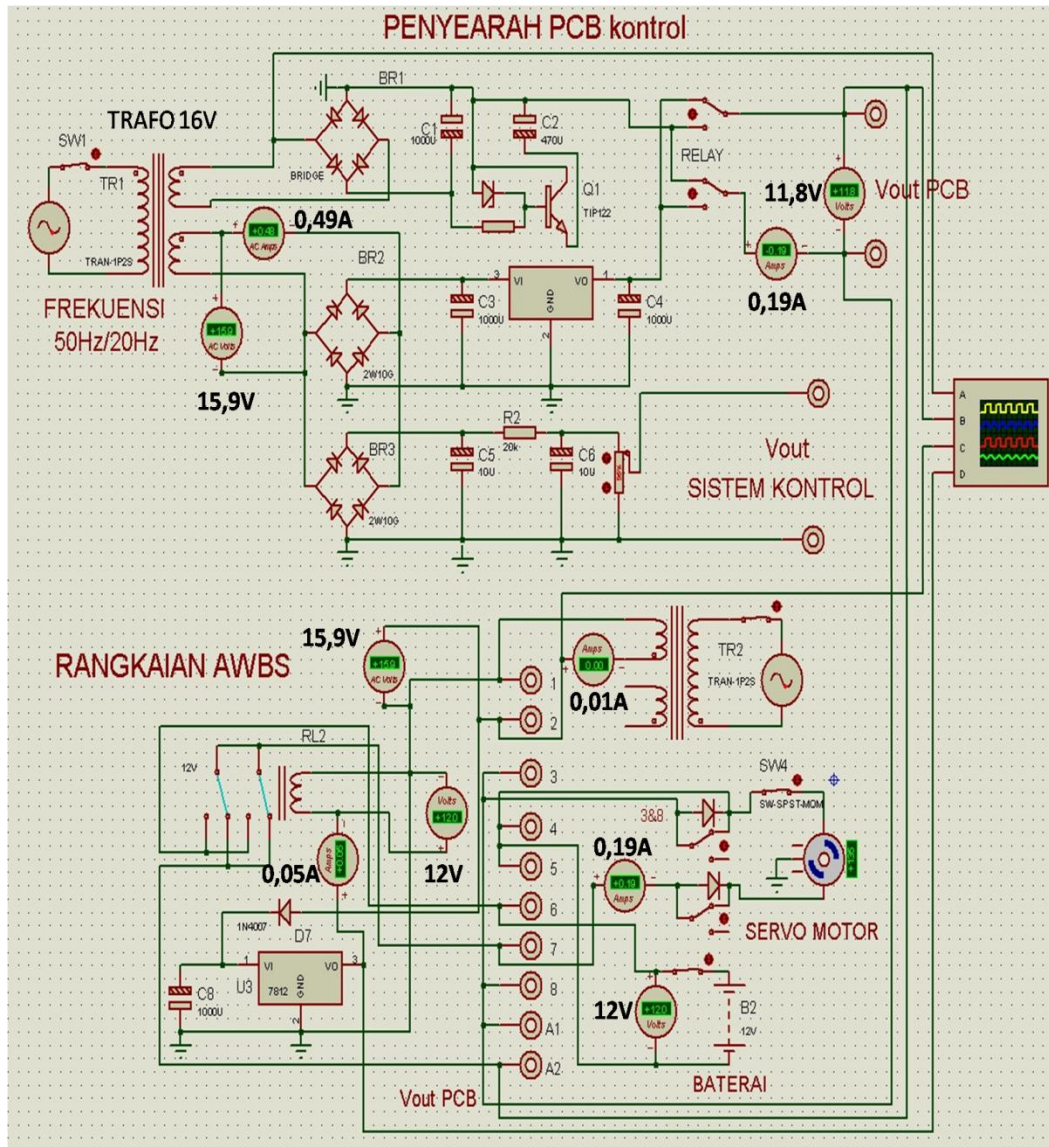
11. Faiz, J., Shahgholian, G., & Arezoomand, M. (2007). Analysis and simulation of the AVR system and parameters variation effects. *POWERENG 2007 - International Conference on Power Engineering - Energy and Electrical Drives Proceedings*, (May), 450–453.
<https://doi.org/10.1109/POWERENG.2007.4380101>
12. Bhatt, V. K., & Bhongade, S. (2013). Design Of PID Controller In Automatic Voltage Regulator (AVR) System Using PSO Technique. *International Journal of Engineering Research and Applications (IJERA)*, 3(4), 1480–1485.
13. Jontianus d. (2018).Laporan kerja praktek/pengenalan dan sistem kerja stabilizer listrik Matsuyama/*Automatic Voltage Regulator*
14. Karimov, R., Bobojanov, M., Tairova, N., Xolbutayeva, X., Egamov, A., & Shamsiyeva, N. (2020). Non-contact controlled voltage stabilizer for power supply of household consumers. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 883(1). <https://www.electricaltechnology.org/2016/11/what-is-voltage-stabilizer-how-it-works.html>
15. Buku petunjuk pemasangan dan perbaikan AC *Automatic Voltage Regulator* StabilizerMatsuyama 01/03/2011
16. Asri, A. H., & Industri, F. T. (2014). *Pengenalan elektronika dan komponen dasar elektronika makalah*. 1–15.



