

Analisa Sistem Pengendalian Pada PCB Automatic Voltage Regulator

Jontianus David Sinaga¹, Faisal Irsan Pasaribu^{2*}, Noorly Evalina³, M. Fitra Zambak⁴, Firaahmi Rizky⁵

^{1,2,3} Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Medan, Indonesia

¹jontianusdavidsinaga@gmail.com, ^{2*}faisalirsan@umsu.ac.id, ³noorlyevalina@umsu.ac.id,

⁴mhdfitra@umsu.ac.id, ⁵firaahmirizky@umsu.ac.id

^{*}faisalirsan@umsu.ac.id

Abstrak– Di dunia modern, ilmu pengetahuan dan teknologi telah berkembang sangat cepat. Misalnya, komponen teknologi pengendali elektronika banyak digunakan dalam teknik pengendalian tenaga listrik. Kemajuan ini pasti disebabkan oleh keinginan untuk menghasilkan produk yang lebih baik daripada hasil sebelumnya. Modul PCB (Printed Circuit Board) memiliki banyak komponen elektronika dan dirancang untuk berfungsi sebagai rangkaian pengendali untuk alat kelistrikan seperti regulator voltase otomatis atau stabilizer listrik yang dapat bekerja secara otomatis. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari unjuk kerja sistem regulasi tegangan pada sistem pengendali tegangan otomatis (PCB kontrol), menganalisis sistem regulasi arus dan tegangan pada PCB kontrol, dan mengetahui kerusakan yang sering terjadi pada sistem pengendali tegangan otomatis dan cara mengatasi kerusakan tersebut. Pengujian dilakukan dengan beban servo motor pada 20 Hz dan 50 Hz. Tegangan input turun dari 16,3 Vac menjadi 15,7 Vac dan tetap stabil pada 50 Hz, tetapi tegangan input rangkaian penelitian turun lagi dari 12 Vdc menjadi 4,77 Vdc. Dapat disimpulkan, Frekuensi memengaruhi perubahan tegangan pada input, sedangkan beban memengaruhi perubahan tegangan pada output.

Kata Kunci: Pengendalian, Automatic Voltage Regulator, PCB, Servo Motor

Abstract– In the modern world, science and technology have evolved very rapidly. Electrical power control techniques widely use components from electronic control technology. This progress must be due to the desire to produce a better product than the previous results. Many electronic components make up the PCB module (Printed Circuit Board), which serves as a control set for autonomous electrical devices like automatic voltage regulators and electrical stabilizers. The study aims to examine the operation of the voltage regulation system on the automatic voltage control system (PCB control), analyze the current regulation and voltage systems on the control PCB, identify common damage to the automated voltage controlling system, and provide solutions for such damage. We conducted tests using servo motor loads at 20 Hz and 50 Hz. The input voltage dropped from 16.3 Vac to 15.7 Vac and remained stable at 50 Hz, but the input voltage of the research network dropped again from 12 Vdc to 4.77 Vdc. In conclusion, frequency affects the voltage change on the input, while load affects voltage changes on the output.

Keywords: Control, Automatic Voltage Regulator, PCB, Servo Motor

1. 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], [2].

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 membahas tentang sistem pengendali pada *Automatic Voltage Regulator* (AVR) sebagai salah satu solusi yang ditawarkan untuk mengatasi masalah kelistrikan. AVR dianggap mampu meningkatkan elektrifikasi melalui analisis kerusakan pada pengendali (PCB kontrol). Penelitian ini juga bertujuan untuk memahami proses regulasi pada PCB kontrol secara mendetail dan praktis. Dalam penelitian ini, penulis akan mensimulasikan rangkaian sederhana pengendali AVR menggunakan perangkat lunak yang dapat mendemonstrasikan fungsi rangkaian pengendali AVR tersebut.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Sistem tenaga listrik sering berubah-ubah di sisi aliran dayanya, jadi sangat penting untuk mengendalikan sistem saat beroperasi untuk menjaga aliran daya yang baik. Hal ini terutama berlaku untuk daya reaktif, yang merupakan penyebab utama jatuh tegangan pada sistem yang menyebabkan susut daya. Dengan melakukan pengaturan daya reaktif secara menyeluruh dan optimal, susut daya sistem dapat ditekan pada tingkat yang paling rendah, sehingga akan sangat menghemat biaya pembangkitan dan biaya operasional secara keseluruhan [4]. Namun, penurunan energi yang terjadi selama proses penyaluran dan distribusi listrik merupakan pemborosan energi jika tidak dikendalikan dengan baik. [5]. Salah satu indikator kualitas pada sistem tenaga listrik adalah kestabilan frekuensi dan tegangan.

