

IMPLEMENTASI AUTO VOLTAGE REGULATOR PADA SISI BEBAN ENERGI LISTRIK

Nur liya¹, Abdul Muis Prasetya²

^{1,2} Jurusan Teknik Elektro Universitas Borneo Tarakan, Kalimantan Utara

¹05nurliya@gmail.com

²prasetya.electric@gmail.com

Abstract— *Electrical energy is one of the basic needs in the present era, most human activities require electrical energy, so an increase in the need for electrical energy also increases, resulting in increased system problems. Voltage instability can also result in system problems and poor quality of electrical power. With a protection system, devices related to electricity will be safe and avoid damage. Auto Voltage Regulator is used to improve the voltage value at the point where the tool is installed. Auto Voltage Regulator (AVR) which is often used is a type of autotransformer. In this study, the PWM (Pulse Width modulation) dimmer is implemented as an AVR. Dimmer is an electronic circuit that modifies the form of a pure AC (Alternative Current) signal into a modulated signal so that the output voltage can be adjusted. The results of the test by providing a variety of different voltage input values. The system is obtained by providing an input value of 195 with a system output of 194, but if the system is given an input above the Set Point, the system is able to reduce the voltage up to 220 volts.*

Keywords—Voltage instability, Automatic Voltage Regulator (AVR), electrical energy.

Intisari— Energi listrik merupakan satu dari kebutuhan pokok di era sekarang, sebagian besar aktifitas manusia membutuhkan energi listrik, Maka peningkatan akan kebutuhan energi listrik pun bertambah, mengakibatkan permasalahan pada sistem bertambah. Ketidakstabilan pada tegangan dapat mengakibatkan pula permasalahan pada sistem dan buruknya kualitas daya listrik. Adanya sistem proteksi maka perangkat yang berhubungan dengan listrik akan menjadi aman dan terhindar dari kerusakan. Auto Voltage Regulator digunakan untuk memperbaiki nilai tegangan pada titik dimana alat itu dipasang. Auto Voltage Regulator (AVR) yang sering digunakan merupakan tipe autotransformator. Pada penelitian ini mengimplementasikan dimmer PWM (Pulse Width modulation) sebagai AVR. Dimmer merupakan rangkaian elektronika yang memodifikasi bentuk sinyal AC (Alternative Current) murni menjadi sinyal termodulasi sehingga tegangan keluaran dapat diatur. Hasil dari pengujian dengan memberikan berbagai macam nilai masukan tegangan yang berbeda-beda. Didapatkan sistem dengan memberikan nilai input sebesar 195 dengan keluaran sistem juga sebesar 194, tetapi bila sistem diberikan masukan diatas Set Point maka sistem mampu menurunkan tegangan sampai dengan 220 volt.

Kata Kunci—Ketidakstabilan tegangan, Automatic Voltage Regulator (AVR), energi listrik.

I. PENDAHULUAN

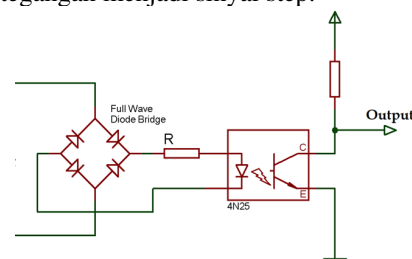
Auto Voltage Regulator digunakan untuk memperbaiki nilai tegangan pada titik dimana alat itu dipasang. *Auto Voltage Regulator* (AVR) pada dasarnya merupakan sebuah *autotransformator* dengan banyak tap pada sisi sekundernya. Komponen utamanya adalah mekanisme tap *changing* dan pengendaliannya. Tiap *Auto Voltage Regulator* (AVR) biasanya dilengkapi oleh peralatan yang bisa mengendalikan perubahan tap secara otomatis berdasarkan tegangan yang masuk walaupun pada saat itu *Auto Voltage Regulator* (AVR) dalam keadaan berbeban[1]. Tetapi desain atau peralatan tersebut membutuhkan ruang yang besar dengan kata lain bentuk dari AVR memiliki *body* yang cukup besar.