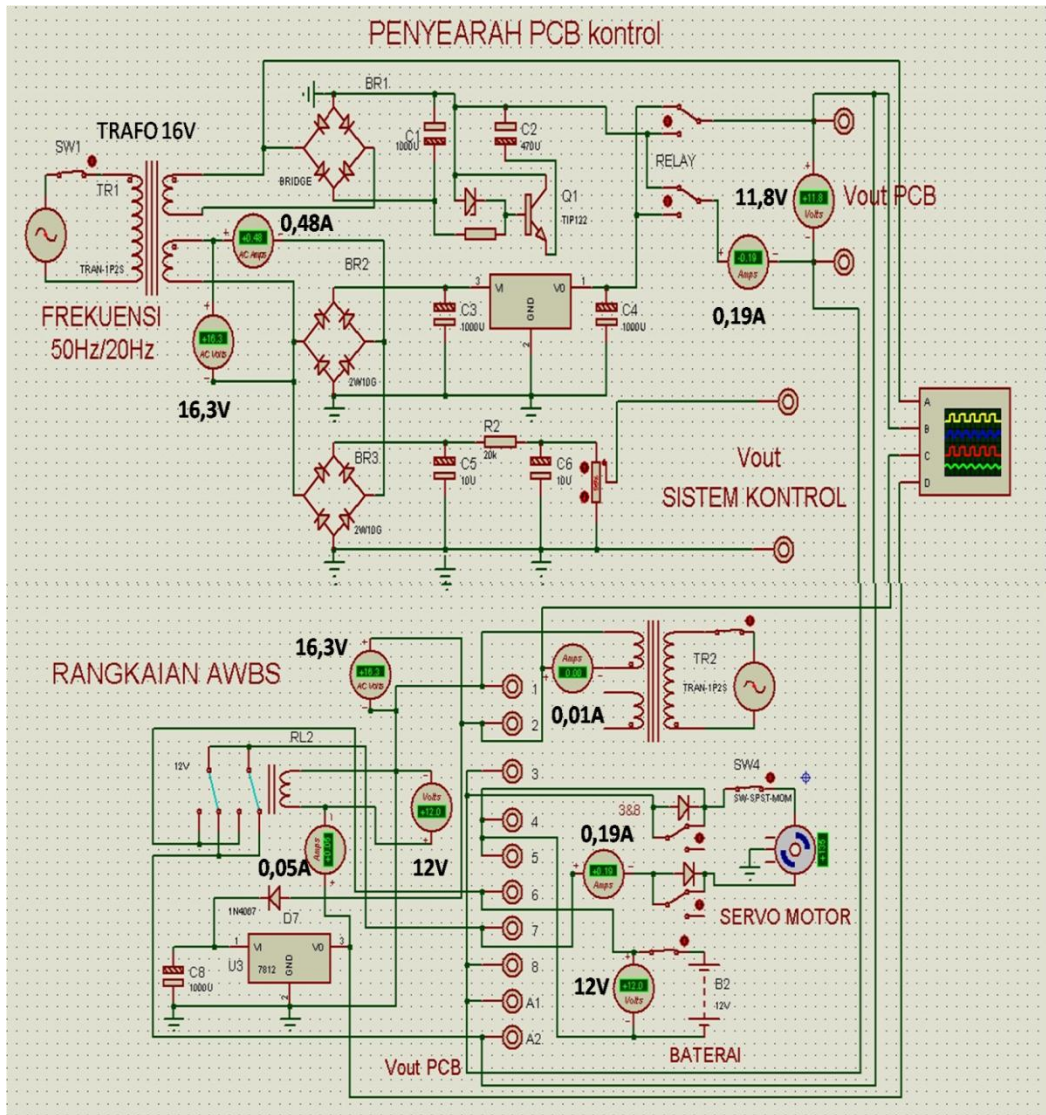
Gambar pengujian sinkronisasi penyearah PCB kontrol pada frekuensi 20 HZ tanpa menggunakan beban



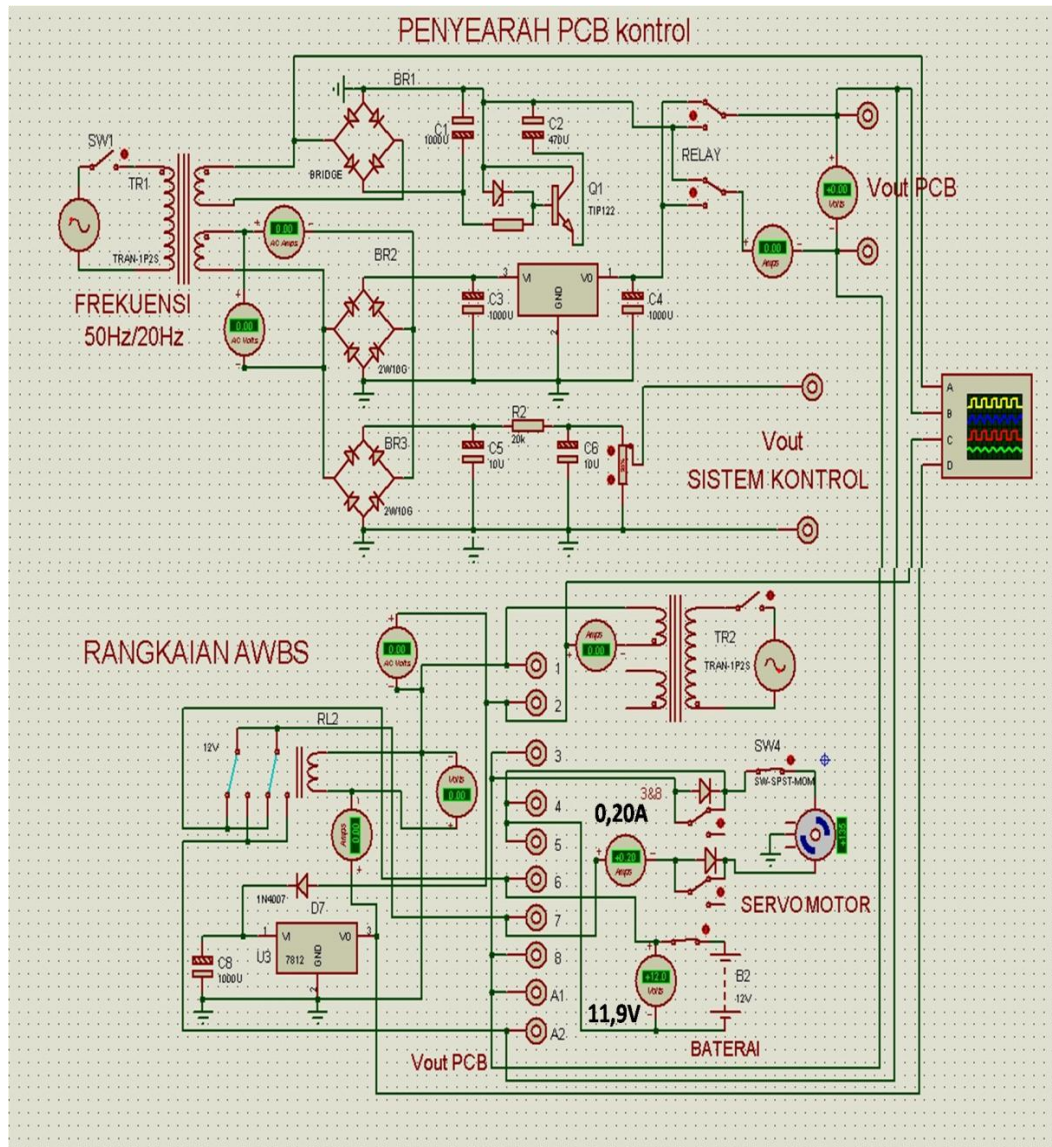
Gambar pengujian rangkaian sinkronisasi penyearah PCB kontrol pada frekuensi 50 HZ tanpa menggunakan beban



