

Rancang Bangun Kendali *Soft Starter* Motor 3 Fasa dengan AC-AC Konverter

Andriyan Gunawan^{1*} dan Krismadinata¹

¹Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang
Jln. Prof. Dr. Hamka Air Tawar, Padang, Sumatera Barat, Indonesia

*e-mail: andriyan.gunwan112@gmail.com

(Diajukan: 4 Februari 2024, direvisi: 21 Maret 2024, disetujui: 27 Maret 2024, dipublikasikan: 4 April 2024)

Abstrak

Pada penelitian ini membahas tentang pengontrolan kendali Motor 3 Fasa konverter AC-AC tiga fasa. Kontrol fasa ini memudahkan untuk mengontrol tegangan bolak-balik. Tegangan keluaran AC diperoleh dengan mengkonversi tegangan AC dengan mengubah nilai efektif/ nilai rms tegangan AC yang disuplai ke beban menggunakan jenis thyristor TRIAC sebagai sakelar. Dengan menggunakan sinyal AC untuk mengubah tegangan keluaran pada frekuensi dasar tetap, tegangan keluaran konverter AC ini dipicu oleh sudut penyalan triac. Pada penelitian ini, kami merancang rangkaian dengan tegangan keluaran AC tiga fasa 0 hingga 220 VAC untuk mengontrol soft starter menggunakan konverter AC-AC. Pengaturan tegangan dikendalikan oleh potensiometer yang diprogram ke dalam Arduino Uno. Keluaran dari osiloskop dalam bentuk gelombang sinus sesuai dengan sudut penyalan yang diatur.

Kata Kunci: AC-AC Konverter 3 Fasa, Soft Starter, TRIAC, Zero Crossing Detector.

Abstract

This research discusses the control of 3-phase motor control of a three-phase AC-AC converter. This phase control makes it easy to control alternating voltage. The AC output voltage is obtained by converting the AC voltage by changing the effective value/rms value of the AC voltage supplied to the load using a TRIAC thyristor type as a switch. By using an AC signal to change the output voltage at a fixed fundamental frequency, the output voltage of this AC converter is triggered by the firing angle of the triac. In this research, we designed a circuit with a three-phase AC output voltage of 0 to 220 VAC to control a soft starter using an AC-AC converter. The voltage setting is controlled by a potentiometer programmed into the Arduino Uno. The output from the oscilloscope is in the form of a sine wave according to the set ignition angle.

Keywords: AC-AC 3 Phase Converter, Soft Starter, TRIAC, Zero Crossing Detector.

PENDAHULUAN

Saat ini, pengembangan sistem konverter daya, termasuk regulator tegangan AC, merupakan kebutuhan industri yang penting. Tegangan keluaran AC diperoleh dengan mengubah nilai efektif tegangan AC yang disuplai ke beban menjadi AC dengan menggunakan triac sebagai saklarnya. Dengan menggunakan sinyal AC untuk mengubah tegangan pada frekuensi tetap, konverter daya AC ini bekerja bersama dengan sumber daya AC yang digunakan untuk mengontrol tegangan, arus, dan daya rata-rata yang dikirim ke beban [1].

Konverter AC-AC dalam elektronika daya biasanya mengambil energi listrik dari satu sistem, mengubahnya, dan mengirimkannya ke sistem AC lain dalam bentuk gelombang dengan amplitudo, frekuensi, dan fase yang berbeda. Secara tradisional, sistem masukan berupa satu fasa atau tiga fasa, bergantung pada peringkat beban. Konverter AC-AC digunakan untuk memvariasikan tegangan efektif pada beban[2].

Tegangan keluaran tergantung pada pengaturan sudut penyalan triac[3]. Triac merupakan bahan semikonduktor yang digunakan sebagai saklar, prinsip kerjanya hampir sama dengan seperti dioda, namun dilengkapi dengan gate, dan fungsinya untuk mengatur sudut penyalan sesuai dengan kebutuhan, sehingga dapat mengatur keluaran tegangan ini bervariasi[4]. Dengan mengatur sudut penyalan triac, dapat diperoleh tegangan keluaran AC variabel yang dapat digunakan untuk berbagai keperluan, seperti mengendalikan kecepatan motor tiga fasa atau mengendalikan pencahayaan dalam ruangan [5].

