

DISAIN DAN APLIKASI PENGATUR TEGANGAN AC SATU FASA (*Design and Aplication AC Voltage Controller Single Phase*)

Effendi

Teknik Elektronika Industri Politeknik Aceh
Jl. Politeknik Aceh, Pango Raya, Banda Aceh 23119
email: effendi.bmk@gmail.com

ABSTRAK

Pengatur Tegangan AC satu fasa ini disusun dengan menggunakan komponen SCR TIC126, dioda, IC Regulator, Op-Amp LM324N, dan beberapa komponen elektronika lainnya. Modul ini dapat menghasilkan tegangan AC yang bervariasi sesuai dengan sudut penyalan SCR yang digunakan sementara frekuensi gelombang tegangan output yang dihasilkan tetap, analisa gelombang tegangan output pada penelitian ini dilakukan secara simulasi dengan menggunakan program PSIM, matematis, serta membandingkan dengan hasil pengukuran, adapun parameter yang diukur yaitu tegangan output V_{rms} . Selisih tegangan hasil simulasi, matematis dan pengukuran tidak terlalu besar, adapun sudut pentriggeran yang dilakukan pada sudut 45° , 60° , 90° , 135° , dimana beban yang digunakan bersifat resistif sebesar $5\ W\ 100\ \Omega$, dan sumber yang digunakan bertegangan AC rendah $12,8\ V$ dengan frekuensi $50\ Hz$.

Kata kunci : Pengatur tegangan AC, PSIM, SCR, and Op-Amp LM324N.

ABSTRACT

This single phase AC Voltage controller is arranged using such SCR TIC126, diodes, IC Regulators, Op-Amp LM324N, and several other electronic components. This module can produce AC voltages that vary according to the triggering of the SCR angle that is used, while the frequency of the output voltage waveform is fixed, the analysis of the output voltage waveform in this research is carried out in a simulation form by using the PSIM program, mathematically, and then comparing with the measurement results, as for the parameters measured is the V_{rms} output voltage. The voltage difference between simulated, mathematical and measurement is not too large, as for the triggering angle that used at of 45° , 60° , 90° , 135° , where the load used is resistive at $5\ W\ 100\ \Omega$, and the source that used is low AC voltage of $12.8\ volts$ with a frequency of $50\ Hz$.

Keywords: AC Voltage controller, PSIM, SCR, and Op-Amp LM324N.

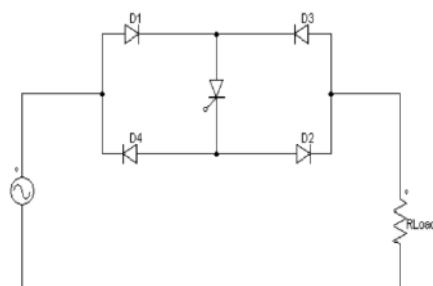
1. PENDAHULUAN

Elektronika daya merupakan salah satu bidang ilmu yang mempelajari dan membahas aplikasi elektronika yang berkaitan dengan peralatan listrik yang berdaya besar seperti pemanas industri, pengatur kecepatan motor AC dan lain-lain [1][2]. Salah satu materi yang dipelajari di dalam elektronika daya adalah konverter AC ke AC, pada penelitian ini penulis mendisain salah satu prototipe konverter AC ke AC dengan konsep frekuensi tetap namun tegangan output bervariasi, dengan memanfaatkan komponen SCR besar sudut trigger dapat dikendalikan sehingga nilai tegangan V_{rms} output dapat diatur sesuai dengan kebutuhan, dimana sistem ini menggunakan beban yang bersifat resistif.