Gambar pengujian rangkaian sinkronisasi penyearah PCB kontrol pada frekuensi 20 HZ dengan menggunakan beban



Gambar pengujian rangkaian sinkronisasi penyearah PCB kontrol pada frekuensi 50 HZ dengan menggunakan beban



Gambar pengujian rangkaian saat menggunakan suplai tegangan dari baterai



LEMBAR ASISTENSI TUGAS AHIR

Nama : JONTIANUS D SINAGA

NPM : 1407220123

Judul Tugas Akhir : Analisis Sistem Regulasi Pada PCB Kontrol Automatic

Voltage Regulator

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
1	26-11-2019	Perbaiki Batasan masalah.	
2	10-3-2020	Lanjut Bab II.	
3	16-5-04-2020	Proses Revisi di perbaiki	
4	20-04-2020	Lanjut Bab III.	
5	15-07-2020	Perbaiki keterangan gambar, dan sesuaikan dengan materi tentang program gambar. lanjut bab IV.	
6	12-08-2020	Beri cos phi, gambar pengujian, analisis kesalahan disertakan referensi	
7	24-08-2020	Ketimpuan dan abstrak dikawatir.	
8	7-10-2020	ACE untuk di seminar tesis	

Dosen Pembimbing I

(FAISAL IRSAN PASARIBU, S.T., M.T)



LEMBAR ASISTENSI TUGAS AHIR

Nama : JONTIANUS D SINAGA

NPM : 1407220123

Judul Tugas Akhir : Analisis Sistem Regulasi Pada PCB Kontrol Automatic

Voltage Regulator

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
1	9-04-2020	lanjutkan ke bab II.	
2	8-06-2020	Perbaiki mendeley, lanjut ke Bab III.	
3	30-07-2020	Perbaiki Diagram Alir penelitian	
4	3-09-2020	lanjut ke bab IV.	
5	9-09-2020	perbaiki dan pelajari Hasil yg diperolah	
6	12-09-2020	lanjut Bab V.	
7	25-09-2020	Perbaiki kesimpulan yg diperolah. Semua Hasil Pengujian harus Terdokumentasi	
8	2-10-2020	ACC Seminar Akhir	

Dosen Pembimbing 2

16-20

(NOORLY EWALINA, S.T., M.T)

Analisis Sistem Regulasi Pada PCB Kontrol Automatic Voltage Regulator

Jontianus D Sinaga, Faisal Irsan P, Noorly Evalina

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik

Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU)

Jl. Kapten Muchtar Basri, BA No. 03 Medan Telp. (061) 6622400 ex. 12 Kode pos 20238

e-mail: jontianusdavidsinaga@gmail.com

Abstrak - Diera saat ini ilmu pengetahuan dan teknologi telah berkembang dengan pesat sekali. Seperti teknologi pengendali elektronika misalnya, dimana komponennya banyak digunakan dan diaplikasikan pada bidang teknik pengendalian tenaga listrik. Kemajuan tersebut tentunya didasari oleh adanya keinginan untuk mendapatkan hasil produk yang lebih baik dari hasil sebelumnya. Komponen elektronika banyak terdapat pada modul PCB (Printed Circuit Board) yang didesain menjadi sebuah rangkaian pengendali alat-alat kelistrikan seperti sistem pengendali *Automatic Voltage Regulator* atau stabilizer listrik agar dapat bekerja secara otomatis. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui unjuk kerja sistem regulasi tegangan pada sistem pengendali (PCB kontrol) *Automatic Voltage Regulator*, menganalisis sistem regulasi arus dan tegangan pada PCB kontrol dan untuk mengetahui kerusakan yang sering terjadi pada *Automatic Voltage Regulator* dan cara mengatasinya. Pengujian yang dilakukan dengan menggunakan beban *servo motor* pada frekuensi 20 Hz dan 50 Hz. Pengujian pada frekuensi 20Hz tegangan input mengalami penurunan dari 16,3 Vac menjadi 15,7 Vac dan pada frekuensi 50 Hz tegangan tetap stabil 16,3 Vac. Sementara pada output rangkaian penelitian tegangan ikut menurun saat dibebani, dari 12 Vdc menjadi 4,77 Vdc. Dapat disimpulkan perubahan tegangan pada input dipengaruhi oleh frekuensi sedangkan perubahan tegangan pada output disebabkan oleh beban yang diberikan.