Motor induksi tiga fasa pada dasarnya mempunyai kecepatan yang konstan pada saat pengoperasiannya atau pada saat start pertama kali. Karena kecepatan motor induksi tiga fasa bergantung pada frekuensi operasi, maka sulit untuk mengatur kecepatannya [6]. Namun, penggerak elektronik frekuensi variabel semakin banyak digunakan untuk mengontrol kecepatan motor induksi[7].

Konsep dasar konverter ac-ac tiga fasa sebagai *soft starter* ini motor bekerja dengan cara mengontrol tegangan output melalui sudut penyalan pada setiap fasa[8]. Kontrol fasa ini mengubah tegangan masukan AC menjadi tegangan keluaran AC yang bervariasi[9]. Awalnya tegangan yang dihasilkan konverter hanya sekitar 50 volt, namun lama kelamaan meningkat menjadi 220 volt, tergantung kebutuhan motor dan sistem. Pengendaliannya menggunakan TRIAC yang dikendalikan oleh mikrokontroler Arduino Uno [10].

Tujuan dari penelitian ini adalah merancang dan membuat konverter tiga fasa sebagai soft starter motor yang dapat menghasilkan tegangan AC bervariasi dengan pengontrolan menggunakan Arduino Uno, kemudian menguji dan menganalisis kinerja alat untuk memastikan kesesuaiannya dengan prinsip kerja rangkaian dan hasil yang diharapkan, serta membandingkan hasil pengamatan dan perhitungan sesuai dengan persamaan yang ditentukan, dan memantau stabilitas serta karakteristik respon dari suatu sistem rangkaian tertutup.

METODE

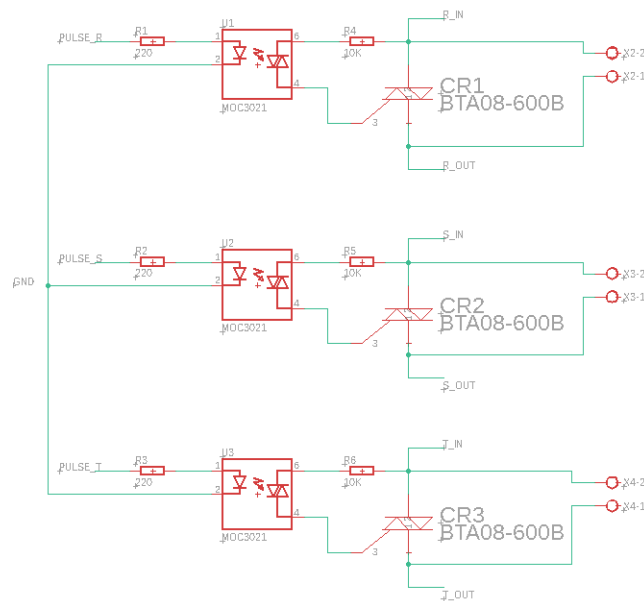
Jenis Penelitian

Penelitian dan Pengembangan (R&D) dalam rancang bangun kendali soft starter motor 3 fasa dengan AC-AC konverter ini bertujuan untuk menciptakan solusi inovatif

yang dapat mengoptimalkan kinerja motor listrik dalam aplikasi industri. Proses R&D dimulai dengan identifikasi kebutuhan industri akan sistem kendali yang lebih efisien dan hemat energi, diikuti oleh studi kelayakan yang menilai potensi teknis dan ekonomis dari teknologi AC-AC konverter. Tahap selanjutnya melibatkan pengembangan konsep kendali soft starter yang dirancang untuk mengurangi lonjakan arus awal dan meningkatkan umur operasional motor.

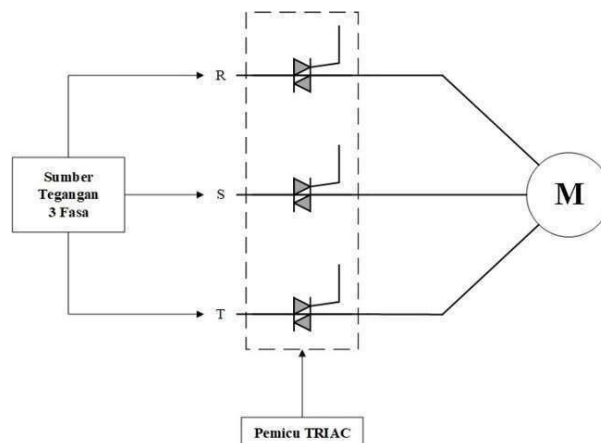
Teknik Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan dengan menggunakan simulasi dan juga *hardware* secara langsung. Data simulasi diambil dengan menggunakan *software* Proteus 8 Profesional. Gambar simulasi AC-AC konverter dapat dilihat pada gambar 1. Dibawah ini.