2. METODE PENELITIAN

Konverter elektronika daya AC ke AC secara umum berfungsi untuk menerima daya dalam bentuk arus bolak balik yang memiliki frekuensi dan amplitudo tetap kemudian dirubah untuk diteruskan ke sistem yang membutuhkan tegangan AC baik dengan

amplitudo maupun frekuensi yang berbeda. Konverter AC ke AC dapat menghasilkan tegangan rms yang bervariasi pada beban dengan frekuensi tetap dikenal dengan istilah pengatur tegangan AC (*AC voltage controllers*) [1][2][3]. Gambar 1 merupakan konsep dasar rangkaian pengontrol tegangan AC.



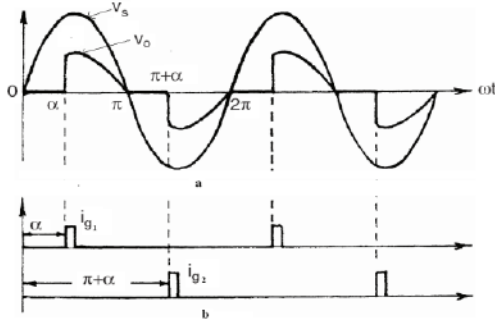
Gambar. 1 Konsep Dasar pengontrol tegangan AC [1][2].

Secara umum sistem kerja Gambar 1 dapat dilihat pada Tabel 1, sistem ini bekerja pada dua siklus yaitu siklus positif (+) dan siklus negatif (-), dimana komponen yang bekerja pada siklus positif adalah D1, D2, dan SCR, sedangkan komponen yang bekerja pada siklus negatif adalah D2, D3, dan SCR [1][2][3].

Tabel 1 Tabel Konduksi

Siklus	D1	D2	D3	D4	SCR
Positif	1	1	0	0	1
Negatif	0	0	1	1	1

Pada saat SCR ditrigger sebesar sudut α maka akan menghasilkan output gelombang tegangan (V_o) pada sisi siklus positif, sementara pada sisi siklus negatif ditrigger pada sudut $\pi + \alpha$ seperti ditunjukkan pada Gambar 2 [2], dimana beban yang digunakan pada penelitian ini bersifat resistif.



Gambar 2 (a) Gelombang tegangan input (V_s) dan output (V_o), (b) Gelombang pentriggeran SCR [2]

Tegangan RMS atau tegangan efektif adalah tegangan yang menunjukkan nilai rata-rata dari akar kuadrat gelombang tegangan yang periodik, secara matematis dapat ditulis dengan persamaan (1) berikut ini [2][3]:

$$V_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T} [\int_{\alpha}^{\pi} v(t)^2 \cdot dt + \int_{\pi+\alpha}^{2\pi} v(t)^2 \cdot dt]} \quad (1)$$

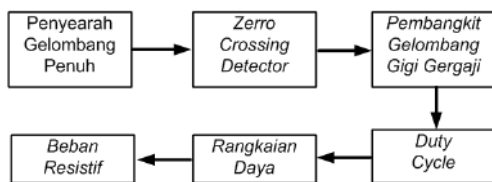
dimana:

V_{rms} = Tegangan RMS (Volt)

T = Periode dari gelombang output (s)

$v(t)$ = persamaan gelombang output terhadap fungsi waktu

Disain rangkaian pengontrol tegangan AC satu fasa pada penelitian ini dibangun dengan mengikuti blok diagram seperti ditunjukkan pada Gambar 3 berikut.

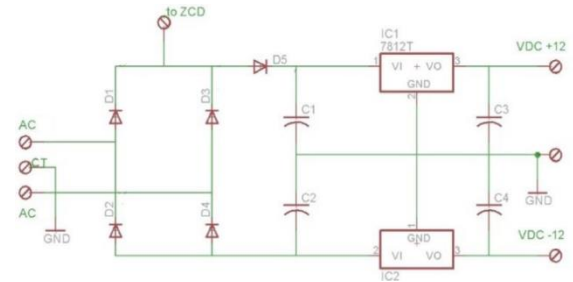


Gambar 3 Blok Diagram Sistem

Rangkaian Catu Daya

Penyearah gelombang penuh berfungsi untuk mengubah sinyal tegangan AC (*Alternating Current*) menjadi tegangan DC (*Direct Current*) yang berfungsi untuk memberikan sumber tegangan keseluruhan komponen pada rangkaian kontrol, dimana rangkaian

