

# DISAIN DAN APLIKASI RANGKAIAN TRIGER SCR UNTUK PENYEARAH TERKENDALI SATU FASA (*Design and Implementation SCR Trigger Circuit For Single Phase Controlled Rectifiers*)

Effendi<sup>1</sup>, Fitriady<sup>2</sup>  
Teknologi Elektronika Politeknik Aceh<sup>1,2</sup>  
Jl. Politeknik Aceh, Pango Raya, Banda Aceh 23119  
email: [effendi@politeknikaceh.ac.id](mailto:effendi@politeknikaceh.ac.id)

## ABSTRAK

Rangkaian pentrigger SCR ini dibangun dengan menggunakan Op-Amp LM324N, dioda, IC Regulator, serta beberapa komponen elektronika lainnya, rangkaian ini berfungsi untuk mengaktifkan SCR sesuai dengan sudut pentriggeran yang diinginkan dengan cara memutar potensio pada rangkaian duty cycle, perubahan nilai tegangan dari potensio selanjutnya akan dibandingkan dengan gelombang yang dihasilkan oleh rangkaian pembangkit gigi gergaji dengan menggunakan Op-Amp dan menghasilkan bentuk gelombang pulsa yang dapat diatur, selanjutnya dihubungkan dengan rangkaian isolasi berupa transformator yang memiliki lilitan terpisah disisi sekundernya. Rangkaian pentriggeran ini dirancang untuk menggerakkan rangkaian penyearah terkendali satu fasa setengah gelombang maupun penyearah terkendali gelombang penuh dengan beban yang digunakan bersifat resistif, adapun bentuk gelombang output pada beban diamati secara visual dengan menggunakan osciloscop, sehingga tingkat akurasi yang dihasilkan akan berbeda-beda untuk pengujian pada satu sudut pentriggeran yang sama oleh beberapa orang yang berbeda.

**Kata kunci :** Triger SCR, Penyearah Terkendali, Op-Amp LM324N.

## ABSTRACT

*This SCR trigger circuit was constructed by using Op-Amp LM324N, diodes, IC Regulator, and some others electronics equipment, this circuit used to activate SCR according to triggering angle desired by turning potensio on the duty cycle circuit, the changes of voltage value from potensio furthermore will be compared with the wave that produced by the sawtooth generator circuit with using an Op-Amp, it can producing an adjustable pulse waveform, futhermore connected to an isolation circuit in the form of a transformer which has a separate coil on the secondary side. This triggering circuit is designed to drive a single phase half wave controlled rectifier or full wave controlled rectifier that use a resistive load, as for the output waveform at the load is observed visually by using osciloscop, so that the level of accuracy produced will vary for testing at the same triggering angle by several different people.*

**Keywords:** SCR trigger, controlled rectifier, Op-Amp LM324N

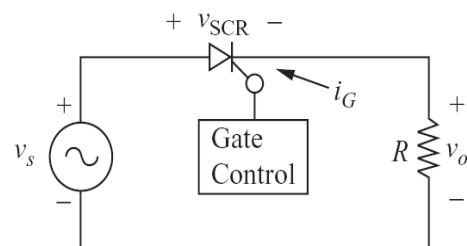
## 1. PENDAHULUAN

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 DC. Salah satu materi yang dipelajari di dalam elektronika daya adalah konverter AC ke DC yang dapat dikendalikan dengan menggunakan komponen elektronika berupa SCR [1][2]. Penyearah terkendali (*controlled rectifier*) merupakan rangkaian elektronika daya yang berfungsi untuk mengubah tegangan sumber arus bolak-balik dalam bentuk sinus menjadi tegangan searah yang dapat dikendalikan dengan dengan cara mengatur sudut pentriggeran SCR [1][2][3].

Pada penelitian ini penulis mendisain rangkaian triger SCR untuk kebutuhan penyearah terkendali satu fasa dengan beban resistif, di mana perubahan sudut trigger SCR dapat dikendalikan dengan menggunakan komponen potensio.

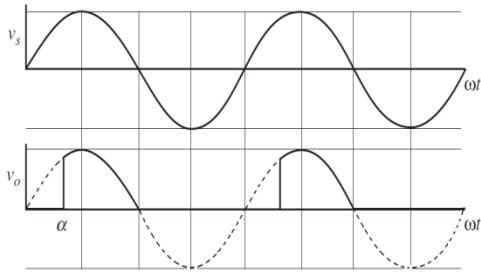
## 2. METODE PENELITIAN

Rangkaian penyearah terkendali setengah gelombang satu fasa dapat dilihat pada Gambar 1, sementara bentuk gelombang output dari rangkaian ini ditunjukkan pada Gambar 2.