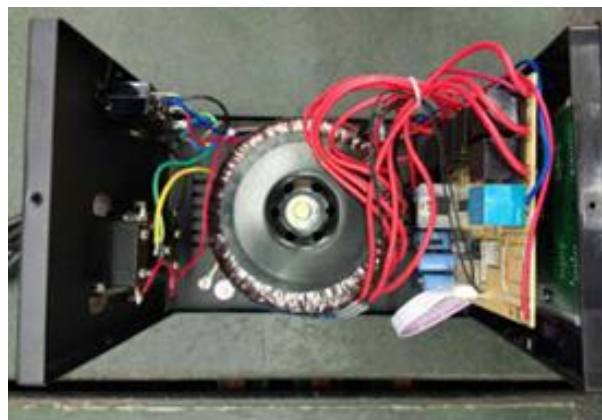
Ketidakstabilan sistem tenaga listrik berarti kehilangan sinkronisasi sistem sehingga sistem tidak lagi mampu berfungsi normal setelah beban berubah. Di sisi lain, kestabilan sistem tenaga listrik berarti kemampuan sistem untuk kembali berfungsi normal setelah beban berubah [6]. Perubahan beban pada 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 [7]. 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 [8].

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 [9]. *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) [10], 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 [11]. Algoritma kendali *Proporsional Integral* (PI) banyak digunakan pada *Automatic Voltage Regulator* (AVR) dan *Manual Voltage Regulator* (MVR) untuk mengatur tegangan [12].

2.1 Jenis-jenis Automatic Voltage Regulator

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

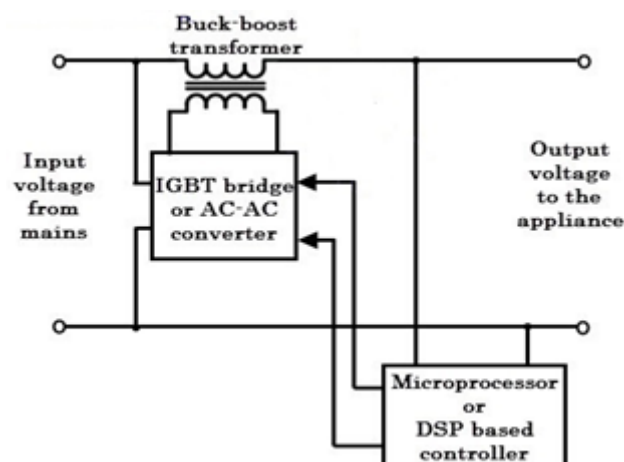
Stabilizer tegangan tipe relay merupakan stabilisator tegangan yang menggunakan sebuah transformator sebagai penguat untuk menaikkan tegangan [12], [13]. Stabilizer jenis ini bekerja secara otomatis dan menggunakan relay sebagai saklar otomatis yang dapat menghubungkan transformator ke beban baik untuk operasi penguat atau bucking ketika terjadi perubahan tegangan [14].