Dimmer merupakan rangkaian elektronika yang memodifikasi bentuk sinyal AC (*Alternative Current*) murni menjadi sinyal termodulasi sehingga tegangan keluaran dapat diatur. *Dimmer* yang lebih kompleks menggunakan PWM (*Pulse Width Modulation*) sebagai pengendalinya. *Dimmer* PWM ini mampu menghasilkan tingkatan daya yang kecil sebesar, 0.025 Watt sehingga pengendalian menjadi lebih presisi. Berdasarkan permasalahan yang diuraikan pada paragraf sebelumnya maka peneliti akan mendesain alat AVR dengan menggunakan *dimmer*. Dimana desain AVR dengan menggunakan *dimmer* lebih kecil dibandingkan dengan tipe *autotransformator*

II. LANDASAN TEORI

A. Zero Crossing Detector

Zero crossing detector adalah rangkaian yang digunakan untuk mendeteksi gelombang sinus AC 220 Volt saat melewati titik nol. Seberangan titik nol yang dideteksi adalah peralihan dari positif menuju negatif dan peralihan negatif menuju positif [2][3]. Rangkaian *zero crossing* berfungsi untuk mengkonversi sinyal sinusoidal arus dan tegangan menjadi sinyal step.



Gambar 1. Rangkaian Zero Crossing

B. Dimmer

Dimmer adalah rangkaian elektronik yang memodifikasi bentuk sinyal ac murni menjadi sinyal terpotong-potong sehingga daya keluaran bisa diatur. Pemotongan sinyal ac ini berguna sebagai peredup lampu, memperlambat motor, mengatur pemanasan dan lainnya. *Dimmer* yang lebih kompleks menggunakan PWM (*Pulse Width Modulation*) sebagai pengendalinya. PWM bisa dihasilkan oleh rangkaian SCR, chip/IC PWM atau mikrokontroler. *Dimmer* PWM ini mampu menghasilkan tingkatan daya yang kecil, sehingga pengendalian menjadi lebih presisi. *Dimmer* PWM bisa dikategorikan menjadi dua macam yaitu:

1) Penyalan berdasarkan titik nol.

Waktu penyalan bergantung pada saat sinyal menyentuh nilai nol. Maka dibutuhkan mekanisme untuk mendeteksi waktu sinyal tersebut bernilai 0. Komponen *Silicon Controllor Rectifier* (SCR) memiliki sifat *forward blocking*, *forward conduction*, dan *reverse blocking*, maka komponen ini cocok digunakan sebagai *dimmer* elektronik. Pada aplikasi *dimmer digital*, perlintasan titik nol harus dideteksi terlebih dahulu sebelum melakukan menyalan. Pendeteksian nilai nol bisa dilakukan dengan rangkaian *zero crossing detector*.

2) Penyalan Bebas

Waktu penyalan *dimmer* tidak dipengaruhi oleh nilai nol, pengaturan *dimmer* PWM lebih diutamakan pada frekuensi PWM-nya. *Dimmer* lampu akan terlihat berkedip jika frekuensi tidak sama. Untuk mengatasi permasalahan tersebut rangkaian peredup lampu (*dimmer*) didesain dengan penggunaan frekuensi yang lebih tinggi dari frekuensi sinyal AC tanpa memperhatikan waktu nol dan nilai frekuensinya.