Gambar 1. Rangkaian Konverter AC- AC Dengan Proteus

Pada gambar 1 dapat dilihat bahwa rangkaian ac-ac konverter tiga fasa menggunakan *software* Proteus 8 Profesional. Pada rangkaian tersebut menggunakan 6 buah resistor dengan nilai 220 ohm dan 10k ohm dan jenis TRIAC yang digunakan yaitu BTA08-600B. Konverter ac-ac ini yang akan melakukan Pengaturan fase dilakukan dengan mengubah tegangan masukan AC menjadi tegangan keluaran AC yang dapat dimodifikasi.

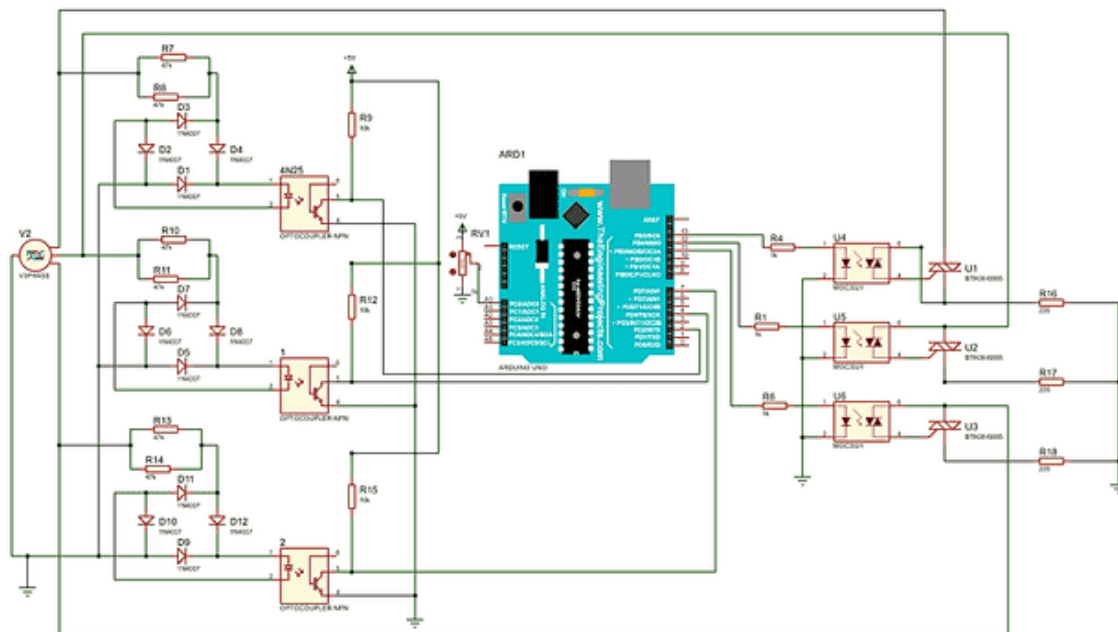


Gambar 2. Rangkaian AC-AC Konverter Dengan Beban Motor 3 Fasa

Pada gambar 2 ini merupakan rangkaian konverter ac-ac dengan beban motor 3 fasa menggunakan pemicu TRIAC. Dalam operasinya, TRIAC diatur menggunakan sudut penyalaan, dimana titik nol gelombang sinus dijadikan sebagai acuan dalam memulai delay atau penundaan penyalaan TRIAC pada sudut tertentu dan mengeluarkan bentuk gelombang yang diatur dari sudut yang diinginkan.

Perancangan Dan Pembuatan Alat

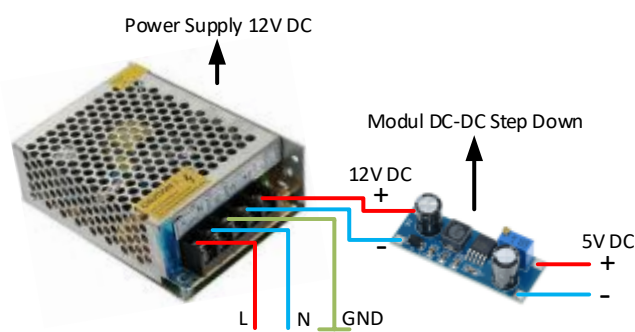
Perancangan Hardware



Gambar 3. Rangkaian Keseluruhan

Perancangan Catu Daya

Catu daya dirancang untuk dapat menghasilkan tegangan DC bernilai 5V. Pada penelitian ini dilakukan perancangan catu daya menggunakan *power supply* 12V yang berfungsi sebagai penyearah [11]. Tegangan *input* berupa tegangan AC dari keluaran yang akan disearahkan oleh *power supply* kemudian menghasilkan tegangan DC bernilai 12V. Selanjutnya, tegangan DC 12V diturunkan menjadi 5V menggunakan modul DC-DC *step down*.

