

Rancang Bangun AC to AC Converter Tiga Fasa dengan Visual Basic

Samira Laila Luthfiani¹, Krismadinata²

Program Studi Teknik Elektro Industri, Jurusan Teknik Elektro. Universitas Negeri Padang
Jalan Prof. Dr. Hamka – UNP – Air Tawar – Padang 25131, Indonesia

*Corresponding author, e-mail: sara.luthfiani@gmail.com

Abstrak

Pada penelitian ini membahas pemanfaatan teknik pengontrolan *interfacing* dari sebuah konverter AC-AC tiga fasa (AC Chopper). Pengontrolan fasa tersebut memberikan kemudahan dalam sistem pengendalian tegangan AC. Tegangan keluaran AC didapatkan melalui konversi daya AC dengan mengubah nilai rms tegangan AC yang dicatukan pada beban dengan menggunakan *thyristor* jenis SCR sebagai sakelar. Dari kegunaan sinyal AC mengubah tegangan keluaran dengan frekuensi fundamental yang tetap, tegangan keluaran konverter AC ini dipicu oleh sudut dua buah SCR yang terhubung antiparalel dengan *zero crossing detector* sebagai persilangan titik nol pada tiap fasa. Pada penelitian ini akan dirancang sebuah rangkaian konverter AC tiga fasa bertegangan rendah 12VAC dengan *interfacing Visual Studio 2012*. Pengaturan tegangan diatur oleh potensiometer yang diprogram pada Arduino Uno dan ditampilkan pada PC (Personal Computer). Konverter AC tiga fasa ini menggunakan tiga buah beban resistif terhubung bintang dan masing-masing hasil tegangan keluaran dideteksi oleh sensor *zmp101b*.

Kata Kunci: Konverter AC, SCR, Zero Crossing Detector, Gate Driver, Arduino Uno, Visual Studio 2012.

Abstract

*This research discusses the use of interfacing control techniques from a three-phase AC-AC converter (AC Chopper). This phase control provides convenience in the AC voltage control system. The AC output voltage is obtained through AC power conversion by changing the rms value of the AC voltage applied to the load using a SCR type thyristor as a switch. From the use of AC signals to change the output voltage with a fundamental fundamental that is fixed, the output voltage of the AC converter is triggered by the angle of two SCRs that are connected antiparallely to the zero crossing detector as the zero point crossing in each phase. This research will design a series of 12VAC low voltage three phase AC converters with Visual Studio 2012 interfacing. The voltage regulation is regulated by a potentiometer programmed on Arduino Uno and displayed on a PC (Personal Computer). This three phase AC converter uses three resistive loads connected to the star and each output voltage is detected by the *zmp101b* sensor.*

Keyword: AC converter, SCR, Zero Crossing Detector, Gate Driver, Arduino Uno, Visual Studio 2012.

PENDAHULUAN

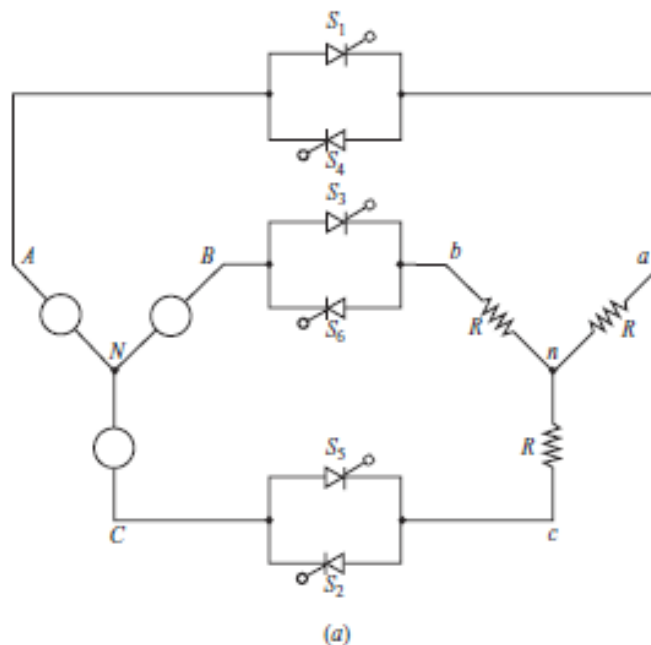
Perkembangan sistem konverter daya menjadi tuntutan kebutuhan industri yang signifikan saat ini, salah satunya yaitu pengontrol tegangan AC. Pemanfaatan teknik pengontrolan fasa tersebut memberikan kemudahan dalam sistem pengendalian AC. Tegangan keluaran AC didapatkan melalui konversi daya AC dengan mengubah nilai rms tegangan AC yang dicatukan pada beban dengan menggunakan *thyristor* sebagai sakelar. Dari kegunaan

sinyal AC mengubah tegangan keluaran dengan frekuensi fundamental yang tetap, tegangan keluaran konverter AC ini dipicu oleh sudut dua buah SCR yang terhubung antiparalel dengan *zero crossing detector* sebagai persilangan titik nol pada tiap fasa. Pengaturan tegangan keluaran diatur oleh sudut penyalan *thyristor*. Dengan pengaturan sudut penyalan *thyristor*, maka didapatkan tegangan keluaran AC yang bervariasi yang dapat digunakan untuk beberapa keperluan seperti pengontrolan kecepatan motor induksi, pengendalian *light dimmer* ruangan dan pemanas domestik juga industri.

METODE

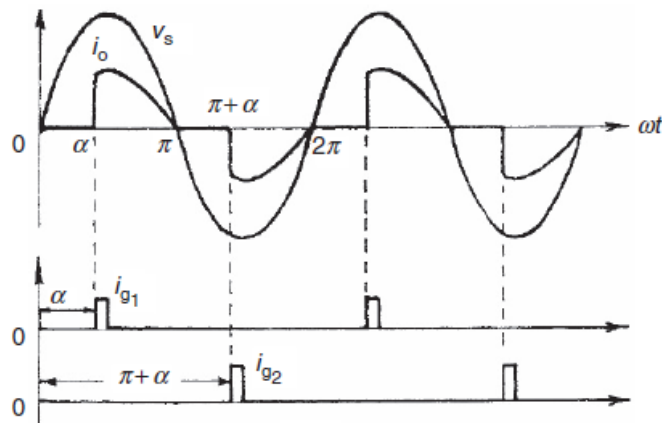
Konsep dasar dari sebuah konverter AC-AC adalah TRIAC atau sepasang SCR yang terhubung antiparalel diantara sumber tegangan dan beban. Pengontrolan fasa tersebut mengubah tegangan input AC menjadi tegangan output AC yang bervariasi tanpa mengubah frekuensi fundamentalnya. Pada pengontrolan fasa ini, saklar daya yang digunakan yaitu *thyristor* jenis SCR untuk mengatur sudut penyalan pada rangkaian.