**Gambar 1** Penyearah terkendali setengah gelombang [3].

Bentuk gelombang output dari masing-masing penyearah tersebut dapat diatur sesuai dengan perubahan besar sudut trigger ( $\alpha$ ) SCR yang digunakan dengan menggunakan beban yang bersifat resistif maka bentuk gelombang arus dan gelombang tegangan yang dihasilkan akan sefasa [1][2][3].



Gambar 2 Gelombang input dan output untuk beban resistif [3].

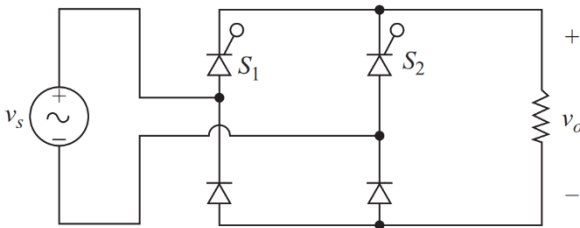
Secara matematis besar tegangan output rata-rata dapat dicari dengan menggunakan persamaan (1) [1][2][3].

$$V_o = \frac{1}{2\pi} \int_{\alpha}^{\pi} V_m \sin(\omega t) d(\omega t) = \frac{V_m}{2\pi} (1 + \cos \alpha) \dots (1)$$

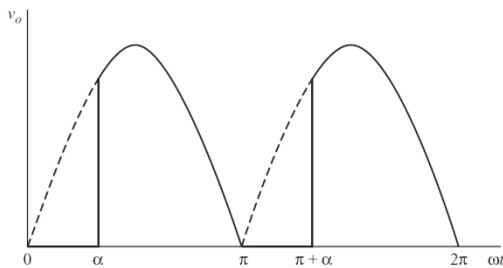
di mana:

- $V_m$  = Nilai tegangan puncak (Volt).
- $\alpha$  = Besar sudut *trigger* SCR.
- $V_o$  = Tegangan rata-rata output (Volt).

Rangkaian penyearah terkendali gelombang penuh pada penelitian ini menggunakan dua buah SCR dan dua buah diode seperti ditunjukkan pada Gambar 3. sementara bentuk gelombang output dari rangkaian ini dapat dilihat pada Gambar 4 [2].



Gambar 3 Penyearah terkendali gelombang penuh [2].



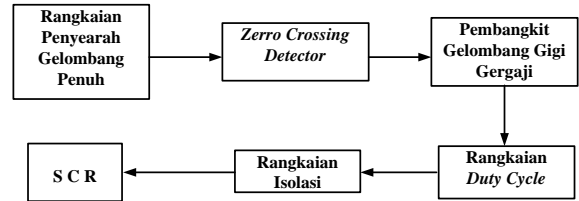
Gambar 4 Gelombang output untuk beban resistif [2].

Besar tegangan output yang dihasilkan dari rangkaian penyearah gelombang penuh satu fasa ini dapat dicari dengan menggunakan persamaan (2), dimana beban yang digunakan bersifat resistif.

$$V_o = \frac{1}{\pi} \int_{\alpha}^{\pi} V_m \sin(\omega t) d(\omega t) = \frac{V_m}{\pi} (1 + \cos \alpha) \dots (2)$$

Disain rangkaian triger untuk SCR yang digunakan pada penyearah terkendali satu fasa baik untuk keperluan setengah gelombang maupun untuk gelombang penuh

secara blok diagram sistem ini dapat dibagi menjadi beberapa bagian seperti ditunjukkan pada Gambar 5.