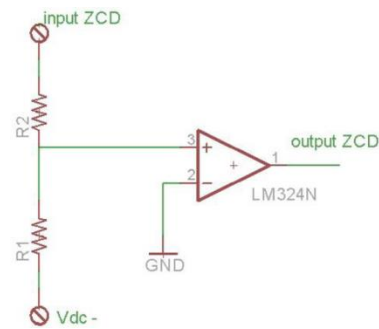
penyearah ini disusun dengan menggunakan komponen diode kapasitor dan IC regulator LM7812 dan LM7912, untuk menghasilkan tegangan DC +12 V dan -12V, output penyearah gelombang penuh ini juga digunakan sebagai input untuk rangkaian *Zero Crossing Detector* (ZCD) seperti ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4 Rangkaian Penyearah Gelombang Penuh

Rangkaian Zero Crossing Detector (ZCD)

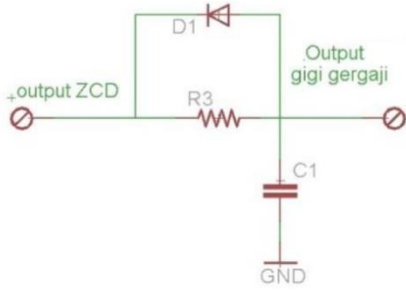
Rangkaian *zero crossing detector* berfungsi untuk mendeteksi peralihan pada saat arus jala-jala berada pada kondisi nol [2][3], ketika rangkaian ini mendeteksi arus sebesar nol maka output dari IC akan menghasilkan output berupa pulsa sempit pada saat terjadi persilangan nol pada tegangan AC yang dideteksi. Rangkaian ini disusun dengan menggunakan IC LM 324 yang difungsikan sebagai komparator [5] seperti pada Gambar 5 output dari rangkaian selanjutnya dihubungkan dengan rangkaian pembangkit gelombang gigi gergaji.



Gambar 5 Rangkaian ZCD

Rangkaian Pembangkit Gigi Gergaji

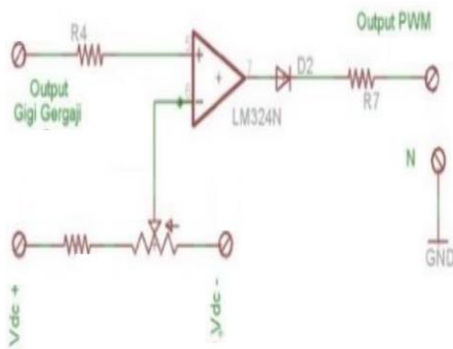
Output dari rangkaian *zero crossing detector* selanjutnya dihubungkan dengan rangkaian gigi gergaji, rangkaian ini disusun dengan menggunakan beberapa komponen seperti kapasitor, diode dan resistor seperti pada Gambar 6 output dari rangkaian ini selanjutnya dihubungkan dengan rangkaian *duty cycle*.



Gambar 6 Rangkaian Pembangkit Gigi Gergaji

Rangkaian Duty Cycle

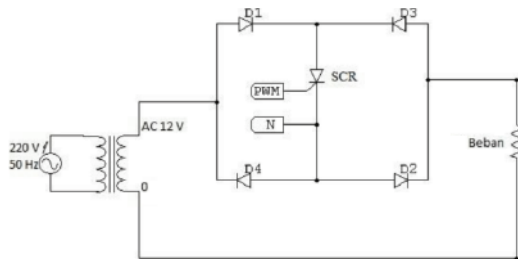
Rangkaian duty cycle ini menggunakan beberapa komponen elektronika seperti resistor, IC Op-Amp LM 324N, dan diode, serta potensio yang berfungsi untuk mengatur lebar pulsa PWM yang digunakan sebagai sudut penyulut (*Trigger*) SCR perti ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7 Rangkaian *Duty Cycle*

Rangkaian Daya

Rangkaian daya pengatur tegangan AC terdiri dari beberapa komponen elektronika yaitu empat buah dioda, serta menggunakan satu buah SCR TIC126, sementara untuk beban menggunakan resistor 5W/100 Ω seperti ditunjukkan pada Gambar 8.