Pengontrolan tegangan AC-AC terdapat dua jenis yaitu pengontrolan konverter satu fasa dan pengontrolan tegangan ac-ac tiga fasa. Pada makalah ini akan dibahas mengenai pengontrolan AC-AC tiga fasa yaitu pengontrolan yang bersumberkan listrik AC tigafasa dan tegangan keluarannya juga tiga fasa. Pengontrolan ini menggunakan sepasang SCR yang mana pemicuannya dilakukan oleh mikrokontroler Arduino Uno.



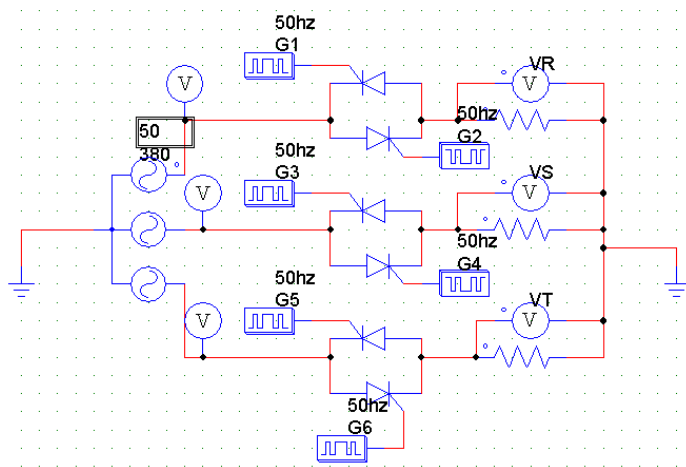
Gambar 1. Rangkaian konverter ac-ac tiga fasa dengan beban resistif terhubung bintang.

Sumber : Rashid, Muhammad H. *Power Electronics Circuits, Devices, And Applications* (Third edition). Oxford: Elsevier Publisher, 2011.

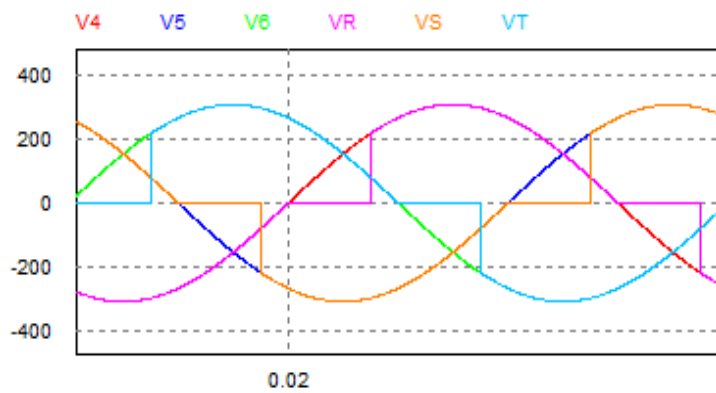


Gambar 2. Penyulutan Sudut Menggunakan Metode PWM AC Chopper.

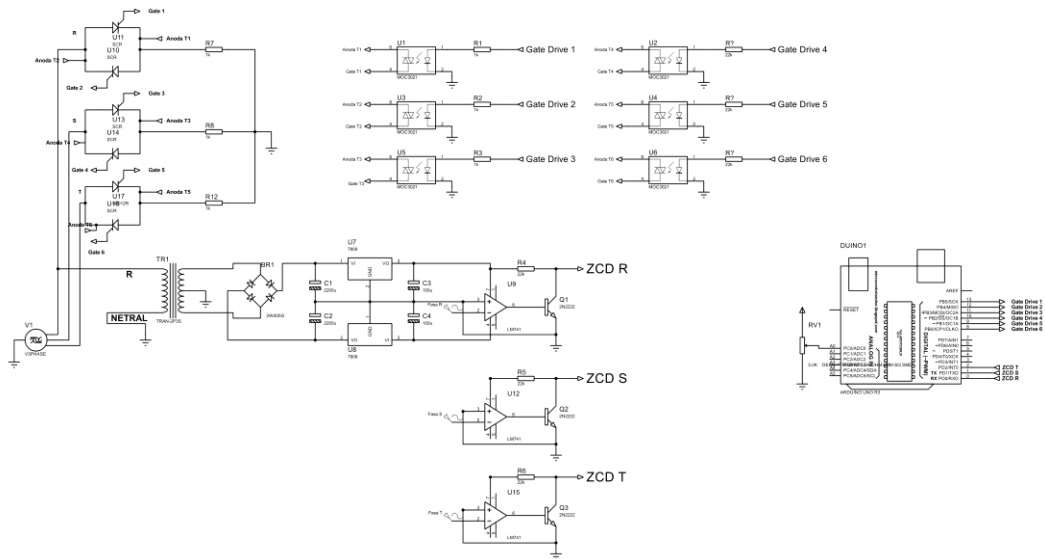
Sumber : Rashid, Muhammad H. 2011. *Power Electronics Circuits, Devices, And Applications* (Third edition). Oxford: Eselvier Publisher



Gambar 3. Rangkaian Konverter Ac-Ac Tiga Fasa Dengan PSIM.

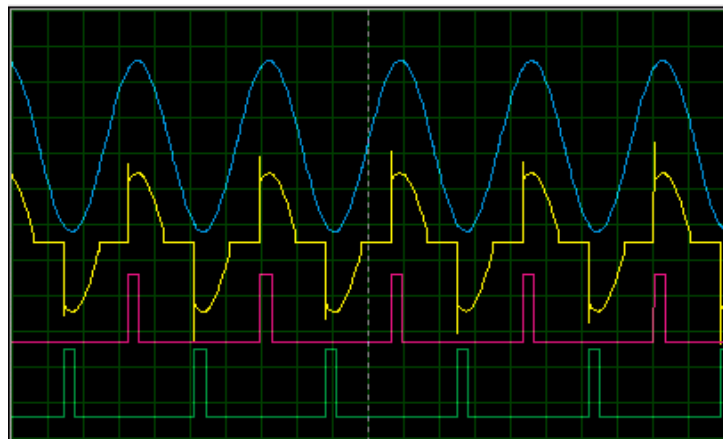


Gambar 4. Bentuk Gelombang Tiga Fasa Dengan PSIM.