Kata kunci : *Automatic Voltage Regulator, PCB kontrol, Servo Motor*

Abstract - The current era of science and technology has developed very rapidly. Such as electronic control technology, for example, where the components are widely used and applied in the field of electrical power control engineering. The progress is of course based on the desire to get better product results than previous results. Many electronic components are found in PCB (Printed Circuit Board) modules which are designed to be a series of controlling electrical devices such as the *Automatic Voltage Regulator* control system or electric stabilizer so that they can work automatically. The purpose of this study was to determine the performance of the voltage regulation system in the *Automatic Voltage Regulator* control system (PCB control), to analyze the current and voltage regulation system on the control PCB and to determine the frequent damage to the *Automatic Voltage Regulator* and how to overcome it. Tests carried out using a *servo motor* load at a frequency of 20 Hz and 50 Hz. Testing at a frequency of 20Hz the input voltage has decreased from 16.3 Vac to 15.7 Vac and at a frequency of 50 Hz the voltage remains stable 16.3 Vac. While at the output of the research circuit the voltage also decreases when loaded, from 12 Vdc to 4.77 Vdc. It can be concluded that the change in voltage at the input is influenced by frequency while the change in voltage at the output is caused by the load given.

Keywords : *Automatic Voltage Regulator, PCB control, Servo Motor*

I. PENDAHULUAN

Diera saat ini ilmu pengetahuan dan teknologi telah berkembang dengan pesat sekali. Seperti teknologi pengendali elektronika misalnya, dimana komponennya banyak digunakan dan diaplikasikan pada bidang teknik pengendalian tenaga listrik yang dapat menaikkan dan menurunkan tegangan listrik yang tidak stabil, dan di proses menjadi keluaran yang stabil. *Automatic Voltage Regulator* dengan tingkat ketelitian tinggi dapat bekerja dengan otomatis dan dirancang berdasarkan prinsip pengaturan tegangan listrik AC yang berlaku. Pengaturan tegangan listrik merupakan masalah penting untuk masyarakat Indonesia karena hubungan langsung antara level tegangan suplai dengan peralatan listrik atau elektronik [1].

Pada dasarnya pengaturan tegangan listrik dilakukan pada sebuah pembangkit listrik/gardu induk dan di distribusikan melalui trafo-trafo distribusi yang tidak dapat bekerja dengan otomatis. Tegangan yang di suplai trafo distribusi akan mengalami fluktuasi tegangan dan akan menyebabkan terjadinya penurunan tegangan saat beban puncak. Fluktuansi tegangan merupakan hasil dari variasi dalam arus penarikan sesaat yang mengikuti beban terhubung [2]. Dalam aplikasi domestik dan industri *Automatic Voltage Regulator* merupakan perangkat yang penting terutama selama mengalami fluktuasi tegangan. Untuk mengatasi fluktuansi tegangan diantara tegangan rendah (*under voltage*) dan tegangan tinggi (*over voltage*) diperlukan mikrokontroler/pengendali *automatic voltage regulator* disebut juga dengan PCB kontrol yang dapat mengendalikan sistem

kerja AVR/stabilizer. PCB kontrol merupakan lingkaran kontrol yang dapat bekerja secara kontinu dengan sistem pengendali proporsional integral diferensial (PID) [3].

Penelitian ini akan membahas tentang sistem pengendali pada *automatic voltage regulator* sebagai salah satu solusi yang ditawarkan dalam menyelesaikan masalah kelistrikan yang dipandang mampu meningkatkan elektrifikasi analisis terhadap kerusakan yang terdapat pada pengendali *automatic voltage regulator* (PCB kontrol). Dan dapat memahami proses regulasi pada PCB kontrol secara detail dan praktis. Pada penelitian ini penulis akan mensimulasikan rangkaian sederhana pengendali *automatic voltage regulator* pada sebuah software yang dapat mendemonstrasikan rangkaian pengendali *Automatic Voltage Regulator* tersebut

II. TINJAUAN PUSTAKA

Aliran daya pada suatu sistem tenaga listrik sering berubah-ubah. Oleh karena itu pengendalian dalam pengoperasian sistem tenaga listrik untuk mendapatkan aliran daya yang baik sangat dibutuhkan, khususnya daya reaktif yang menjadi faktor utama terjadinya jatuh tegangan pada sistem yang menyebabkan terjadinya susut daya. Dengan melakukan pengaturan daya reaktif secara terpadu dan optimum, maka susut daya dari sistem akan dapat ditekan pada tingkat yang paling rendah, sehingga akan sangat menghemat biaya pembangkitan dan biaya operasional secara keseluruhan [4]. Meski demikian susut energi yang terjadi dalam proses penyaluran dan distribusi energi listrik merupakan suatu pemborosan energi apabila tidak dikendalikan secara optimal [5]. Salah satu yang menjadi indikator kualitas pada sistem tenaga listrik adalah kestabilan frekuensi dan tegangan. Kestabilan sistem tenaga listrik merupakan kemampuan sistem untuk