III. METODE PENELITIAN

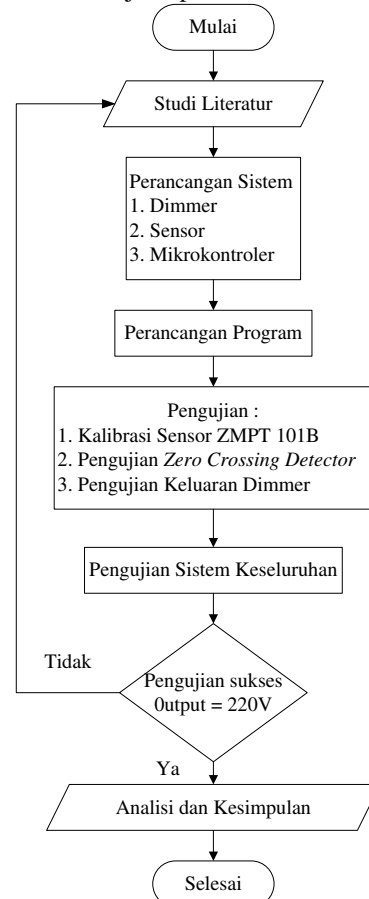
A. Metode Penelitian

Pada penelitian ini melakukan beberapa metode diantaranya ialah :

1. Studi Literatur yaitu mengumpulkan beberapa literatur yang berkaitan dengan dengan penelitian ini diantaranya jurnal-jurnal ilmiah, buku referensi dan sumber-sumber lainnya.
2. Perancangan sistem AVR (*Auto Voltage Regulator*). Pada metode ini memfokuskan peneliti untuk merancang dari sistem AVR. Perancangan sistem terdiri dari alat-alat yang dibutuhkan dan dihubungkan dimulai dari *dimmer*, sensor dan mikrokontroler.
3. Perancangan program mengenai alat AVR (*Auto Voltage Regulator*), pada perancangan program peneliti menggunakan mikrokontroler dimana program yang digunakan Bahasa program yang sekiranya dimengerti oleh sistem dan tepat.
4. Pengujian pertama yaitu menguji *hardware* yang digunakan. Pengujian ini berfungsi untuk mengetahui apakah *hardware* dalam kondisi bagus, dapat difungsikan dengan baik untuk sistem AVR.
5. Pengujian terakhir menggabungkan *hardware* sesuai dengan sistem dan dilakukan pengujian keseluruhan untuk mengetahui apakah sistem sudah sesuai dengan tujuan dari penelitian yang dilakukan. Analisis hasil pengujian melakukan analisis hasil pengujian untuk

memperoleh kinerja sistem secara keseluruhan dan mengklarifikasi hasil tersebut terhadap tujuan yang telah ditetapkan. Apabila belum memenuhi tujuan maka perlu dikaji lebih lanjut

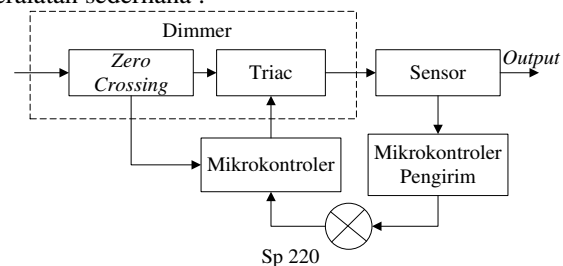
6. Mengenai gagasan alternatif agar tujuan yang telah ditetapkan dapat dicapai.
7. Penarikan kesimpulan jika hasil evaluasi menunjukkan bahwa tujuan penelitian telah tercapai maka akan ditarik kesimpulan untuk menegaskan bahwa gagasan yang diusulkan berhasil menyelesaikan permasalahan dan memenuhi tujuan penelitian.



Gambar 2. Diagram alir penelitian

B. Perancangan Sistem

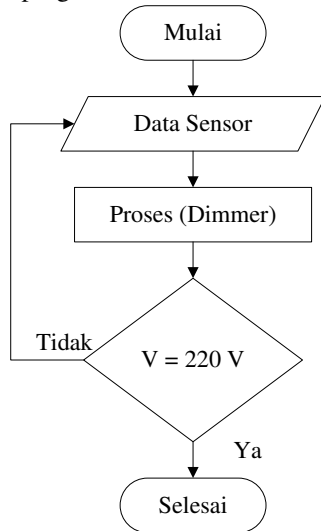
Gambar 3 merupakan diagram blok sistem perancangan peralatan sederhana :