Gambar 5. Skema Keseluruhan Rangkaian Elektronika.

Digital Oscilloscope

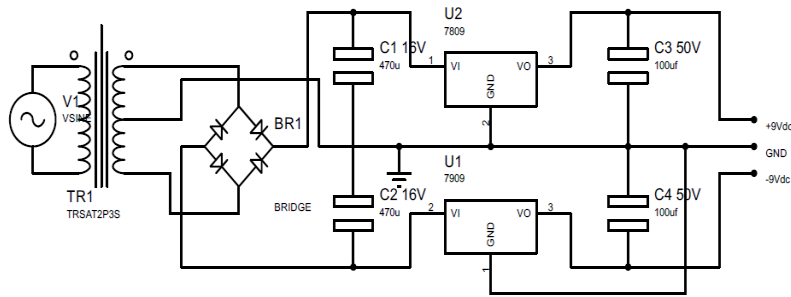


Gambar 6. Simulasi Dengan Proteus.

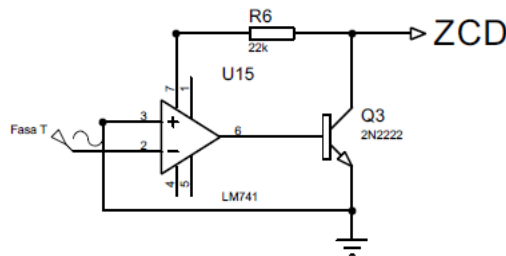
PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

A. Deteksi Fasa

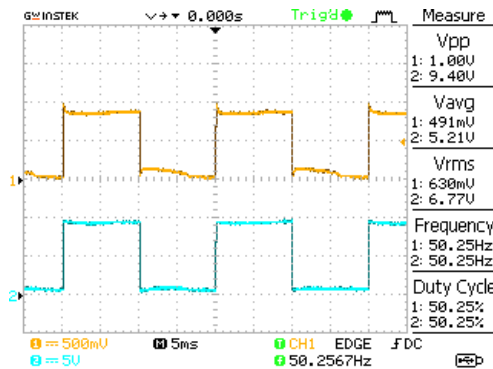
Rangkaian ini menggunakan op-amp 741 untuk mendeteksi titik persilangan nol positif dan negatif tegangan. Rangkaian zcd disuplai dengan catu daya +9Vdc dan -9Vdc dengan trafo ct 500mA 12V. Pada tugas akhir ini membutuhkan tegangan DC untuk suplai rangkaian *zero crossing detector*, arduino dan optoisolator. Tegangan 9Vdc dan -9Vdc pada deteksi fasa menggunakan IC regulator LM7809 dan LM7909. Tegangan keluaran +9Vdc untuk mensuplai kaki 7 IC op-amp dan -9Vdc untuk kaki 4 IC op-amp.



Gambar 7. Rangkaian Power Supply



Gambar 8. Rangkaian Op-Amp 741

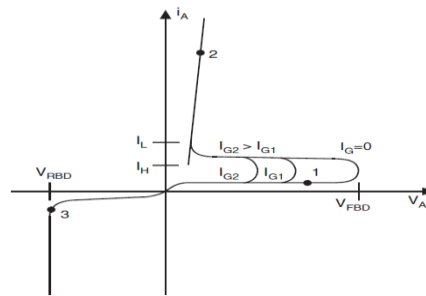


Gambar 9. Bentuk Gelombang Zero Crossing Detector

B. Rangkaian Daya

Silicon Controlled Rectifier adalah dioda yang memiliki kaki ketiga yang dinamai dengan “gate” atau gerbang. Dua buah SCR terhubung antiparalel dipicu tegangan dc dari rangkaian optocoupler. SCR yang digunakan jenis BT151 yang mana dapat dipicu dengan tegangan minimal 0,6Vdc dan maksimal 1,5Vdc.

Karakteristik SCR

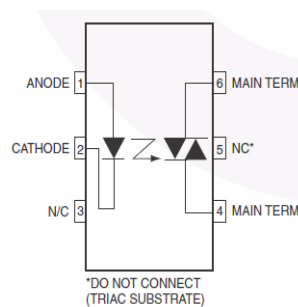


Gambar10. Karakteristik SCR

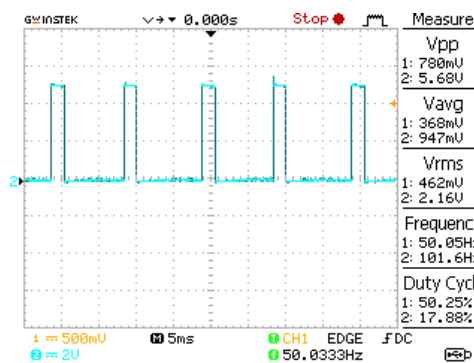
Pada keadaan off tidak ada arus yang mengalir sampai dicapainya batas tegangan tembus. Pada keadaan on arus tidak akan mengalir sampai dicapainya batas tegangan penyalaaan. SCR BT151 mempunyai tegangan maksimal 500V.

C. Gate Drive

Optoisolator digunakan sebagai interface rangkaian kontrol dan rangkaian daya. Optoisolator yang digunakan yaitu MOC3021 terdiri dari dua bagian yaitu transmitter dan receiver. Optoisolator juga berfungsi sebagai pengaman antara rangkaian kontrol dan daya. Transmitter adalah bagian yang terhubung pada input dengan rangkaian kontrol dan receiver adalah bagian yang terhubung pada output dengan rangkaian daya. Pin kaki 1 dan 2 terhubung pada input dan pin kaki 4 terhubung ke gate SCR dan pin kaki 6 terhubung ke kaki anoda SCR.