Gambar 1. Stabilizer Tegangan Tipe Relay

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

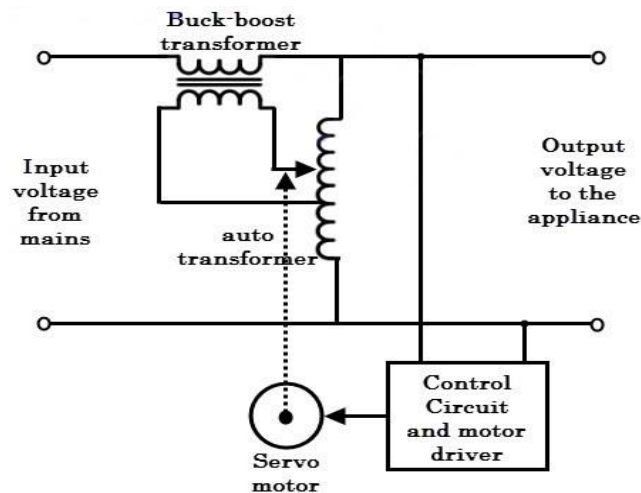
Stabilizer tegangan statis merupakan stabilisator tegangan yang tidak memiliki bagian yang bergerak [15]. Stabilizer tegangan statis menggunakan sirkuit konverter elektronik daya untuk pengaturan tegangan. Untuk akurasi tegangan tinggi biasanya regulasi ± 1 persen [16].



Gambar 2. Rangkaian Stabilizer Tegangan Statis

3. 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 [13]. Stabilizer jenis Ini digunakan untuk akurasi tegangan output tinggi, biasanya ± 1 persen dengan perubahan tegangan input hingga ± 50 persen [17], [18].



Gambar 3. Sirkuit Kontrol Stabilizer Tipe Servo

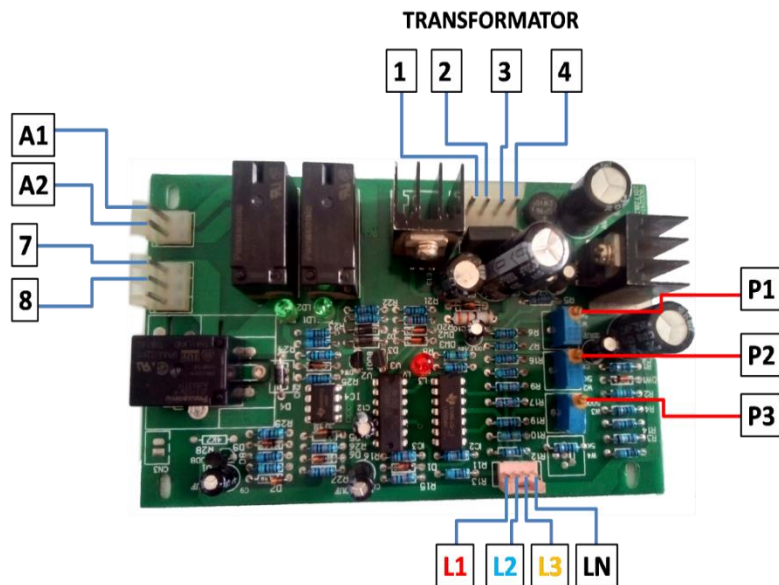
3. METODE PENELITIAN

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*.

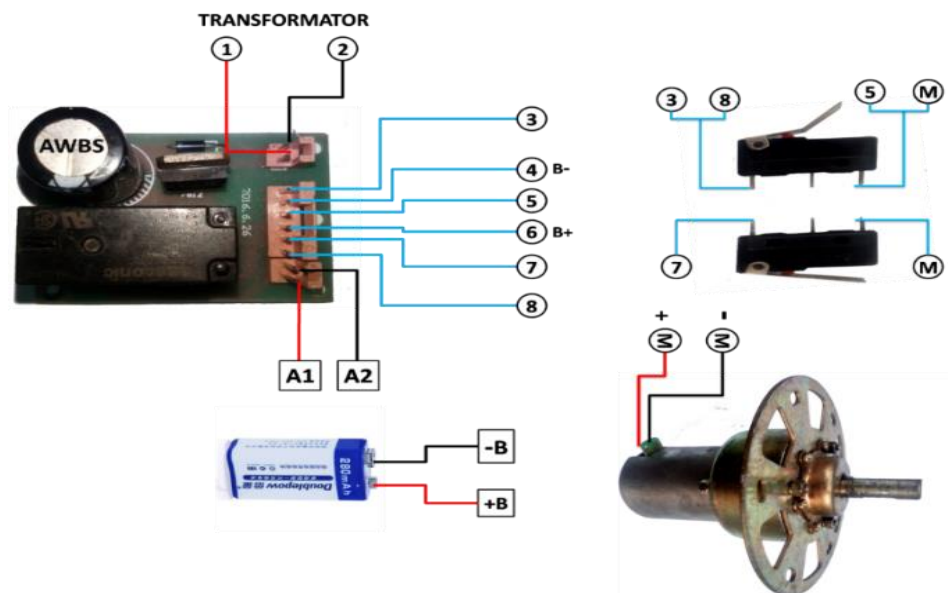
1. AWBS, sebagai alat yang digunakan untuk menghindari kegagalan *start* pada sistem kerja *Automatic Voltage Regulator*.
2. Trafo *step down* 16 Vac, sebagai penyuplai tegangan pada rangkaian kontrol *Automatic Voltage Regulator*.
3. Baterai, untuk mengembalikan *carbon brush* pada posisi start ketika 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.