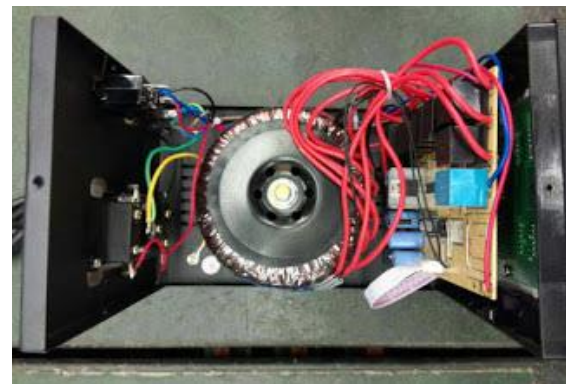
kembali bekerja normal setelah mengalami suatu perubahan beban, sedangkan ketidakstabilan sistem tenaga kerja listrik berarti kehilangan sinkronisasi sistem sehingga sistem tidak lagi mampu bekerja normal setelah mengalami perubahan beban. Perubahan beban pada sistem tenaga listrik yang terjadi secara terus menerus menimbulkan ayunan di sekitar titik kerja sistem tenaga, bahkan pada sistem tenaga listrik terinterkoneksi yang terjadi lebih dari satu unit pembangkit ayunan tersebut akan mudah terjadi. Oleh karena itu, permasalahan kestabilan menjadi persoalan yang semakin mendesak dan dominan terutama. Pengendalian merupakan hal penting yang harus ditangani agar sistem tetap terjaga pada kestabilannya [6]. Untuk itu *automatic voltage regulator* digunakan sebagai sistem eksitasi di Indonesia untuk meredam osilasi frekuensi rendah. Stabilizer sistem tenaga konvensional banyak digunakan pada sistem tenaga yang ada dan telah berkontribusi meningkatkan stabilitas sistem kelistrikan. Peningkatan stabilitas dinamis ditentukan berdasarkan model linearisasi di sekitar titik operasi nominal yang dapat memberikan kinerja yang baik dengan konfigurasi dan parameter yang berubah seiring berjalannya waktu [7]. *Automatic Voltage Regulator* (AVR) memiliki sistem kendali yang baik agar setiap perubahan tegangan menuju keadaan stabil sesuai dengan kriteria pengendalian. Beberapa penelitian tentang pengendalian sistem *Automatic Voltage Regulator* (AVR) ini telah banyak dilakukan untuk memenuhi kriteria pengendalian yang sesuai dengan kebutuhan beban [8]. *Automatic voltage regulator* (AVR) adalah salah satu elemen kunci pada sistem eksitasi yang berfungsi mengatur tegangan yang di suplai PLN. Algoritma kendali *Proporsional Integral Diferensial* (PID) yang digunakan pada AVR selama ini dirancang dengan fokus hanya pada tanggapan yang baik terhadap

referensi dan tidak memperhatikan kekokohan terhadap gangguan torsi akibat perubahan beban. Algoritma kendali *Proporsional Integral* (PI) banyak digunakan pada *Automatic Voltage Regulator* (AVR) dan *Manual Voltage Regulator* (MVR) untuk mengatur tegangan [9].

Jenis-jenis Automatic Voltage Regulator

4. Stabilizer tegangan tipe relay (*Relay Type Voltage Stabilizer*).

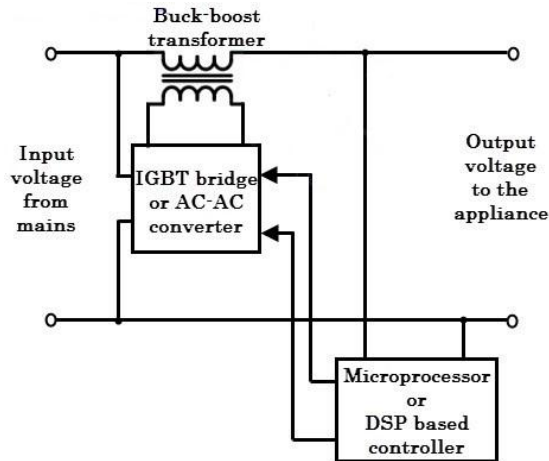
Stabilizer tegangan tipe relay merupakan stabilisator tegangan yang menggunakan sebuah transformator sebagai penguat untuk menaikkan tegangan. Stabilizer jenis ini bekerja secara otomatis dan menggunakan relay sebagai saklar otomatis yang dapat menghubungkan transformator ke beban baik untuk operasi penguat atau bucking ketika terjadi perubahan tegangan



Gambar 1 Stabilizer Tegangan Tipe Relay

5. Stabilizer tegangan statis (*Static Voltage Stabilizer*).

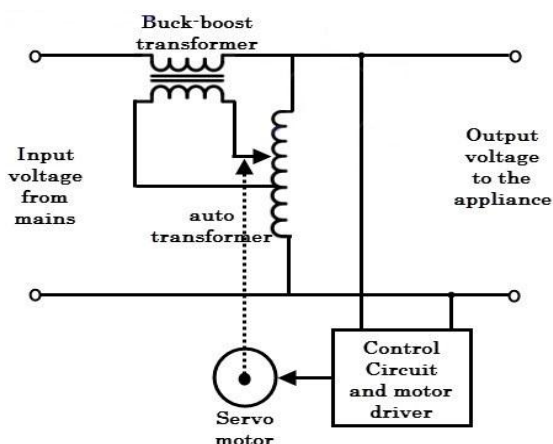
Stabilizer tegangan statis merupakan stabilisator tegangan yang tidak memiliki bagian yang bergerak. Stabilizer tegangan statis menggunakan sirkuit konverter elektronik daya untuk pengaturan tegangan. Untuk akurasi tegangan tinggi biasanya regulasi ± 1 persen.



Gambar 2 Rangkaian Stabilizer Tegangan Statis

6. Stabilizer tegangan tipe servo (*Servo Type Voltage Stabilizer*).

Stabilizer tegangan pengendali servo merupakan stabilizer otomatis yang dapat menaikkan dan menurunkan tegangan secara otomatis dengan pengontrolan servo motor untuk mengoreksi tegangan suplai dan menyesuaikan tegangan output yang diinginkan. Stabilizer jenis ini digunakan untuk akurasi tegangan output tinggi, biasanya ± 1 persen dengan perubahan tegangan input hingga ± 50 persen.