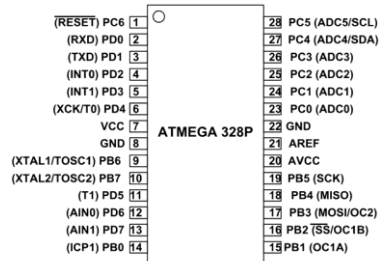
Gambar 11. Optoisolator MOC3021



Gambar 12. Bentuk Gelombang Sudut Pemicu Pada Gate Drive

D. Mikrokontroler Arduino Uno (Atmega 328p)

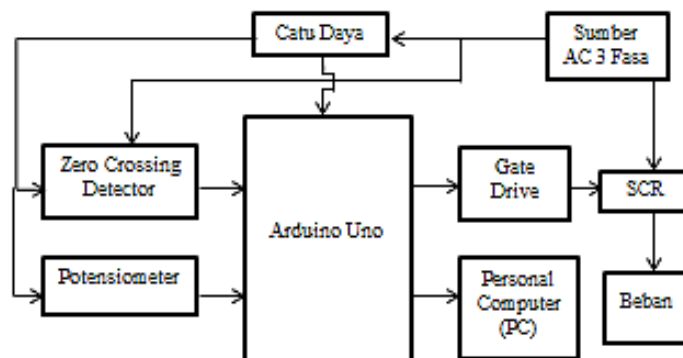
Board ini memiliki 14 pin Digital, 6 pin Analog, dan dapat diprogram dengan Arduino IDE. Arduino berfungsi sebagai pengontrol semua sudut pemicuan dan visual basic untuk tampilan parameternya.



Gambar 13. Diagram Pin Atmega328p

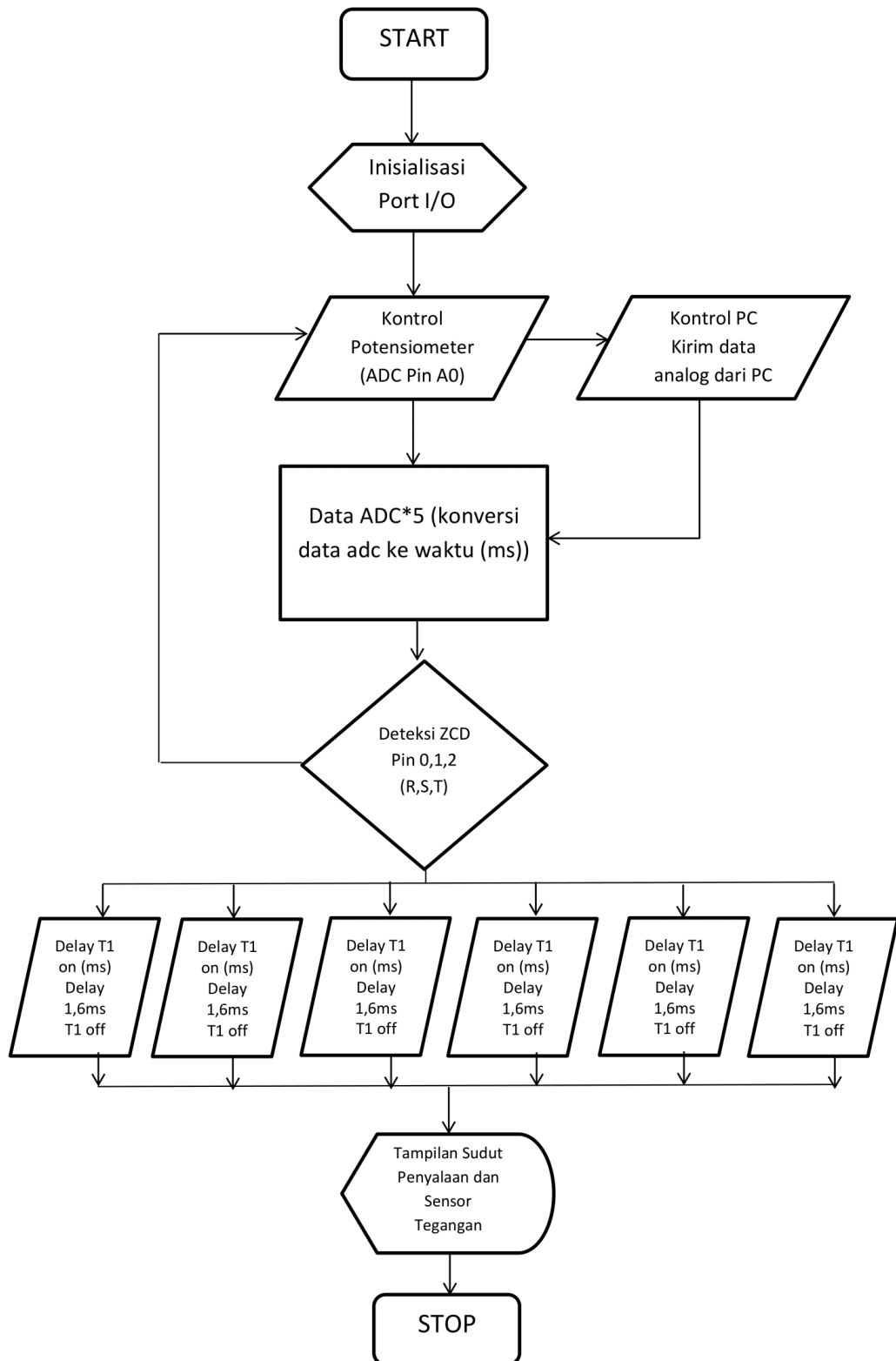
E. Perancangan Perangkat Keras

Suplai yang digunakan bersal dari listrik PLN 220V dengan frekuensi 50hz. Tegangan diturunkan dengan menggunakan trafo step-down center tap 500mA +12V untuk rangkaian daya dan +6V untuk *zero crossing detector*. Blok diagram terlihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 14. Diagram Perancangan Konverter AC-AC

F. Flowchart

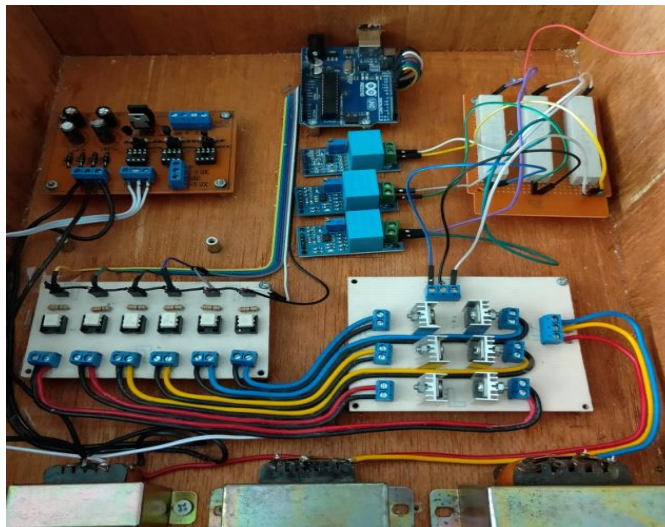


Gambar 15. Flowchart Sistem Alat

Cara kerja konverter tiga fasa ini dapat dijelaskan berdasarkan flowchart tersebut:

1. Hubungkan konverter ke sumber listrik PLN 220V tiga fasa, dan hubungkan port I/O arduino ke PC.
2. Kontrol sudut penyalan menggunakan potensiometer atau melalui *trackbar* pada *visual basic*.
3. Lalu pada kontrol sudut penyalan dibaca oleh ADC Arduino diterima oleh rangkaian zcd.
4. Dari rangkaian zcd lalu ke *gate drive*, SCR dapat diatur tegangannya sesuai pengaturan potensio dan trackbar dengan delay dan besar sudut yang telah ditentukan.

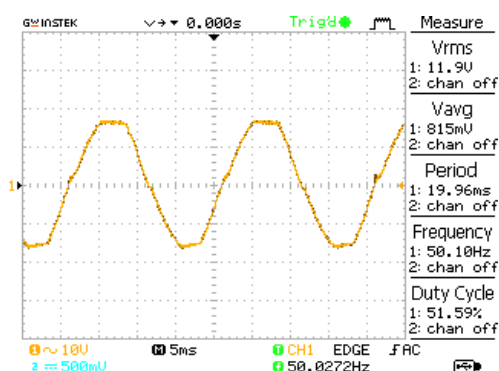
PENGUKURAN DAN PENGUJIAN PADA ALAT



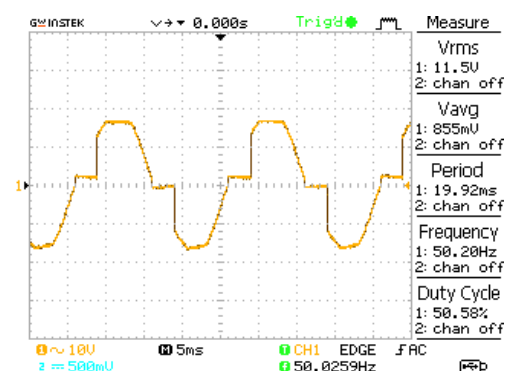
Gambar 16. Penampakan Keseluruhan Rangkaian

Data yang diambil dalam pengujian ini menggunakan beban resistor keramik terhubung bintang dengan nilai 10k 20W gelombang keluaran terlihat sebagai berikut.

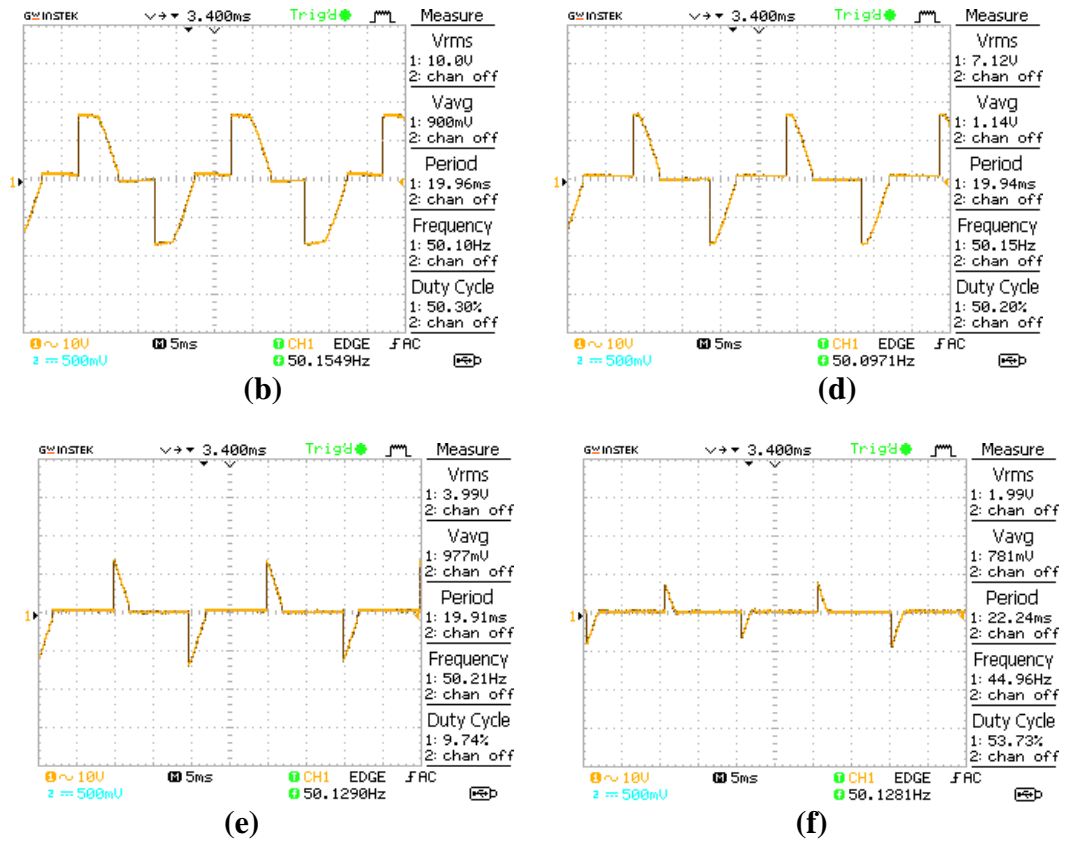
A. Percobaan Fasa R



(a)