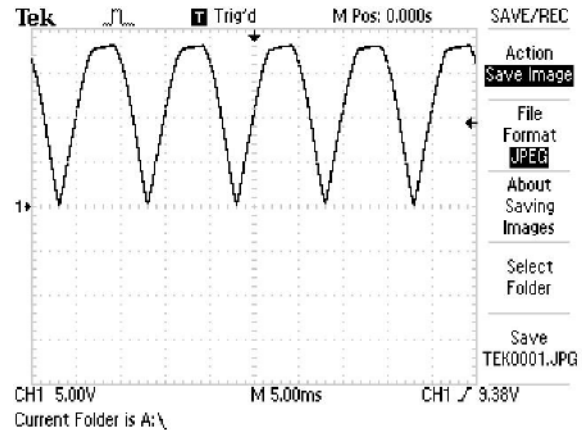
Gambar 8 Rangkaian Daya[2]

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Rangkaian Catu Daya

Bentuk gelombang setelah melewati diode jembatan dapat dilihat pada Gambar 9, gelombang ini selanjutnya digunakan sebagai input untuk rangkaian ZCD, untuk menghasilkan tegangan output DC+ 12V dan - 12V maka gelombang ini dihubungkan dengan

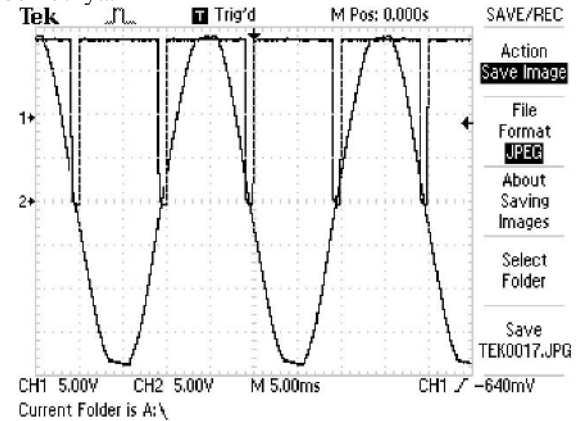
filter kapasitor dan IC regulator LM7812 dan LM7912.



Gambar 9 Output penyearah gelombang penuh

Pengujian Rangkaian Zero Crossing Detector (ZCD)

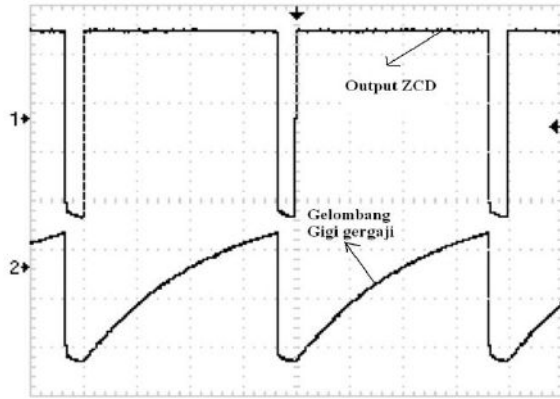
Hasil pengukuran pada rangkaian ini dapat dilihat pada Gambar 10 dapat dilihat proses dimana rangkaian zero crossing detector akan mulai bekerja pada saat tegangan sinus melintasi titik nol dan akan berhenti pada saat tegangan sinus melintasi titik nol berikutnya.