Gambar 3 Sirkuit Kontrol Stabilizer Tipe Servo

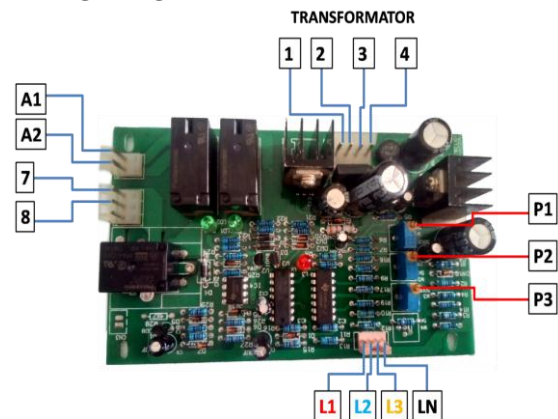
II. METODE PENELITIAN

Komponen dan bahan yang digunakan dalam penelitian analisis sistem regulasi pada PCB kontrol *Automatic Voltage Regulator* adalah sebagai berikut:

PCB kontrol, sebagai pengontrol sistem kerja *Automatic Voltage Regulator*.

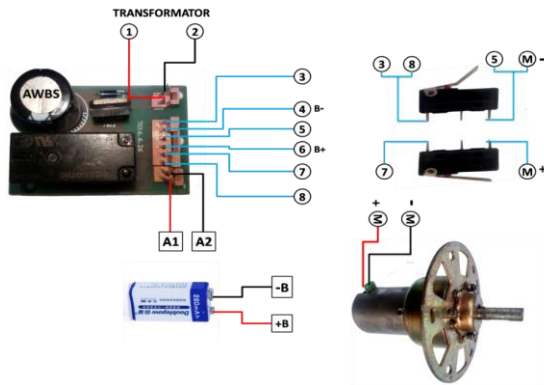
1. AWBS, sebagai alat yang digunakan untuk menghindari kegagalan *start* pada sistem kerja *Automatic Voltage Regulator*.
2. Trafo *step down* 16 Vac, sebagai penyuplai tegangan pada rangkaian kontrol *Automatic Voltage Regulator*.
3. Baterai, untuk mengembalikan *carbon brush* pada posisi *start* ketika terjadi pemutusan aliran listrik.
4. Limit switch, sebagai pemutus dan penghubung suplai tegangan servo motor.
5. Servo motor, untuk memutar *carbon brush* pada saat terjadi perubahan tegangan dan perubahan beban.

Desain Rangkaian Kontrol *Automatic Voltage Regulator*



Gambar 4 Desain PCB Kontrol *Automatic Voltage Regulator*

Desain Auto Wind Back System



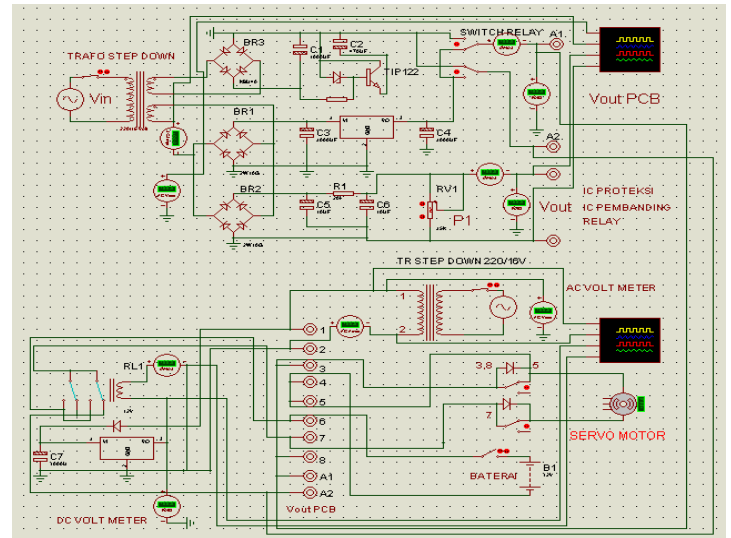
Gambar 5 Desain Auto Wind Back System

Langkah-langkah penelitian

Adapun langkah-langkah dari penelitian analisis sistem regulasi tegangan pada PCB kontrol *Automatic Voltage Regulator* adalah sebagai berikut :

1. Membuat desain PCB kontrol *Automatic Voltage Regulator*.
2. Membuat desain sinkronisasi *Auto Wind Back System* (AWBS).
3. Membuat desain sistem regulasi pada pengendali *Automatic Voltage Regulator* (AVR).
4. Membuat rangkaian penyearah pada PCB kontrol *Automatic Voltage Regulator* (AVR).
5. Membuat rangkaian *Auto Wind Back System* (AWBS) dan rangkaian penyearah *Auto Wind Back System* (AWBS).
6. Mengukur tegangan dan arus pada simulasi rangkaian penyearah PCB kontrol *automatic voltage regulator*, serta gelombang arus V_{in} dan V_{out} pada frekuensi 20 Hz dan 50 Hz.
7. Mengukur tegangan dan arus pada simulasi rangkaian penyearah *Auto Wind Back System* (AWBS) serta gelombang arus V_{in} dan V_{out} pada frekuensi 20 Hz dan 50 Hz
8. Pengujian simulasi rangkaian penelitian dengan menggunakan beban dan tanpa menggunakan beban serta

mengukur tegangan, arus dan bentuk gelombang arus pada simulasi rangkaian penelitian



Gambar 3.12 Rangkaian Utama Penelitian

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Adapun unjuk kerja dari sistem pengendali *automatic voltage regulator* adalah sebagai berikut :

1. Tegangan yang sudah diturunkan menggunakan trafo *step down* dihubungkan pada input PCB kontrol. Tegangan Arus bolak-balik (AC) yang disuplai dari trafo *step down* diubah menjadi arus searah (DC) menggunakan dioda *fullbridge* yang diberi tapis kapasitor dan diatur atau distabilkan menggunakan dioda zener dan IC 7812 sehingga tegangan dapat mengalir pada komponen yang terdapat pada rangkaian PCB kontrol.
2. Arus yang sudah disearahkan akan dialirkan pada sistem proteksi, sistem pembanding, sistem pembesar dan terminal output utama PCB kontrol yang merupakan sumber tegangan untuk servo motor.