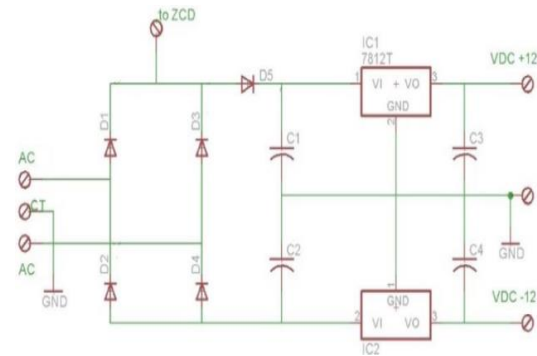


Gambar 5 Blok diagram sistem

**Penyearah Gelombang Penuh**

Penyearah gelombang penuh seperti ditunjukkan pada Gambar 6 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), adapun gelombang yang digunakan untuk keperluan ZCD adalah gelombang yang belum mendapat filter, diode D5 pada rangkaian penyearah gelombang penuh difungsikan sebagai pembatas agar bentuk gelombang yang menuju rangkaian ZCD tidak terfilter oleh kapasitor.

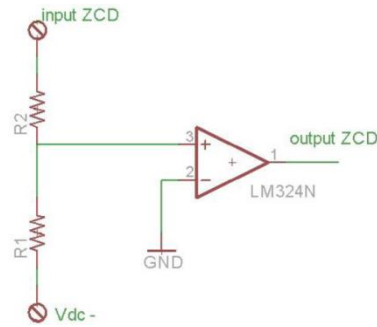


Gambar 6 Rangkaian penyearah gelombang penuh

**Rangkaian Zero Crossing Detector (ZCD)**

Rangkaian *zero crossing detector* berfungsi untuk mendeteksi peralihan pada saat arus jala-jala berada pada kondisi nol [1][2], 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.

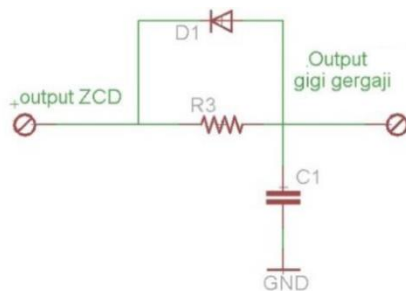
Rangkaian ZCD ini disusun dengan menggunakan IC LM 324 yang difungsikan sebagai komparator [5] seperti ditunjukkan pada Gambar 7 output dari rangkaian selanjutnya dihubungkan dengan rangkaian pembangkit gelombang gigi gergaji.



Gambar 7 Rangkaian ZCD

**Rangkaian Pembangkit Gigi Gergaji**

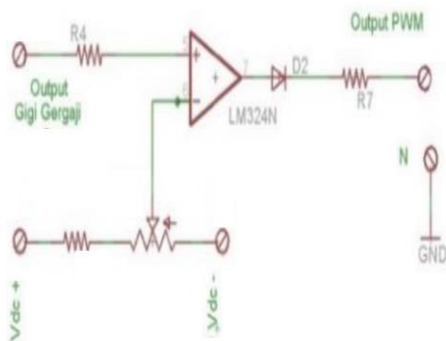
Output dari rangkaian *zero crossing detector* selanjutnya dihubungkan dengan rangkaian gigi gergaji, rangkaian ini disusun dengan menggunakan beberapa komponen seperti kapasitor, diode dan resistor seperti pada Gambar 8 output dari rangkaian ini selanjutnya dihubungkan dengan rangkaian *duty cycle*.



Gambar 8 Rangkaian pembangkit gigi gergaji

**Rangkaian Duty Cycle**

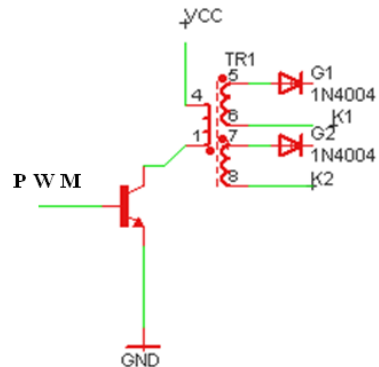
Rangkaian *duty cycle* ini menggunakan beberapa komponen elektronika seperti resistor, IC Op-Amp LM 324N, dan diode, serta potensio yang berfungsi untuk mengatur lebar pulsa PWM (*Pulse Width Modulation*) yang digunakan sebagai sudut penyulut (*Trigger*) SCR per ti ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 9 Rangkaian Duty Cycle

Rangkaian isolasi dibentuk dengan menggunakan satu buah transformator yang digerakkan oleh perubahan PWM dengan menggunakan satu buah transistor dan beberapa diode seperti ditunjukkan pada Gambar 10. Rangkaian ini difungsikan sebagai pembatas antara rangkaian triger

dengan rangkaian beban hal ini bertujuan untuk melindungi rangkian triger dari arus atau tegangan yang berlebih yang berasal dari sumber rangkaian beban, dengan demikian rangkaian kontrol SCR tidak rusak.