Gambar 3. Diagram blok perancangan sistem

Sistem diatas merupakan gambaran umum dari perancangan alat dimana komponen utama dari sistem merupakan *dimmer* yang terdiri dari *zero crossing detector* dan *Triac*. Tegangan awal akan langsung diinputkan pada *dimmer* bila output dari *dimmer* belum sesuai dengan *setpoint* terbaca melalui sensor tegangan yang dipasang

pada output dimmer dan data tersebut akan dikirim pada mikrokontroler utama hasil dari data tersebut akan menjadi nilai error untuk menjadi inputan dimmer dan dimmer akan menurunkan nilai tegangan hal ini akan berlanjut sampai nilai tegangan yang diinginkan. Pada gambar 4 merupakan diagram alir dari program



Gambar 4. Diagram alir program

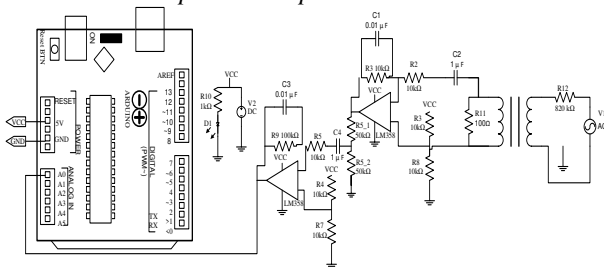
Program dari sistem belum menggunakan metode. Data yang dimaksud pada gambar yaitu pembacaan dari sensor ZMPT101B. Proses melakukan pengolahan data dari sensor, data yang diterima akan menjalankan dimmer untuk menurunkan nilai tegangan ketika belum mencapai 220 V maka akan diproses ulang sampai dengan tegangan 220 V dan selesai.

C. Tahapan Pengujian

Dalam penelitian ini memiliki beberapa pengujian. Tujuan dari pengujian ini untuk mengetahui tingkat keberhasilan alat yang dibuat. Adapun persamaan yang digunakan sebagai berikut. Beberapa pengujian yang dilakukan sebagai berikut:

1) Kalibrasi dan Pengujian Sensor Tegangan

Sensor yang dapat bekerja dengan baik yaitu sensor yang memiliki sifat linieritas yang baik, artinya nilai *output* dari sensor akan naik ataupun turun sesuai dengan naik atau turunnya *input* dari sensor. Untuk menentukan tingkat linieritas sensor dapat dilakukan dengan mencari koefisien korelasi antara *input* dan *output* dari sensor.

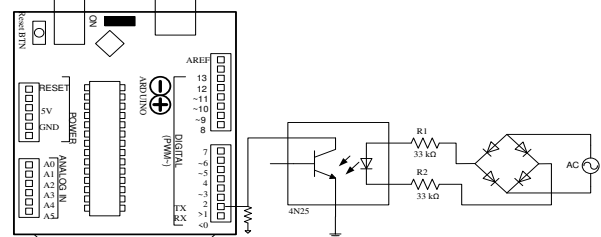


Gambar 5. Rangkaian sensor

2) Pengujian Zero Crossing Detector

Zero crossing detector merupakan rangkaian elektronik yang berfungsi untuk mendeteksi persilangan nol yang ada pada tegangan AC. Rangkaian *Zero Crossing Detector* akan memberikan output berupa pulsa sempit pada saat terjadi persilangan nol pada tegangan AC yang di deteksi.