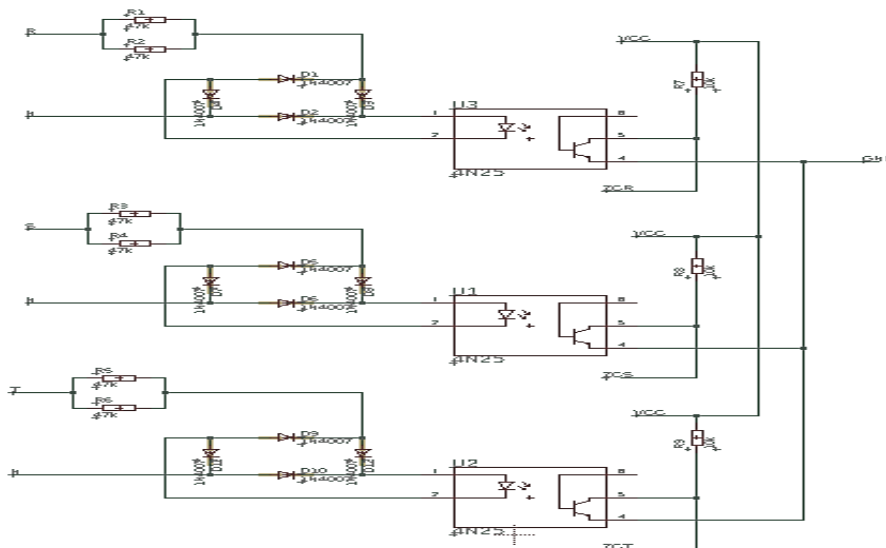


Gambar 4. Rangkaian Catu Daya

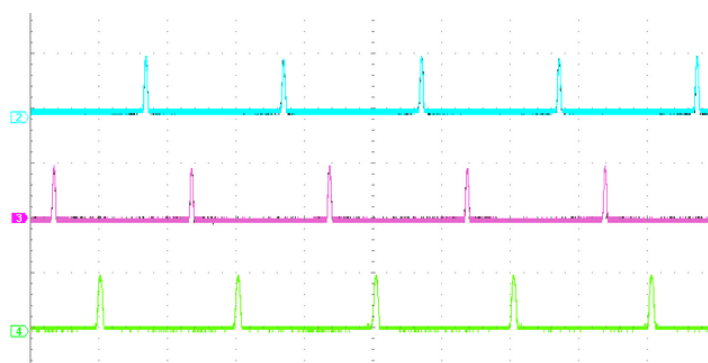
Perancangan Zero Crossing Detector

Zero crossing detector berfungsi untuk mengidentifikasi saat gelombang sinus tegangan AC melintasi titik nolnya. [12]. Dilakukan perancangan rangkaian menggunakan

optoisolator 4n25 dengan *receiver* tipe transistor. Tegangan *input* sebesar 230V AC akan masuk ke resistor yang terpasang paralel kemudian disearahkan menggunakan *diode bridge*. Keluaran penyearah akan menghasilkan tegangan DC dengan referensi titik nol gelombang sinus, sehingga membentuk sinyal sesaat yang kemudian diteruskan ke optoisolator 4n25. Keluaran dari rangkaian ini adalah pulsa sempit dengan tegangan DC sebesar 5V ketika kondisi *HIGH*[13].



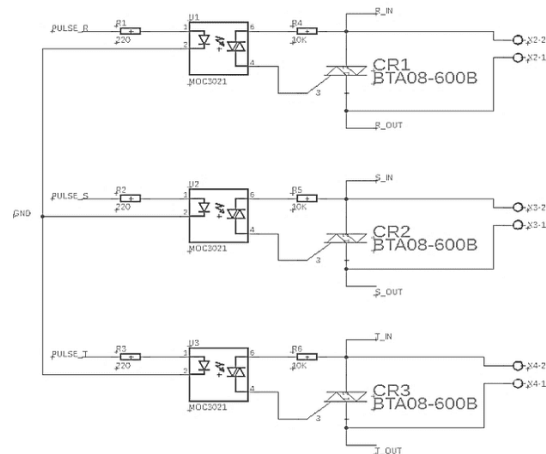
Gambar 5. Skematik Rangkaian Zero Crossing Detector