Gambar. 10 Output ZCD

Pengujian Rangkaian Pembangkit Gigi Gergaji

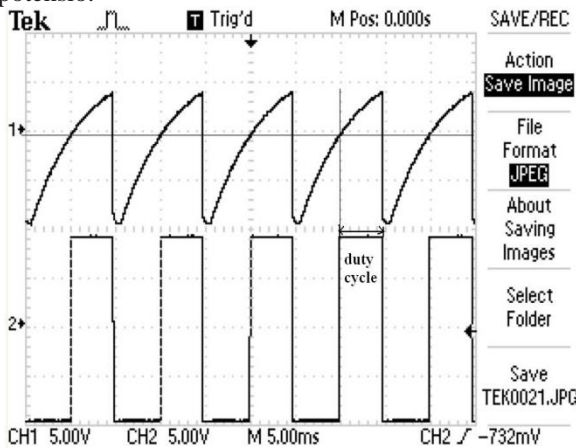
Pada saat pulsa sesaat yang dihasilkan oleh ZCD telah diterima maka rangkaian pembangkit gigi gergaji akan menghasilkan gelombang berbentuk gergaji tepat pada saat pulsa sesaat tersebut mulai muncul seperti ditunjukkan pada Gambar 11.



Gambar 11 Output gelombang gigi gergaji

Pengujian Rangkaian Duty Cycle

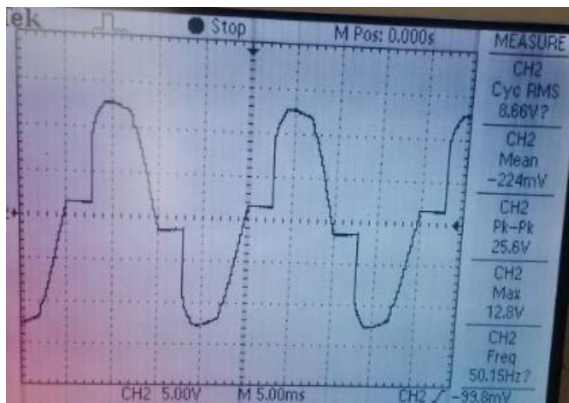
Hasil pengukuran pada Rangkaian duty cycle dapat dilihat pada Gambar 12, dimana lebar pulsa duty cycle akan berubah sesuai hasil komparasi gelombang gigi gergaji dengan tegangan dari perubahan nilai tahanan potensio.



Gambar 12 Output pada rangkaian duty cycle

Pengujian Rangkaian Daya

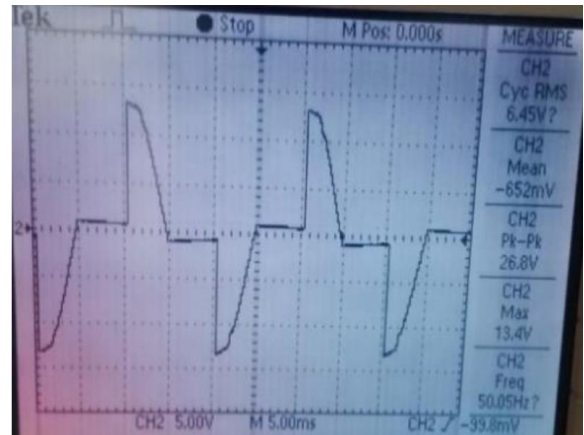
Pengujian pada rangkaian daya bertujuan untuk melihat kinerja dari rangkaian pengontrol tegangan AC, adapun sudut yang diamati yaitu 45°, 60°, 90°, dan 135°. Adapun tegangan maksimum dari sumber AC yang akan diatur sebesar 12,8 Volt. Hasil pengukuran dapat dilihat pada Gambar 13 hingga Gambar 16 berikut.



Gambar 13 Hasil pengukuran pada sudut 45°



Gambar 14 Hasil pengukuran pada sudut 60°



Gambar 15 Hasil pengukuran pada sudut 90°



Gambar 16 Hasil pengukuran pada sudut 135°

ANALISIS SECARA MATEMATIS

Analisis secara matematis dilakukan pada sudut 45°, 60°, 90°, dan 135° dengan menggunakan persamaan (1), dimana tegangan maksimum sumber AC yang digunakan sebesar 12,8 Volt.