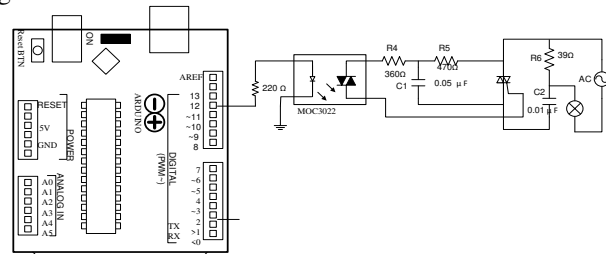
Rangkaian *zero crossing detector* berfungsi untuk mendeteksi perpotongan gelombang sinus dengan *zero point* pada tegangan AC, sehingga dapat menentukan waktu acuan pada *TRIAC* dan menentukan posisi perubahan tegangan. Dengan menggunakan rangkaian *Zero crossing detector* ini, kita dapat mendeteksi zero point sekaligus mengubah suatu sinyal sinusoida menjadi sinyal kotak. Perpotongan titik nol yang terdeteksi adalah pada saat peralihan dari siklus positif menuju siklus negative dan peralihan dari siklus negative menuju siklus positif. Sinyal acuan (*zero point*) akan digunakan sebagai interupsi eksternal mikrokontroler dan selanjutnya mikrokontroler akan mengatur dan membangkitkan sinyal PWM untuk memicu gate *TRIAC*.



Gambar 6. Skematik Pengujian Zero Crossing Detektor

3) Pengujian keluaran *dimmer*

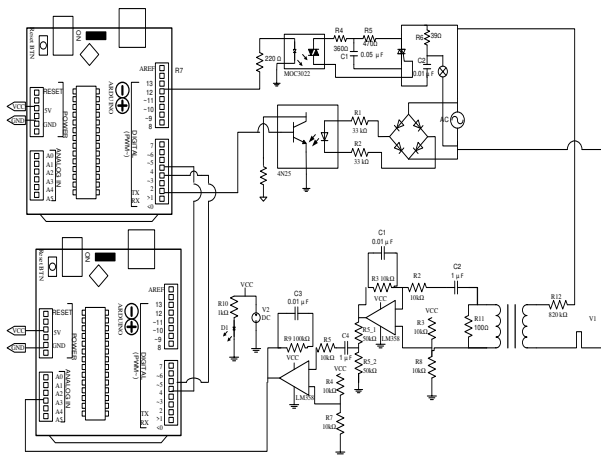
Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui keluaran sinyal *dimmer* pengaruh terhadap frekuensi dan tegangan sinyal keluaran. Rangkaian pengujian dimmer terlihat pada gambar 7.



Gambar 7. Rangkaian Pengujian Dimmer

4) Pengujian sistem secara keseluruhan

Dalam pengujian keseluruhan yang di maksud ialah pengujian keluaran AVR (*Auto Voltage Regulator*) terhadap beban lampu. Pengujian ini diharapkan AVR (*Auto Voltage Regulator*) dapat menurunkan tegangan dengan frekuensi 50 Hz dan gelombang sinus. Pengujian ini menggunakan multimeter digital dan membandingkannya dengan *output*.



Gambar 8. Rangkaian Pengujian Keseluruhan

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pada bab ini didapatkan dari metode penelitian yang telah dilakukan terhadap rancangan alat untuk mengetahui apakah tujuan dari perancangan alat dari sistem dapat berjalan dengan baik.

A. Kalibrasi dan Pengujian Sensor Tegangan

Dalam membuat sebuah alat digital, sensor-sensor yang digunakan terlebih dahulu dikalibrasi. Sensor yang dapat bekerja dengan baik yaitu sensor yang memiliki sifat linieritas yang baik, artinya nilai output dari sensor naik maupun turun sesuai dengan inputan. Untuk mencari tingkat linieritas dapat dilakukan dengan mencari koefisien korelasi antara input dan output sensor menggunakan metode *regresi Linier*.