Gambar 6. Bentuk Pulsa Sempit Zero Crossing Detector Fasa R, S, dan T

Perancangan Gate Driver

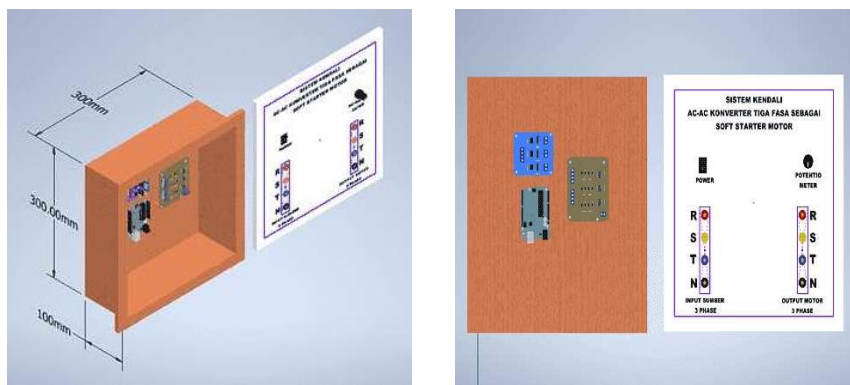
Gate driver yang akan digunakan, dirancang untuk dapat meneruskan sinyal dari rangkaian kontrol ke rangkaian daya. Optoisolator yang digunakan yaitu tipe *receiver* diac atau MOC3021. Optoisolator tipe ini dipilih untuk mengontrol rangkaian daya bersumber AC. IC MOC3021 digunakan sebanyak 3 buah untuk mengontrol 3 buah TRIAC pada rangkaian daya.



Gambar 7. Skematik Rangkaian Gate Driver

Perancangan Box Alat

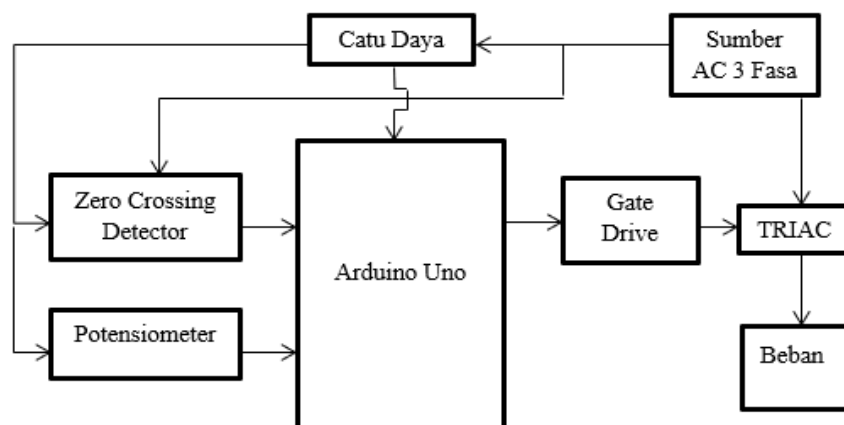
Dalam kotak persegi dengan ukuran 30 cm x 30 cm x 10 cm, perancangan rangkaian kontrol terdiri dari Arduino Uno, rangkaian detektor zero crossing, rangkaian gate drive, rangkaian daya, dan rangkaian pendukung lainnya. Berikut adalah gambar dan ukuran kotak rangkaian kontrol.



Gambar 8. Perancangan Box Alat

Perancangan Hardware

Secara keseluruhan, prinsip kerja sebuah alat dan simulasi *soft starter* Motor 3 fasa dengan AC- AC konverter dapat digambarkan pada sebagaimana yang terlihat dalam Gambar 1 dibawah ini:



Gambar 9. Diagram Blok Perancangan Konverter AC-AC

Pada gambar 9 dapat dilihat bahwa Konverter AC-AC merupakan rangkaian pengontrol fasa, dalam pengaturan fasa tersebut, tegangan AC masukan diubah menjadi tegangan AC keluaran yang dapat dimodifikasi. Dalam pengaturan ini, komponen saklar daya yang digunakan adalah TRIAC, yang mengontrol sudut penyalan pada rangkaian. [14]. Sumber daya PLN 3 fasa digunakan untuk komponen *TRIAC* sebagai masukan daya untuk penyearahan terkendali dan sebagai input catu daya untuk rangkaian *zero crossing*. *Zero Crossing* mendeteksi titik silang nol pada gelombang sinus atau tegangan AC 3 fasa untuk menentukan tundaan sudut penyalan yang dibangkitkan, titik inilah menjadi acuan.