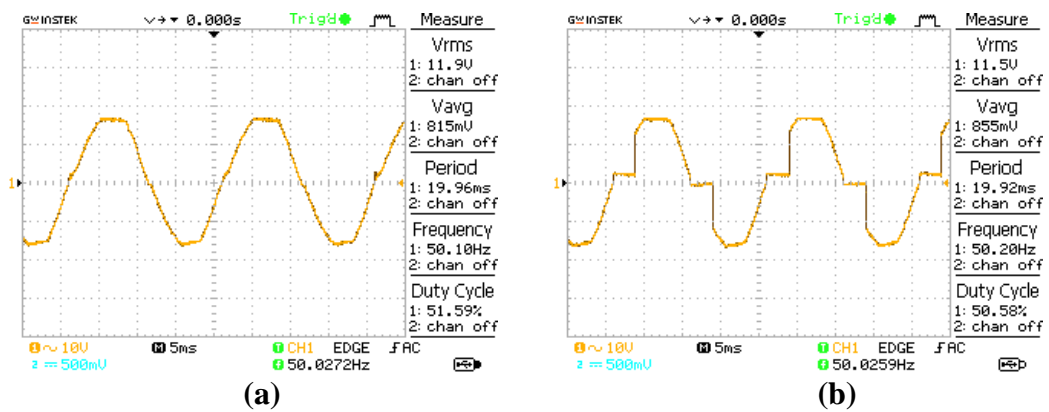


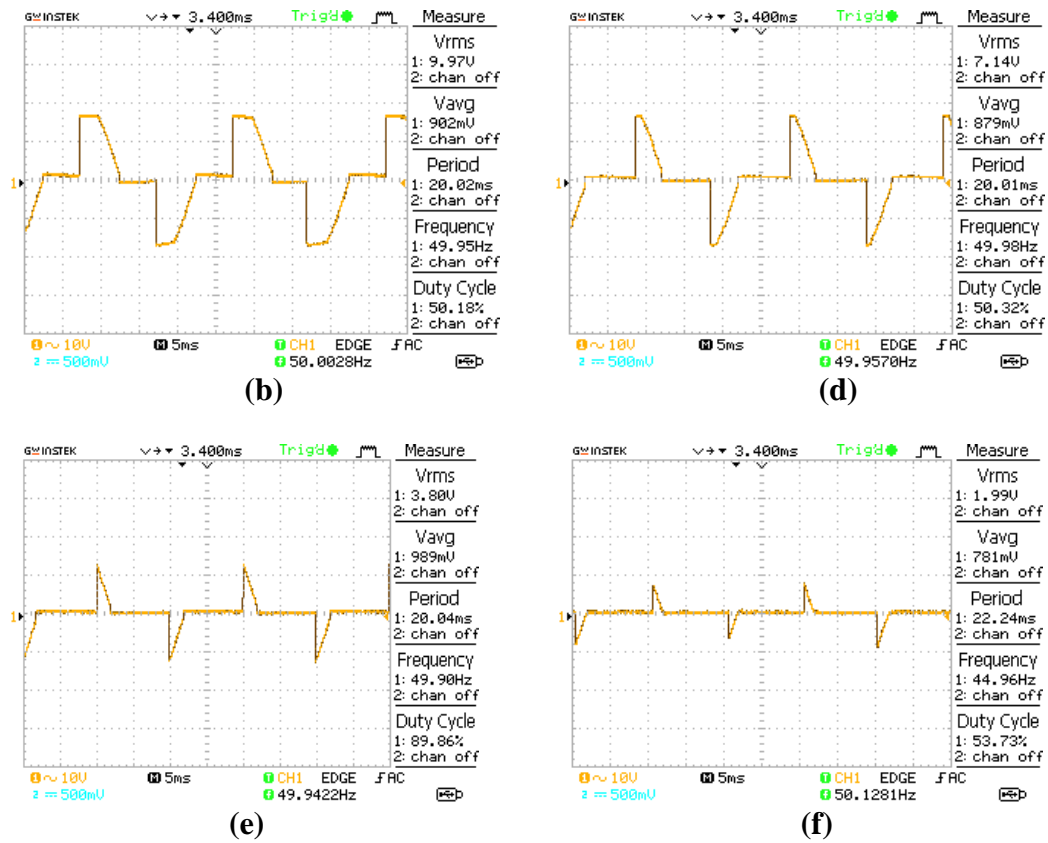
(b)



Gambar 17. Bentuk gelombang tegangan keluaran fasa R (a) 0°, (b) 30°, (c) 60°, (d) 90°, (e) 120°, (f) 150°