1) Kalibrasi Sensor

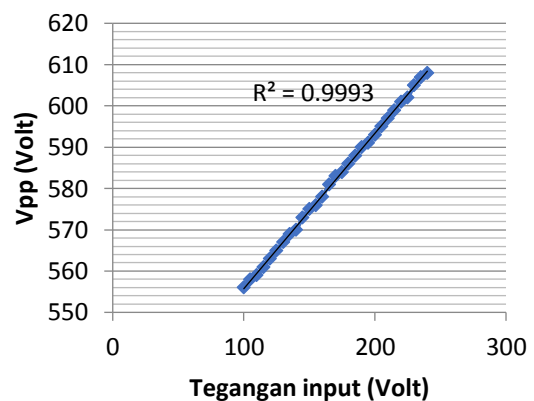
Pada tahapan kalibrasi sensor dengan memberikan tegangan yang bervariasi ke sensor. 100V-250V tegangan bolak-balik dengan step tetap yaitu 5V. Hasil yang didapatkan sebagai berikut.

Tabel 1
Tabel kalibrasi sensor

No	Tegangan Input (V)	Tegangan peak to peak (V)
1	100	556
2	105	558
3	110	559
4	115	561
5	120	563
6	125	565
7	130	567
8	135	569
9	140	571
10	145	573
11	150	575
12	155	576
13	160	578
14	165	581
15	170	583
16	175	584
17	180	586
18	185	588
19	190	590
20	195	591
21	200	593

No	Tegangan Input (V)	Tegangan peak to peak (V)
22	205	595
23	210	597
24	215	599
25	220	601
26	225	602
27	230	605
28	235	607
29	240	608
30	245	609
31	250	611

Berdasarkan tabel didapatkan grafik linieritas sensor tegangan dan persamaan linieritas dari sensor dengan menggunakan Microsoft Excel. Dalam pengujian linieritas variabel yang dicari adalah tegangan input terhadap tegangan output sensor tegangan.



Gambar 9. Grafik Linieritas Sensor Tegangan

Dari gambar 9 dapat dilihat nilai R^2 atau nilai korelasi untuk sensor tegangan adalah 0.9992, memiliki tingkat hubungan linieritas yang sangat tinggi. Dikatakan nilai linieritas sangat rendah dikarenakan nilai hubungan atau korelasi antara dua variabel yang dibandingkan antara pembacaan dari sensor dan tegangan input memiliki nilai korelasi antara 0.8 sampai dengan 1. Berdasarkan grafik dengan persamaan $y = 0.3763x + 518.11$, digunakan untuk mengakses sensor.

2) Pengujian Sensor Tegangan

Pengujian ini dilakukan dengan mengukur tegangan dengan mengubahnya dari tegangan 150V-250V, dengan membandingkan hasil pengukuran dari sensor terhadap Voltmeter digital. Hasil pengujian pada tabel 2.

Tabel 2

Data hasil pengujian sensor tegangan

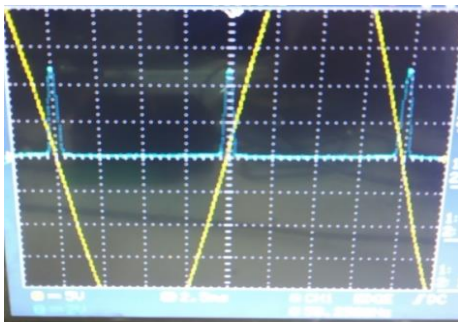
No	Voltmeter (V)	Sensor (V)	Error (%)
1	152	152	0
2	160	160	0
3	170	170	0
4	181	181	0
5	190	190	0
6	200	201	0.497
7	210	211	0.473

8	221	222	0.450
9	230	230	0
10	240	241	0.41
11	251	251	0
Rata-rata			0.181

Nilai presentasi kesalahan (*Error*) dalam pengujian sensor tegangan tersebut dengan *error* rata-rata adalah 0.181% sehingga sensor tegangan yang sudah dikalibrasi dapat digunakan.

B. Pengujian Zero Crossing Detector

Pengujian ini untuk memastikan *Zero Crossing Detector* pada rangkaian bekerja dengan baik dengan menampilkan gelombang output dari rangkaian. Dapat dilihat pada gambar 10.