Hasil pengukuran dari pengujian yang dilakukan pada rangkaian sinkronisasi penyearah PCB kontrol *Automatic Voltage Regulator* (AVR) dengan rangkaian *Auto Wind Back System* (AWBS) Adapun beban pengujian menggunakan satu buah servo

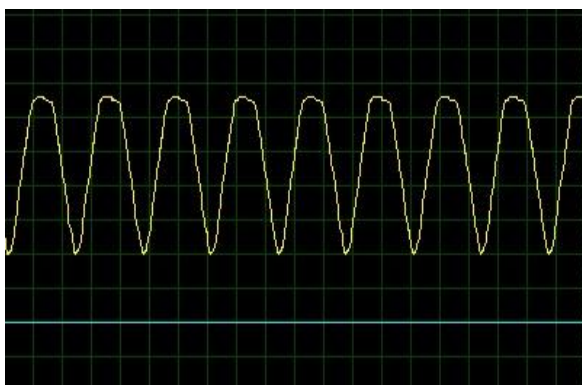
motor dengan tegangan 12 Vdc. Pada pengujian ini dilakukan pengukuran pada rangkaian penyearah PCB kontrol dan rangkaian *Auto Wind Back System* (AWBS) seperti yang terlihat pada gambar dan tabel dibawah ini.

Tabel 1 Data Pengukuran Pada Rangkaian Penyearah PCB Kontrol *Automatic Voltage Regulator* (AVR) Menggunakan Beban Servo Motor.

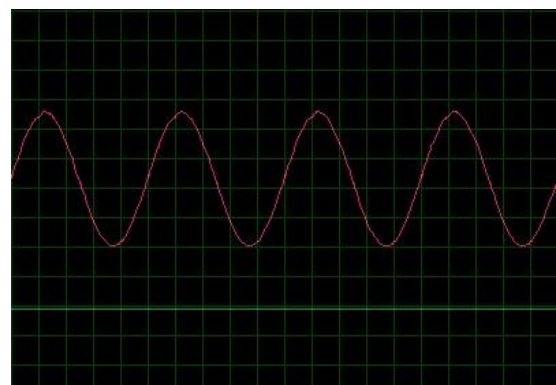
Cos ϕ	Frekuensi (Hz)	Vin PCB kontrol (Vac)	Arus Vin PCB kontrol (Ampere)	Pin (Watt)	Vout PCB kontrol (Vdc)	Arus Vout PCB kontrol (Ampere)	Pout (Watt)
0,8	20 Hz	15,9V	0,49A	6,23W	11,8V	0,19A	2,24W
0,8	50 Hz	16,3V	0,48A	6,25W	11,8V	0,19A	2,24W

Tabel 2 Data pengukuran pada rangkaian *Auto Wind Back System* (AWBS)

Frekuensi (Hz)	Vin (Vac)	Iin (Ampere)	Pin (Watt)	Vout (Vdc)	Iout (Ampere)	Pout (Watt)	Vin baterai (Vdc)	Arus baterai (A)	Daya Baterai (Watt)
20 Hz	15,9V	0,01A	0,0127W	12V	0,05A	0,6W	11,9V	0,20A	2,38W
50 Hz	16,3V	0,01A	0,0129W	12V	0,05A	0,6W	11,9V	0,20A	2,38W



Gambar 5 Bentuk gelombang rangkaian penyearah PCB kontrol pada frekuensi 20 Hz



Gambar 4.6 Bentuk Gelombang Rangkaian AWBS Pada Frekuensi 50 Hz

V. KESIMPULAN

Adapun kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Tegangan yang sudah diturunkan menggunakan trafo *step down* dihubungkan pada input PCB kontrol. Tegangan Arus blak-balik (AC) yang disuplai dari trafo *step down* di ubah menjadi arus searah (DC) menggunakan dioda *fullbridge* yang diberi tapis kapasitor dan diatur atau distabilkan menggunakan dioda *Zener* dan IC 7812 sehingga tegangan dapat mengalir pada komponen yang terdapat pada rangkaian PCB kontrol dan *Auto Wind Back System* (AWBS). Ketika tegangan sudah teregulasikan keseluruhan sistem pengendali maka, sistem pengendali dapat bekerja dengan baik dan ketika terjadi perubahan tegangan maka servo motor akan menggerakkan *carbon brush* yang terdapat pada permukaan regulator secara otomatis dan menstabilkan tegangan keluaran *Automatic Voltage Regulator* (AVR).
4. Dari hasil pengujian yang dilakukan pada rangkaian sinkronisasi penyearah PCB kontrol *Automatic Voltage Regulator* (AVR) tanpa menggunakan beban terdapat perubahan tegangan dan arus pada dua titik frekuensi berbeda, sementara pada keluaran rangkaian penyearah PCB kontrol tegangan tetap stabil walaupun frekuensi pada masukan mengalami perubahan. Dan pada saat pengujian rangkaian dengan menggunakan beban servo motor, perubahan tegangan terjadi pada masukan dan keluaran rangkaian. Pada masukan penyearah PCB kontrol mengalami perubahan tegangan karena bekerja pada titik frekuensi berbeda, sementara pada keluaran rangkaian penyearah PCB kontrol terjadi penurunan tegangan dari 12 Vdc menjadi $\pm 11,8$ Vdc disebabkan

tarikan beban servo motor yang diberikan.