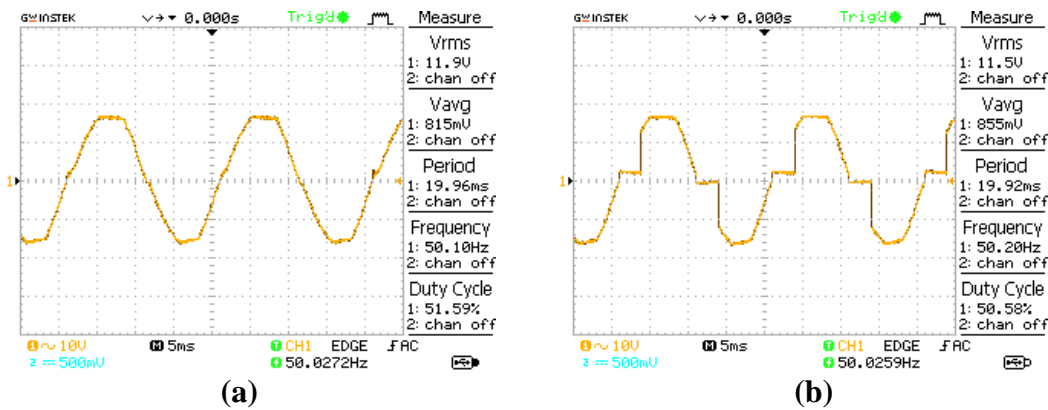
B. Percobaan Fasa S

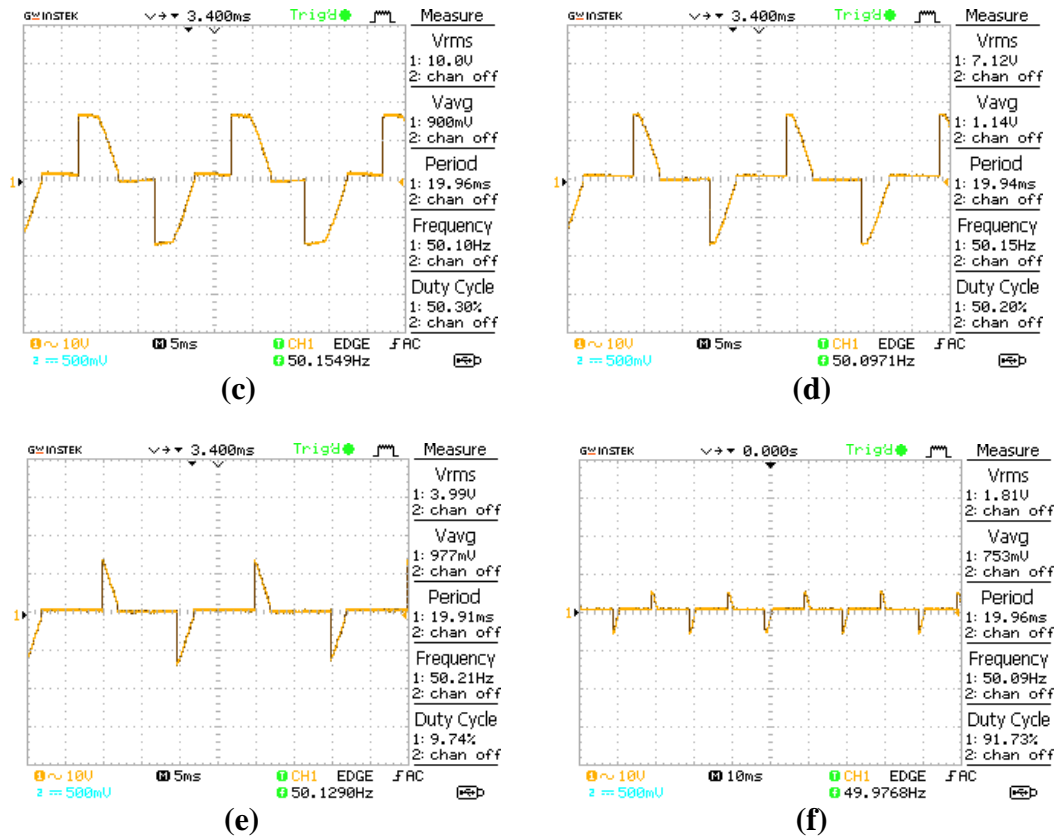




Gambar 18. Bentuk gelombang tegangan keluaran fasa S (a) 0° , (b) 30° , (c) 60° , (d) 90° , (e) 120° , (f) 150°

C. Percobaan Fasa T





Gambar 19. Bentuk gelombang tegangan keluaran fasa T (a) 0° , (b) 30° , (c) 60° , (d) 90° , (e) 120° , (f) 150°

Output rms tegangan fasa V_o dapat diperoleh dari tiga mode tersebut sebagai:

$$0^\circ \leq \alpha \leq 60 \quad V_o = V_i \sqrt{\frac{1}{\pi} \left[\pi - \frac{3}{2} \alpha + \frac{3}{4} \sin(2\alpha) \right]}$$

$$60^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ \quad V_o = V_i \sqrt{\frac{1}{\pi} \left[\frac{\pi}{2} + \frac{3\sqrt{3}}{4} \sin\left(2\alpha + \frac{\pi}{6}\right) \right]}$$

$$90^\circ \leq \alpha \leq 150^\circ \quad V_o = V_i \sqrt{\frac{1}{\pi} \left[\frac{5}{4} \pi - \frac{3}{2} \alpha + \frac{3}{4} \sin\left(2\alpha + \frac{\pi}{3}\right) \right]}$$

1. Sudut 0°

Diketahui: V_{rms} = Tegangan Efektif Sumber (V)

V_o = Tegangan Keluaran AC (V)

$$V_o = 12 \sqrt{\frac{1}{\pi} \left[\pi - \frac{3}{2} 0^\circ + \frac{3}{4} \sin(0^\circ) \right]}$$

$$= 12V_{ac}$$

$$I_{ac} = \frac{V_{ac}}{R}$$

$$= \frac{12V}{10000}$$

$$= 1,2 \text{ mA}$$

2. Sudut 30°

$$V_o = 12 \sqrt{\frac{1}{\pi} \left[\pi - \frac{3}{2} 30^\circ + \frac{3}{4} \sin(60^\circ) \right]}$$

$$= 10,41 V_{ac}$$

$$I_{ac} = \frac{V_{ac}}{R}$$

$$= \frac{10,41V}{10000}$$

$$= 1 \text{ mA}$$

3. Sudut 60°

$$V_o = 12 \sqrt{\frac{1}{\pi} \left[\pi - \frac{3}{2} 30^\circ + \frac{3}{4} \sin(60^\circ) \right]}$$

$$= 8,51 V_{ac}$$

$$I_{ac} = \frac{V_{ac}}{R}$$

$$= \frac{8,51V}{10000}$$

$$= 0,85 \text{ mA}$$

4. Sudut 90°

$$V_o = 12 \sqrt{\frac{1}{\pi} \left[\frac{\pi}{2} + \frac{3\sqrt{3}}{4} \sin\left(180 + \frac{\pi}{6}\right) \right]}$$

$$= 8,45 V_{ac}$$

$$I_{ac} = \frac{V_{ac}}{R}$$

$$= \frac{8,45V}{10000}$$

$$= 0,845 \text{ mA}$$

5. Sudut 120°

$$V_o = 12 \sqrt{\frac{1}{\pi} \left[\frac{5}{4} \pi - \frac{3}{2} 120^\circ + \frac{3}{4} \sin\left(240 + \frac{\pi}{3}\right) \right]}$$

$$= 5,95 V_{ac}$$

$$I_{ac} = \frac{V_{ac}}{R}$$

$$= \frac{8,51V}{10000}$$

$$= 0,845 \text{ mA}$$

6. Sudut 150°

$$V_o = 12 \sqrt{\frac{1}{\pi} \left[\frac{5}{4}\pi - \frac{3}{2}150 + \frac{3}{4} \sin\left(300 + \frac{\pi}{3}\right) \right]}$$

$$= 0V_{ac}$$

$$I_{ac} = \frac{V_{ac}}{R}$$

$$= \frac{0}{10000}$$

$$= 0A$$

Dari pengujian konverter ac dengan beban resistif dapat diperoleh hasil dalam tabel sebagai berikut.