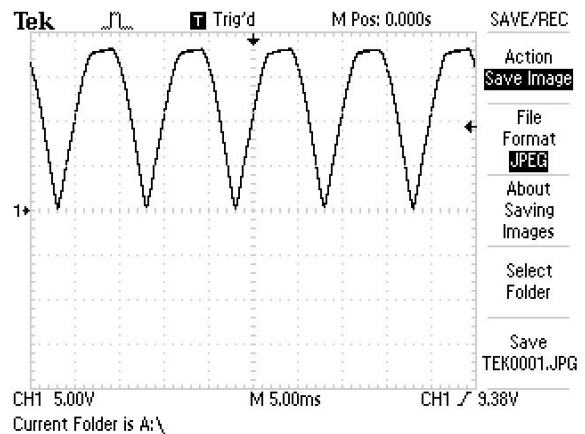


Gambar 10 Rangkaian isolasi

**3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Pengujian Rangkaian Catu Daya**

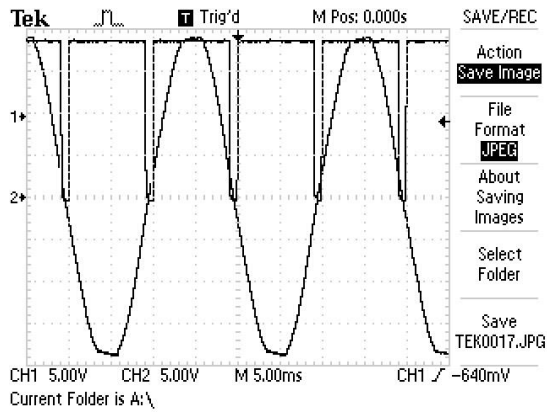
Bentuk gelombang setelah melewati diode jembatan dapat dilihat pada Gambar 11, gelombang ini selanjutnya digunakan sebagai input untuk rangkaian ZCD, untuk menghasilkan tegangan output DC+ 12V dan - 12V maka gelombang ini dihubungkan dengan filter kapasitor dan IC regulator LM7812 dan LM7912.



Gambar 11 Output penyearah gelombang penuh

**Pengujian Rangkaian Zero Crossing Detector (ZCD)**

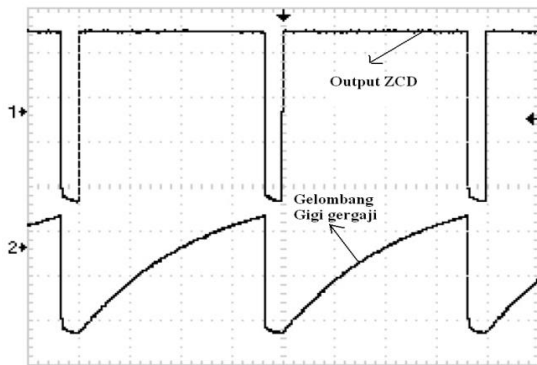
Hasil pengukuran pada rangkaian ini dapat dilihat pada Gambar 12 dapat dilihat proses dimana rangkaian ZCD akan mulai bekerja pada saat tegangan sinus melintasi titik nol dan akan berhenti pada saat tegangan sinus melintasi titik nol berikutnya.



Gambar. 12 Output ZCD

### Pengujian Rangkaian Pembangkit Gigi Gergaji

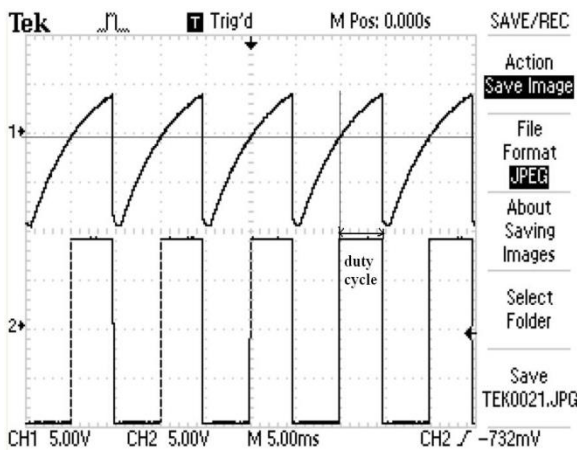
Pada saat pulsa sesaat yang dihasilkan oleh ZCD telah diterima maka rangkaian pembangkit gigi gergaji akan menghasilkan gelombang berbentuk gergaji tepat pada saat pulsa sesaat tersebut mulai muncul seperti ditunjukkan pada Gambar 13.