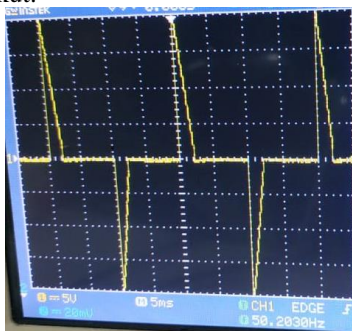


Gambar 10. Gelombang *zero crossing detector* dan sinusoidal 220 Volt

Pada gambar diatas *zero crossing* ditunjukkan pada gelombang berwarna biru dan berwarna kuning merupakan tegangan AC. *Zero crossing* mencari persilangan nol dengan tegangan 5 VDC, frekuensi 50 Hz. *Zero crossing detector* mendeteksi persilangan nol setiap setengah gelombang.

C. Pengujian Keluaran Dimmer

Pengujian Dimmer disini dengan mengubah-ubah nilai PWM dan mengukur outputnya dengan osiloskop. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah output dari dimmer sudah bekerja dengan baik dengan menghitung nilai frekuensi dan tegangan dimmer dari gelombang output osiloskop. Adapun hasil pengujian sebagai berikut.



Gambar 11. Output dimmer *duty cycle* 45%

Menghitung nilai periode dengan :

$$T = \sum \text{kotak Horizontal} \times \text{Time/div}$$

$$= 4 \times \frac{5}{1 \times 10^{-3}}$$

$$= 0.02$$

Menghitung nilai frekuensi dengan :

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0.02} = 50 \text{ Hz}$$

Menghitung nilai tegangan puncak ke puncak:

$$V_{pp} = \sum \text{kotak Vertikal} \times \text{Volt/div}$$

$$= 8 \times 50$$

$$= 400 \text{ V}$$

Menghitung nilai tegangan puncak dengan :

$$V_p = \frac{V_{pp}}{2} = \frac{400}{2} = 200 \text{ V}$$

Menghitung nilai tegangan asli dengan :

$$V_{rms} = V_p \times \sqrt{2}$$

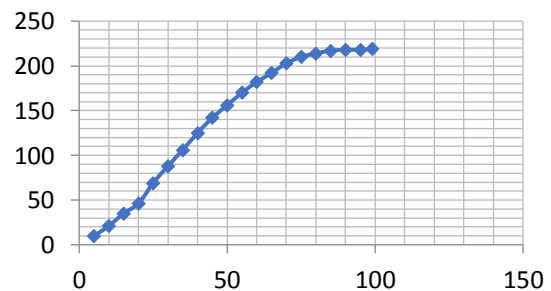
$$= 200 \times \sqrt{2}$$

$$= 141.42 \text{ V}$$

Tabel 3
Hasil keluaran PWM

Duty Cycle (%)	Tegangan Output (V)
99	219
95	218
90	218
85	217
80	214
75	210
70	203
65	192
60	182
55	170
50	156
45	142
40	125
35	106
30	88
25	69
20	46
15	35
10	21
5	10

Grafik pada gambar 10 merupakan hasil dari data tabel 3



Gambar 12. Grafik hubungan Tegangan Keluaran dan *Duty Cycle*

Pada pengujian, dimmer dapat menurunkan tegangan sesuai dengan nilai *duty cycle* yang diberikan. Dimmer memotong gelombang sinusoidal tetapi tidak merubah nilai frekuensi yang ada sehingga dimmer dapat digunakan pada sistem.

D. Pengujian keseluruhan

Pada pengujian keseluruhan dengan alat ukur multimeter apakah keluaran dari sistem sudah sesuai dengan *setpoint* yang telah ditentukan masukkan yang digunakan 220-250. Berdasarkan pengujian ini didapatkan hasil pada tabel 4.