VRMS untuk Sudut 45°

$$V_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T v(t)^2 dt}$$

$$V_{rms} = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \left[\int_{45^\circ}^{180^\circ} (12,8 \sin t)^2 dt + \int_{225^\circ}^{360^\circ} (12,8 \sin t)^2 dt \right]}$$

$$V_{rms} = 8,63 \text{ Volt}$$

Vrms untuk Sudut 60°

$$V_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T V(t)^2 dt}$$

$$V_{rms} = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \left[\int_{60^\circ}^{180^\circ} (12,8 \sin t)^2 dt + \int_{240^\circ}^{360^\circ} (12,8 \sin t)^2 dt \right]}$$

$$V_{rms} = 8,12 \text{ Volt}$$

Vrms untuk Sudut 90°

$$V_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T V(t)^2 dt}$$

$$V_{rms} = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \left[\int_{90^\circ}^{180^\circ} (12,8 \sin t)^2 dt + \int_{270^\circ}^{360^\circ} (12,8 \sin t)^2 dt \right]}$$

$$V_{rms} = 6,4 \text{ Volt}$$

Vrms untuk Sudut 135°

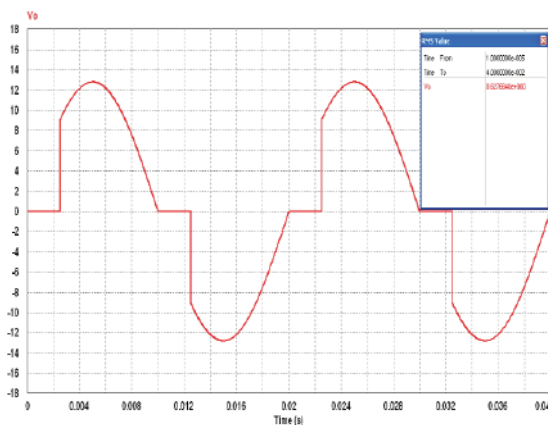
$$V_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T V(t)^2 dt}$$

$$V_{rms} = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \left[\int_{135^\circ}^{180^\circ} (12,8 \sin t)^2 dt + \int_{315^\circ}^{360^\circ} (12,8 \sin t)^2 dt \right]}$$

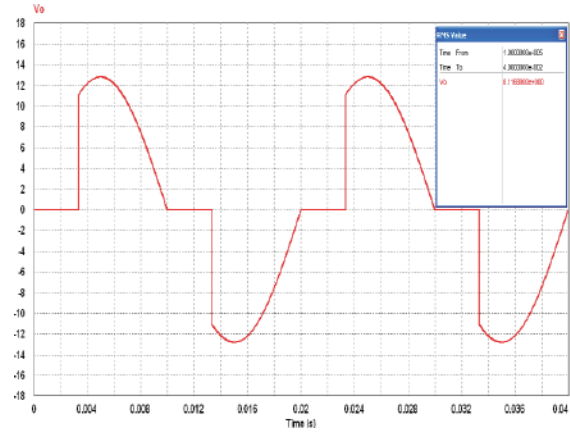
$$V_{rms} = 2,726 \text{ Volt}$$

ANALISIS SECARA SIMULASI

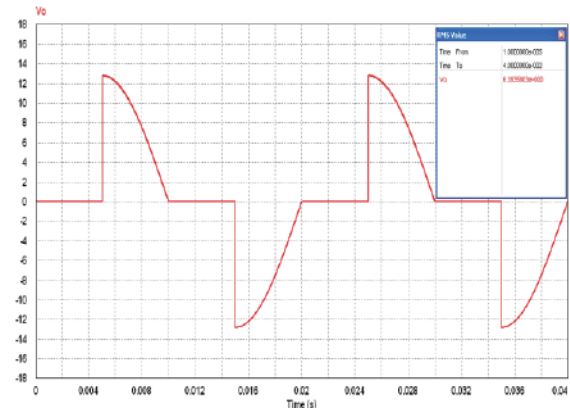
Analisi secara simulasi dilakukan dengan menggunakan program PSIM, adapun bentuk gelombang outputnya dapat dilihat pada Gambar 17 hingga Gambar 20 berikut.