3.1 Desain Rangkaian Kontrol *Automatic Voltage Regulator*



Gambar 4. Desain PCB Kontrol *Automatic Voltage Regulator*

3.2 Desain *Auto Wind Back System*

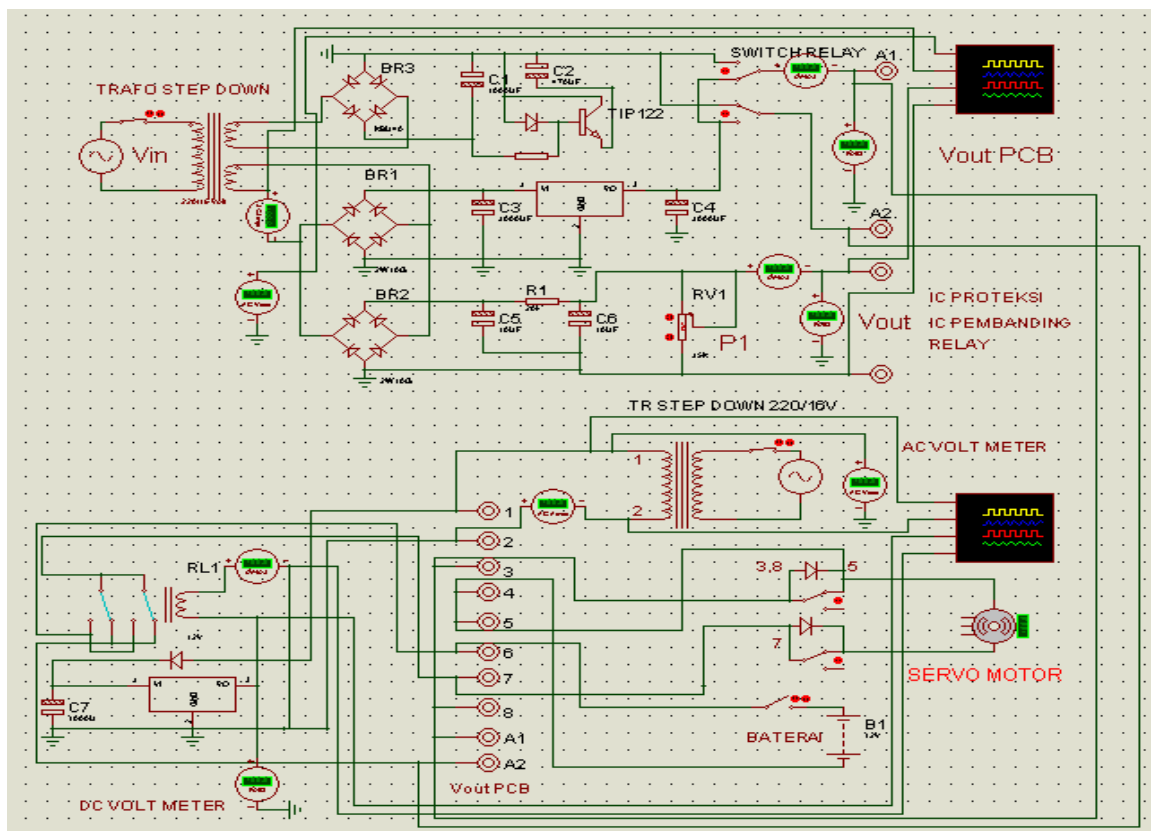


Gambar 5. Desain *Auto Wind Back System*

3.3 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 6. Rangkaian Utama Penelitian

4. 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 kapasitordan diatur atau distabilkan menggunakan dioda zener dan IC 7812 sehingga tegangan dapat mengalir pada komponen yang terdapat pada rangkaian PCB kontrol.