Gambar 13 Output gelombang gigi gergaji

### Pengujian Rangkaian Duty Cycle

Hasil pengukuran pada Rangkaian *duty cycle* dapat dilihat pada Gambar 14, dimana lebar pulsa *duty cycle* akan berubah sesuai hasil komparasi gelombang gigi gergaji dengan tegangan dari perubahan nilai tahanan potensio.

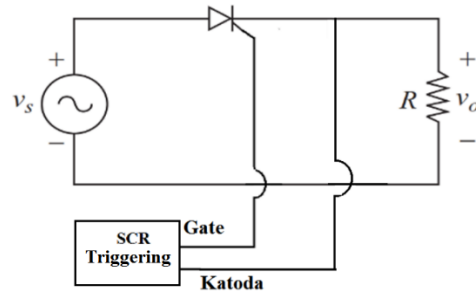


Gambar 14 Output pada rangkaian duty cycle

### Pengujian Penyearah Terkendali Setengah Gelombang

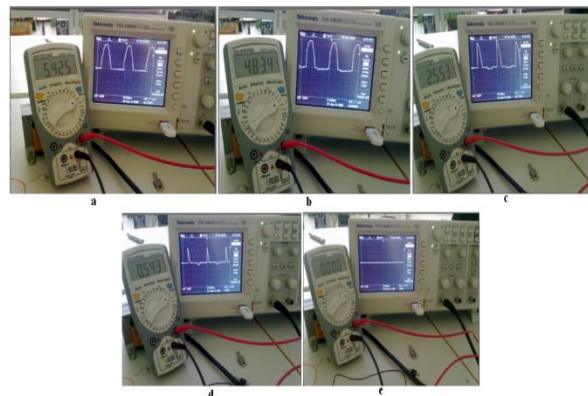
Untuk rangkian penyearah terkendali setengah gelombang sistem pemasangan SCR triggering dengan rangkaian dapat di lihat pada Gambar 15, dimana Gate yang

digunakan hanya satu buah sementara katode SCR triggering dibungkan dengan katode dari SCR.



Gambar. 15 Rangkaian pengujian setengah gelombang

Besar sudut trigger SCR dapat diatur sesuai dengan kebutuhan dengan cara memutar potensio pada rangkaian *duty cycle* kemudian bentuk gelombang diamati dengan menggunakan osciloscop. Pada pengujian ini sudut SCR yang diamati berada pada titik 15°, 45°, 90°, 135°, dan 180° seperti ditunjukkan pada Gambar 16.



Gambar.16 Gelombang output (a) 15° (b) 45° (c) 90° (d) 135° (e) 180°

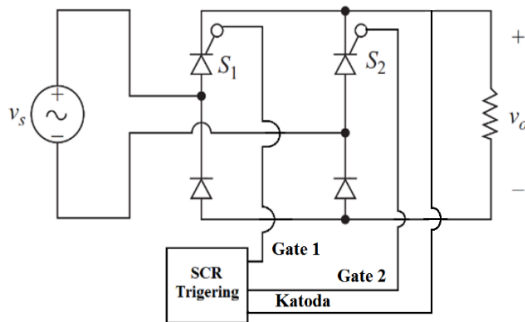
Besar tegangan output rata-rata dari penyearah terkendali setengah gelombang ini untuk beban resistif pada sudut yang berbeda-beda dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Hasil pengukuran

NO	Sudut( $\alpha$ )	Pengukuran(V)
1	15°	5.42
2	45°	4.83
3	90°	2.55
4	135°	0.54
5	180°	0