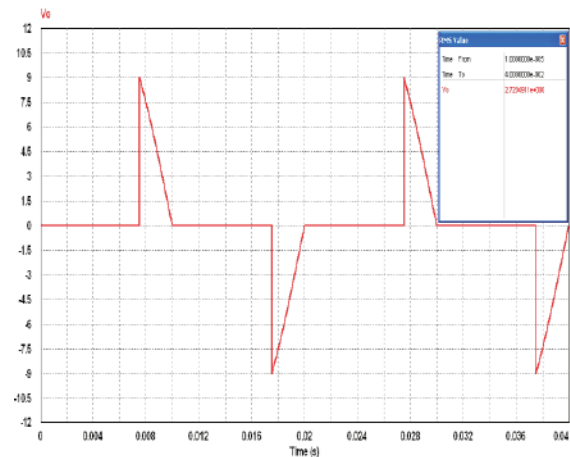
Gambar 17 Hasil pengukuran pada sudut 45°



Gambar 18 Hasil pengukuran pada sudut 60°



Gambar 19 Hasil pengukuran pada sudut 90°



Gambar 20 Hasil pengukuran pada sudut 135°

Pembahasan

Perbandingan tegangan output Vrms dari gelombang AC yang dikontrol ini baik secara pengukuran, simulasi, dan matematis dapat dilihat pada Tabel 2 dimana antara hasil pengukuran, simulasi, dan matematis tidak memiliki selisih yang terlalu jauh, sementara untuk sudut 135° memiliki perbedaan sebesar 0,28 Volt hal ini dipengaruhi oleh faktor ketidakakuratan dalam pengamatan atau pembacaan sudut gelombang AC pada osiloskop.

Table 1. Perbandingan Tegangan Vrms

No	Sudut Triger	Tegangan Output Vrms (Volt)		
		Pengukuran	Simulasi	Matematis
1	45°	8,66	8,63	8,63
2	60°	8,11	8,12	8,12
3	90°	6,45	6,39	6,4
4	135°	3	2,72	2,72

4. KESIMPULAN

Rangkaian pengontrol tegangan AC satu fasa ini dapat menghasilkan bentuk gelombang AC yang memiliki frekuensinya tetap sementara tegangan rms yang dihasilkan bervariasi sesuai dengan sudut yang diinginkan dimana nilai antara pengukuran dan simulasi tidak memiliki perbedaan yang jauh.

5. SARAN

Pengaturan sudut triger masih dilakukan secara visual sehingga memungkinkan perbedaan hasil pengukuran antara satu orang dengan yang lainnya, untuk mengatasi hal ini rangkaian perlu dilengkapi dengan pengatur sudut triger SCR secara digital.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. S. Kumar, B. Mahendar, M. Shruthi, "Design and Implementasi of AC Chopper", International Journal of Emerging Engineering Research and Technology, Volume 2, Issue 1, pp. 36-41, April 2014.
- [2] M. H Rashid, "Power Electronics circuits, devices, and applications", 3th Ed, New Jersey, Person Prentice Hall, 2004.
- [3] M. D. Singh, K. B. Khanchandani, "Power Electronics", 2nd Ed, New Delhi, Tata McGraw Hill, 2007.
- [4] D. W. Hart, "Power Electronics", New York, Mc Graw Hill, 2011.
- [5] Data Sheet LM 324, Available: http://www.onsemi.com/pub_link/Collateral/LM324-D.PDF.