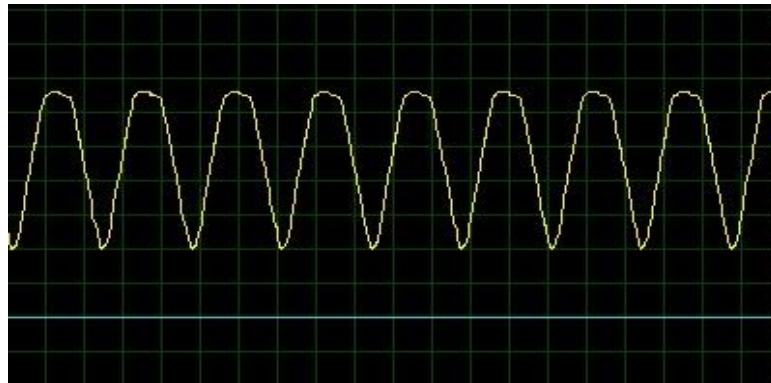
2. Arus yang sudah disearahkan akan dialirkan pada sistem proteksi, sistem pembanding, sistem pembesar dan terminal output utama PCB kontrol yang merupakan sumber tegangan untuk servo motor.
3. Hasil pengukuran dari pengujian yang dilakukan pada rangkaian sinkronisasi penyearah PCB kontrol *Automatic 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.

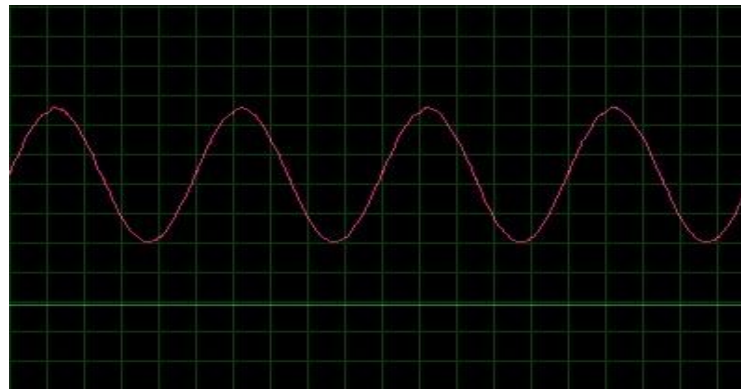
Cos ϕ	Frekuensi (Hz)	Vin PCB kontrol (Vac)	Arus PCB (Ampere)	Vin kontrol (Watt)	Pin (Watt)	Vout PCB kontrol (Vdc)	Arus Vout PCB kontrol (Ampere)	Pout (Watt)
0,8	20 Hz	15,9V	0,49A	6,23W		11,8V	0,19A	2,24W
0,8	50 Hz	16,3V	0,48A	6,25W		11,8V	0,19A	2,24W

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	0,0127 W	12V	0,05A	0,6W	11,9V	0,20A	2,38W
50 Hz	16,3V	0,01A	0,0129 W	12V	0,05A	0,6W	11,9V	0,20A	2,38W