Tabel 1. Pengukuran tegangan dan arus fasa R dengan beban resistor 10k

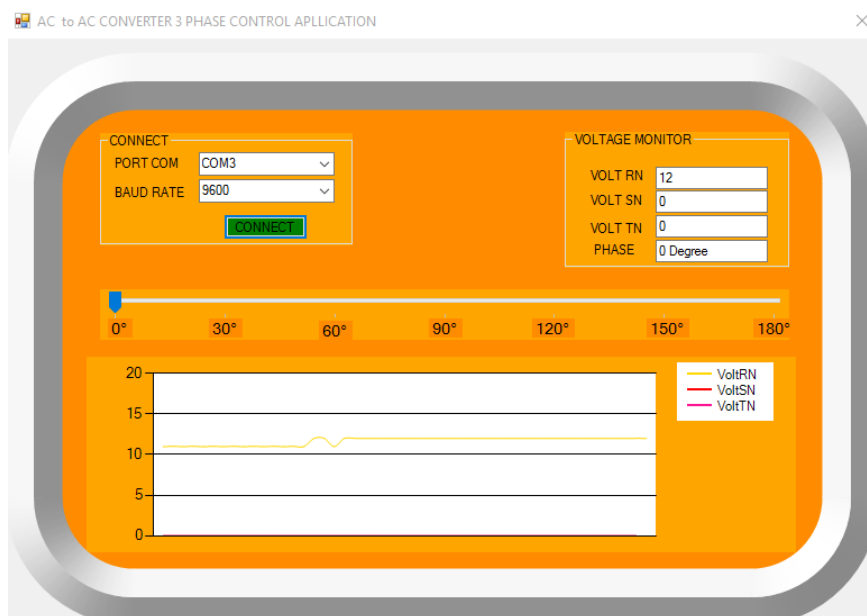
No.	Delay (ms)	Sudut α	Vs	Beban (Ohm)	Pengukuran		Perhitungan	
					Tegangan (V)	Arus (I)	Tegangan (V)	Arus (I)
1	0	0	12v	10k	11.9v	1.2mA	12v	1,2mA
2	1,66	30	12v	10k	11.5v	1.2mA	10,41v	1mA
3	3,33	60	12v	10k	10v	1.0mA	8,51v	0,85mA
4	4,98	90	12v	10k	7.12v	0.7mA	8,45	0,84mA
5	6,66	120	12v	10k	3.99v	0.3mA	5,95	0,84mA
6	8,33	150	12v	10k	1.99v	0.2mA	0v	0mA

Tabel 2. Pengukuran tegangan dan arus fasa S dengan beban resistor 10k

No.	Delay (ms)	Sudut α	Vs	Beban (Ohm)	Pengukuran		Perhitungan	
					Tegangan (V)	Arus (I)	Tegangan (V)	Arus (I)
1	0	0	12v	10k	11.9v	1.2mA	12v	1,2mA
2	1.66	30	12v	10k	11.5v	1.2mA	10.41v	1mA
3	3.33	60	12v	10k	9.97v	1.0mA	8.51v	0.85mA
4	4.98	90	12v	10k	7.14v	0.7mA	8.45v	0.84mA
5	6.66	120	12v	10k	3.80v	0.3mA	5.95v	0.84mA
6	8.33	150	12v	10k	1.99v	0.2mA	0v	0mA

Tabel 3. Pengukuran tegangan dan arus fasa T dengan beban resistor 10k

No.	Delay (ms)	Sudut α	Vs	Beban (Ohm)	Pengukuran		Perhitungan	
					Tegangan (V)	Arus (I)	Tegangan (V)	Arus (I)
1	0	0	12v	10k	11.9v	1.2mA	12v	1,2mA
2	1,66	30	12v	10k	11.5v	1.2mA	10,41v	1mA
3	3,33	60	12v	10k	10v	1.0mA	8,51v	0,85mA
4	4,98	90	12v	10k	7.12v	0.7mA	8,45	0,84mA
5	6,66	120	12v	10k	3.99v	0.3mA	5,95	0,84mA
6	8,33	150	12v	10k	1.81v	0.2mA	0v	0mA



Gambar 20. Tampilan Visual Basic

PENUTUP

Setelah melakukan percobaan dapat disimpulkan sebagai berikut. *Pertama*, catu daya 9v paling ideal untuk suplai rangkaian *zero crossing detector*. Perhatikan penggunaan jenis trafo untuk catu daya rangkaian *zero crossing* karena selama percobaan, IC op-amp 741 mudah panas. *Kedua*, pengontrolan sudut menggunakan potensiometer dan trackbar pada *Visual Basic*. Jika sudut pemicunya diperbesar maka semakin kecil tegangan keluarannya begitu juga sebaliknya. *Ketiga*, pada rangkaian gate driver, MOC3021 juga sangat sensitif selama percobaan maka dari itu perhatikan keseluruhan rangkaian sebelum memulai percobaan. *Keempat*, untuk pengembangan lebih lanjut disarankan tampilan vb agar lebih menarik seperti menambahkan *angular gauge* dan *seven segmen*.

Daftar Pustaka

- [1] Rashid, Muhammad, “*Power Electronics Circuits, Devices, And Applications,*” (Third edition). Oxford: Eselvier Publisher. 2011.
- [2] J. R. Espinoza and G. Joos, “*A Current Source Inverter Fed Induction Motor Drive System With Reduced Losses,*” *IEEE Trans. on Industry Applications*, Vol. 34, No. 4, pp. 796-805, 1998.
- [3] W. Hart, Daniel, “*Power Electrinocs: AC Voltage Controller,*” New York: The McGraw-Hill Companies. 2012.
- [4] Trzynadlowski, Andrej, “*Introduction to Modern Power Electronics*”(Third edition). New Jersey: John Wiley & Sons. 2016.
- [5] Pratiwi Surya, Indah, “*Perancangan dan Analisis Back to Back Thyristor Untuk Regulasi Tegangan AC Satu Fasa*” Banda Aceh: *Jurnal Teknik Elektro Universitas Syiah Kuala*, 2017.
- [6] Sangshin Kwak, “*Design and Analysis of Modern Three-Phase AC/AC Power Converters For AC Drives and Utility Interface.* Dept. of Electrical Eng., Kyungpook National University., Korea, 2005. (Thesis or dissertation)

Biodata Penulis

Samira Laila Luthfiani, lahir di Padang, 10 Januari 1998. Menyelesaikan studi DIV Teknik Elektro Industri pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.

Krismadinata, S.T, M.T, Ph.D, lahir di Padang, 11 September 1977. Lulus dengan Sarjana Teknik Elektro di Universitas Andalas pada tahun 2000. Memperoleh gelar Master of Technology dari Institut Teknologi Bandung (ITB) pada tahun 2004. Kemudian melanjutkan studi lulusan S3 di University of Malaya pada tahun 2012. Staf pengajar pada Jurusan Teknik Elektro FT UNP sejak tahun 2000 – sekarang.