5. Pada saat servo motor mengalami kerusakan dapat menyebabkan sistem PCB kontrol berhenti bekerja dan merusak Relay, IC 7812 yang terdapat pada modul PCB kontrol dan merusak gulungan regulator karena berhenti pada satu titik yang menimbulkan panas dan membuat gulungan regulator terbakar. Untuk meminimalisir kerusakan yang mungkin terjadi diperlukan perawatan atau pemeriksaan secara rutin sesuai dengan ketentuan *servis centre* yang ada.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Jontianus d. (2018). Laporan kerja praktek/pengenalan dan sistem kerja stabilizer listrik
Matsuyama/Automatic Voltage Regulator
- [2]. Sciences, A., Scientific, M., & Corp, P. (2016). Research Article A Binary Weighted 7-steps Automatic Voltage Regulator Hussain A . Attia
Department of Electrical ,
Electronics and Communication
Engineering , American University
of Ras Al Khaimah , United Arab
Emirates. 12(9), 947–954.
<https://doi.org/10.19026/rjaset.12.2812>
- [3]. Pasaribu, F. I., Lubis, S. A., & Alam, S. I. P. (2020). Superkapasitor Sebagai Penyimpan Energi Menggunakan Bahan Graphene.
RELE (Rekayasa Elektrikal Dan Energi) : Jurnal Teknik Elektro, 2(2), 65–72.
<https://doi.org/10.30596/rele.v2i2.4419>
- [4]. Elbani, A. (2010). Simulasi Unjuk Kerja Sistem Kendali PID Pada Proses Evaporasi Dengan Sirkulasi Paksa. *Jurnal Teknik Elektro*, 2(3), 1–6.

- [5]. Alam, A. B. D. A., & Taryana, N. (2015). Pemodelan dan Simulasi Automatic Voltage Regulator untuk Generator Sinkron 3 kVA Berbasis Proportional Integral. *Jurnal Reka Elkomika*, 3(2), 97–110.
- [6]. Arief Juarsah, M., Facta, M., & Nugroho, A. (2013). Perancangan DC Chopper tipe Buck-Boost Converter Penguatan Umpan Balik IC TL 494. *Transient*.
- [7]. Pamungkas, T. D., Haddin, M., & Rijanto, E. (2017). Modifikasi Topologi Pengendali PID untuk Automatic Voltage Regulator Generator Sinkron. *Jurnal Nasional Teknik Elektro Dan Teknologi Informasi (JNTETI)*, 6(3), 380–385. <https://doi.org/10.22146/jnteti.v6i3.342>
- [8]. Maheka, M. S. (1987). Analisa Perbaikan Jatuh Tegangan Dengan Pemasangan Automatic Voltage Regulator Pada Penyulang Durian 4 Pt Pln Rayon Rasau Jaya. (72), 1–10.
- [9]. Laksono, H. D., Riska, N., Elektro, J. T., Teknik, F., & Andalas, U. (2019). Analisa Kinerja Automatic Voltage Regulator Dalam Domain Waktu Menggunakan Metoda Ziegler-Nichols. 8(3).
- [10]. Nurdin, A., Azis, A., & Rozal, R. A. (2018). Peranan Automatic Voltage Regulator Sebagai Pengendali Tegangan Generator. *Ampere*, 3(1), 163–173.
- [11]. El-Hawary, M. E. (2010). Fuzzy Logic Controller as a Power System Stabilizer. *Electric Power Applications of Fuzzy Systems*, 1(3). <https://doi.org/10.1109/9780470544457.ch5>
- [12]. Faiz, J., Shahgholian, G., & Arezoomand, M. (2007). Analysis and simulation of the AVR system and parameters variation effects. *POWERENG 2007 - International Conference on Power Engineering - Energy and Electrical Drives Proceedings*, (May), 450–453. <https://doi.org/10.1109/POWERENG.2007.4380101>
- [13]. Bhatt, V. K., & Bhongade, S. (2013). Design Of PID Controller In Automatic Voltage Regulator (AVR) System Using PSO Technique. *International Journal of Engineering Research and Applications (IJERA)*, 3(4), 1480–1485.
- [14]. Karimov, R., Bobojanov, M., Tairova, N., Xolbutayeva, X., Egamov, A., & Shamsiyeva, N. (2020). Non-contact controlled voltage stabilizer for power supply of household consumers. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 883(1). <https://www.electricaltechnology.org/2016/11/what-is-voltage-stabilizer-how-it-works.html>
- [15]. Buku petunjuk pemasangan dan perbaikan AC *Automatic Voltage Regulator* Stabilizer Matsuyama 01/03/2011
- [16]. Asri, A. H., & Industri, F. T. (2014). Pengenalan elektronika dan komponen dasar elektronika makalah. 1–15.

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



DATA DIRI

Nama Lengkap : Jontianus David Sinaga
Panggilan : David
Tempat, Tanggal Lahir : Laurambong, 05 Juli 1995
Jenis Kelamin : Laki-Laki
Alamat : Laurambong 1, Desa Lau Pak-Pak
Agama : Khatolik
Nama Orang Tua
Ayah : Jonner Sinaga
Ibu : Monika Naibaho
No Hp : 081260020410
E-mail : jontianusdavidsinaga@gmail.com

RIWAYAT PENDIDIKAN

Nomor Pokok Mahasiswa: 1407220123
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Elektro
Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
Alamat Perguruan Tinggi : Jl. Kapten Mochtar Basri. No. 3 Medan 20238

No	Tingkat Pendidikan	Nama dan Tempat	Tahun Kelulusan
1	Sekolah Dasar	SDN 034786 Lau Pak-Pak	2008
2	SMP	SMPN 3 Tigalingga	2011
3	SMK	SMK Swasta Mandiri Kab.Deli Serdang	2014
4	Kuliah	UMSU (Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara)	2014-Selesai