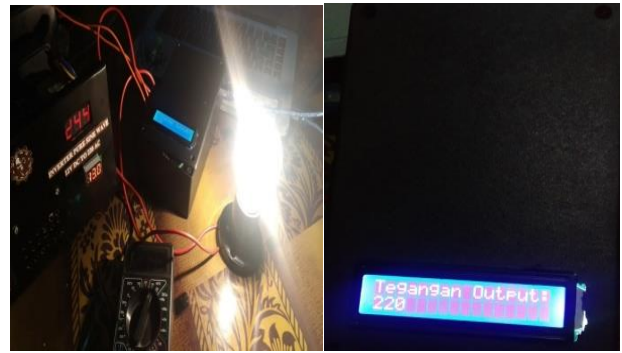


Gambar 13. Hasil Pengukuran Keluaran Sistem

Tabel 4
Hasil pengukuran *output* sistem

Tegangan <i>Input</i> (V)	Tegangan <i>Output</i> (V)
195	194
198	197
200	198
220	219
223	220
226	220
229	220
232	219
235	219
238	219
241	219
244	219
247	220
250	219

Berdasarkan data dari pengujian keseluruhan, sistem dapat berjalan sesuai dengan yang diinginkan. Dengan mengubah nilai input sistem dapat menurunkan tegangan berada pada *setpoint* yang diinginkan. Pada proses menghilangkan nilai error terjadi osilasi pada mikrokontroler. Walaupun terjadi osilasi tidak mempengaruhi cahaya lampu. Proses dari pengujian keseluruhan pada lampiran 4. Gambar 13 merupakan tampilan dari alat yang sudah disusun rapid an diuji.



Gambar 14. Auto Voltage Regulator

V. KESIMPULAN

Dari percobaan dan pembahasan pada bab sebelumnya didapat beberapa kesimpulan antara lain:

- 1) Penggunaan sensor ZMPT101B baik digunakan untuk pengukuran tegangan dimana memiliki sensitifitas tinggi.
- 2) Hasil dari kalibrasi sensor sudah linier dengan hasil pembacaan alat ukur dengan *error* rata-rata 0.181%.
- 3) Perancangan dan program dari alat sudah sesuai dengan kebutuhan, berdasarkan hasil pengujian sistem dapat menurunkan tegangan.
- 4) Alat dapat bekerja dengan baik sesuai dengan yang diharapkan dimana ketika tegangan melebihi dari 220 VAC maka alat akan menurunkan tegangan secara otomatis.

REFERENSI

- [1] Nurdin, A. A. (2018). Peranan Automatic Voltage Regulator Sebagai Pengendali Tegangan Generator Sinkron. *Jurnal Ampere*, 164-173.
- [2] Kamal, A. M., & Subhan. (2017). Penerapan Automatic Voltage Regulator pada. *Seminar Nasional dan Expo Teknik Elektro* (pp. 1-7). Aceh: Teknik Elektro Politeknik Negeri Lhokseumawe.
- [3] Darmana, I. (2015). Perbaikan Jatuh Tegangan Dengan Pemasangan Automatic Voltage Regulator. *Jurnal IPTEKS Terapan*, 242-151.
- [4] Habibnur, Y., Warsito, A., & Setiawan, I. (2018). Perancangan Automatic Voltage Regulator (Avr) Berbasis Pengaturan Tegangan Catu Daya Arus Searah Inverter 1 Fase Sinusoidal Pulse Width Modulation (SPWM) Sinewave. *TRANSIENT*, 334-340.
- [5] Pamungkas, T. D., Haddin, M., & Rijanto3, E. (2017). Modifikasi Topologi Pengendali PID untuk Automatic. *JNTETI*, 380-385.
- [6] Ramadhani, A. (2014). Desain Model Sistem Eksitasi Type 1 Pada Generator Sinkron Menggunakan Kontrol Fuzzy Logic. *Jurnal intake*, 10-18.
- [7] Sandi, B. D., Hakim, L., & Gusmedi, H. (2016). Studi Pemasangan Step Voltage Regulator dengan Model Injeksi Daya pada Jaringan Menengah 20 KV Penyulang Katu Gardu Induk Menggala. *ELECTRICIAN – Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro*, 129-139.