Gambar 7. Bentuk gelombang rangkaian penyearah PCB kontrol pada frekuensi 20 Hz



Gambar 8. Bentuk Gelombang Rangkaian AWBS Pada Frekuensi 50 Hz

5. KESIMPULAN

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

1. Tegangan yang sudah diturunkan dihubungkan ke input PCB kontrol melalui trafo step down. Tegangan arus blak-balik (AC) yang disuplai dari trafo step down diubah menjadi arus searah (DC) melalui dioda fullbridge yang diberi tapis kapasitordan. Dengan bantuan dioda Zener dan IC 7812, tegangan ini dapat diatur atau distabilkan sehingga dapat mengalir ke komponen yang terdapat pada rangkaian kontrol PCB dan *Auto Wind Back System* (AWBS). Ketika tegangan telah diatur untuk seluruh sistem pengendali, sistem pengendali dapat beroperasi dengan baik. Jika terjadi perubahan tegangan, servo motor akan secara otomatis menggerakkan sikat karbon pada permukaan regulator, menstabilkan tegangan keluaran *Automatic Voltage Regulator* (AVR).
2. Hasil pengujian pada rangkaian sinkronisasi penyearah PCB kontrol Automatic Voltage Regulator (AVR) tanpa beban, terdapat perubahan tegangan dan arus pada dua titik frekuensi berbeda. Namun, tegangan keluaran pada rangkaian penyearah PCB kontrol tetap stabil meskipun frekuensi masukan berubah. Ketika diuji dengan beban servo motor, terjadi perubahan tegangan pada masukan dan keluaran rangkaian. Pada masukan penyearah PCB kontrol, tegangan berubah karena bekerja pada titik frekuensi yang berbeda, sedangkan pada keluaran rangkaian penyearah PCB kontrol, tegangan turun dari 12 Vdc menjadi sekitar 11,8 Vdc akibat tarikan beban servo motor yang diberikan.
3. Sebuah kerusakan pada servo motor dapat menyebabkan sistem PCB kontrol berhenti bekerja dan merusak Relay. Hal ini dapat terjadi karena IC 7812 pada modul PCB kontrol merusak gulungan regulator karena berhenti secara bertahap, menyebabkan panas pada gulungan regulator. Untuk mencegah kerusakan, diperlukan perawatan atau pemeriksaan rutin sesuai dengan persyaratan layanan pusat yang ada.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih disampaikan kepada pihak-pihak yang telah mendukung terlaksananya penelitian ini

REFERENSI

- [1]. 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>
- [2]. Jontianus d. (2018). Laporan kerja praktek/pengenalan dan sistem kerja stabilizer listrik Matsuyama /Automatic Voltage Regulator
- [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]. Tobing, M. Z., Pasaribu, F. I., Hutasuhut, A. A., Nasution, E. S., Evalina, N., Sipahutar, E., & Setiawan, A. M. (2024, January 31). Perancangan Sistem Kendali PLTS Menggunakan Sensor Photocell Dan Alarm Kontrol Untuk Penerangan Kapal Nelayan. *Journal of Telecommunication and Electrical Scientific*, 1(01), 1-11. <https://doi.org/https://doi.org/10.24010/jtels.v1i01.873>.
- [7]. Arief Juarsah, M., Facta, M., & Nugroho, A. (2013). Perancangan DC Chopper tipe Buck-Boost Converter Penguatan Umpan Balik IC TL 494. *Transient*.
- [8]. 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>
- [9]. Maheka, M. S. (1987). *Analisa Perbaikan Jatuh Tegangan Dengan Pemasangan Automatic Voltage Regulator Pada Penyulang Durian 4 Pt Pln Rayon Sasu Jaya*. (72), 1–10.
- [10]. F. I. Pasaribu, N. Evalina, I. Roza, and E. S. Nasution, “IoT based railroad portal security system prototype design,” AIP Conf. Proc., vol. 2702, no. 1, p. 50009, Nov. 2023, doi: 10.1063/5.0180113.
- [11]. 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.
- [12]. 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).
- [13]. Nurdin, A., Azis, A., & Rozal, R. A. (2018). Peranan Automatic Voltage Regulator Sebagai Pengendali Tegangan Generator. *Ampere*, 3(1), 163–173.
- [14]. 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>.
- [15]. 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>.
- [16]. 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](https://www.electricaltechnology.org/2016/11/what-is-voltage-stabilizer-how-it-works.html).
- [17]. Buku petunjuk pemasangan dan perbaikan AC Automatic Voltage Regulator Stabilizer Matsuyama 01/03/2011
- [18]. Asri, A. H., & Industri, F. T. (2014). Pengenalan elektronika dan komponen dasar elektronika makalah. 1–15.