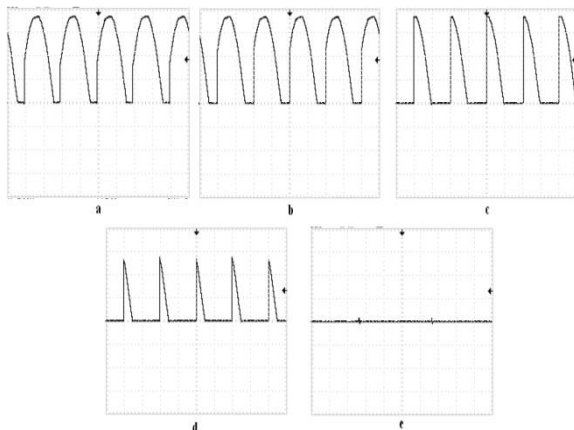
### Pengujian Penyearah Terkendali Gelombang Penuh

Pengujian rangkaian penyearah terkendali gelombang penuh dapat dilakukan dengan mengikuti disain perkabelan seperti ditunjukkan pada Gambar 17, dimana *gate* 1 dihubungkan dengan *gate* SCR 1 dan *Gate* 2 terhubung dengan *gate* SCR 2, sementara kedua katode dihubungkan dengan katode dari masing-masing SCR.



**Gambar. 17** Rangkain pengujian gelombang penuh

Bentuk gelombang output dari rangkaian penyearah terkendali gelombang penuh ini dapat ditunjukkan pada Gambar 18, dengan sudut pemotongan masing-masing sebesar 15°, 45°, 90°, 135°, dan 180°.



**Gambar.18** Gelombang output (a) 15° (b) 45° (c) 90° (d) 135° (e) 180°

Tegangan output rata-rata dari penyearah terkendali gelombang penuh satu fasa dengan beban resistif untuk beberapa sudut yang berbeda dapat dilihat pada Tabel. 2.

**Tabel 2** Hasil pengukuran

NO	Sudut( $\alpha$ )	Pengukuran(V)
1	15°	10.79
2	45°	10.16
3	90°	5.44
4	135°	1.72
5	180°	0

Pada Tabel 1 tegangan output dari rangkaian untuk sudut penyulut 15° memiliki nilai sebesar 5,42 Volt sementara pada Tabel 2 tegangan output rata-rata yang dihasilkan sebesar 10,79 Volt. Sementara untuk sudut triger 45° tegangan output pada masing-masing tabel menunjukkan 4,83 Volt dan 10,16 Volt, begitu juga untuk sudut 135° tegangan masing-masing yang dihasilkan sebesar 0,54 Volt pada Tabel 1 dan 1,72 Volt pada Tabel 2.

Tegangan output rata-rata pada penyearah terkendali gelombang penuh satu fasa memiliki nilai dua kali lebih besar dari penyearah terkendali satu fasa setengah gelombang, hal ini dapat dibuktikan dari persamaan (1) dan persamaan (2) untuk sudut pentriggeran yang sama.

Pada penelitian ini tegangan rata-rata pada Tabel 2 tidak sama dengan dua kali tegangan pada Tabel 1 untuk sudut yang sama atau memiliki selisih, hal ini dikarenakan faktor ketidak akuratan dalam pengamatan atau pembacaan sudut gelombang pada osiloskop, pada saat pengujian besar sudut pentriggeran SCR diamati secara visual dengan mata sehingga tingkat akurasi yang dihasilkan akan berbeda-beda untuk pengujian pada satu sudut pentriggeran yang sama oleh beberapa orang yang berbeda.

#### 4. KESIMPULAN

Rangkaian triger SCR untuk kebutuhan penyearah terkendali satu fasa pada penelitian ini mampu menghasilkan gelombang output yang dapat diatur baik untuk setengah gelombang maupun gelombang penuh, dimana penentuan besar sudut pentriggeran SCR dilakukan dengan memutar potensio serta diamati secara visual dengan menggunakan osciloskop, hal ini menjadikan sistem memiliki tingkat akurasi yang rendah.

#### 5. SARAN

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

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. H Rashid, "Power Electronics circuits, devices, and applications", 3th Ed, New Jersey, Person Prentice Hall, 2004.
- [2] M. D. Singh, K. B. Khanchandani, "Power Electronics", 2<sup>nd</sup> Ed, New Delhi, Tata McGraw Hill, 2007.
- [3] D. W. Hart, "Power Electronics", New York, Mc Graw Hill, 2011.
- [4] Data Sheet LM 324, Available: [http://www.onsemi.com/pub\\_link/Collateral/LM324-D.PDF](http://www.onsemi.com/pub_link/Collateral/LM324-D.PDF).