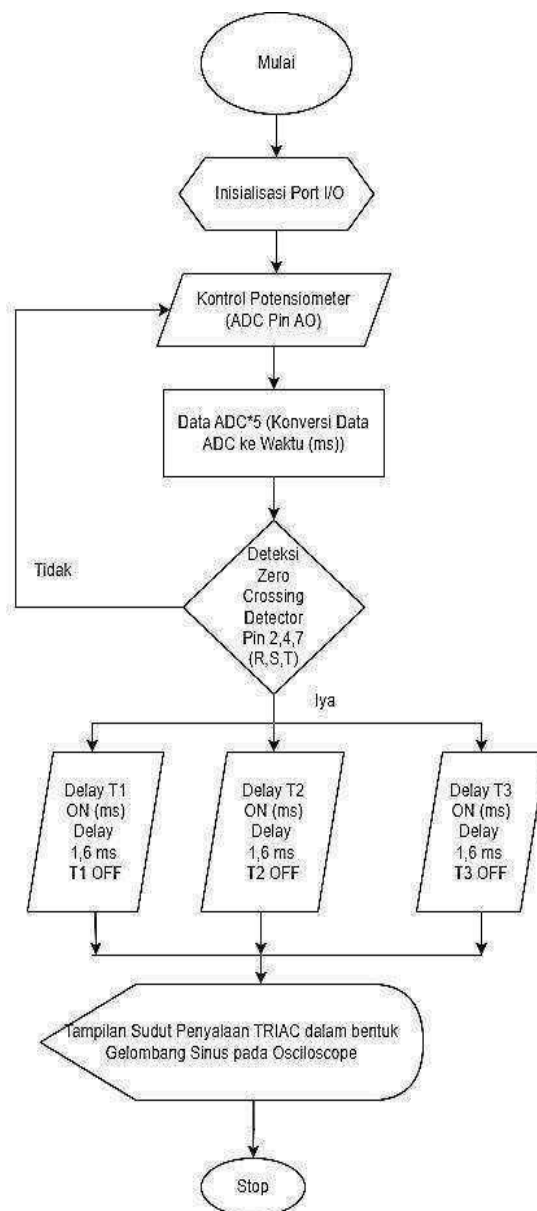
Metode pengaturan sudut penyalan yaitu dengan menggunakan rangkaian analog. Pertama kali, *Arduino* diberi suplai tegangan dari catu daya pada komputer atau power supply. Lalu kontrol *Potensiometer* untuk input analog yang diubah ke digital melalui *Arduino*[15]. *Arduino Uno* berfungsi sebagai pusat pengendalian penyearahan terkendali dan mendeteksi sinyal pada masing-masing fasa dari *zero crossing*, kemudian memberikan gelombang pulsa sempit dengan tegangan DC sebesar 5V ketika kondisi *HIGH*. Gelombang pulsa ini dihubungkan ke gate drive untuk mengontrol sudut penyalan *TRIAC*.

Fungsi *Gate Drive* disini sebagai rangkaian yang menghubungkan dan mengisolasi *Arduino* (tegangan kerja rendah) dan rangkaian daya *TRIAC* (tegangan kerja tinggi)[16]. *TRIAC* mengatur tegangan keluaran AC bervariasi, yang artinya dari tegangan AC *V konstan* menjadi tegangan AC *variabel* (bisa berubah-berubah)[17]. Beban yang digunakan pada rangkaian penyearah ini adalah motor listrik 3 fasa dengan *starting soft starter*. *Soft Starter* mengendalikan tegangan yang diberikan ke motor. Prinsip kerjanya adalah dengan memberikan tegangan rendah pada awalnya kepada motor atau beban tiga fasa, sehingga arus dan torsi yang dihasilkan juga rendah. [18]. Selanjutnya tegangan akan dinaikan secara bertahap sampai ke nominal. Sehingga pada saat motor induksi dihentikan maka tegangan juga dikurangi secara perlahan [19].

Flowchart

Konsep operasi dari konverter tiga fasa ini bisa dipahami dengan merujuk pada diagram alir gambar 10

1. Sambungkan konverter ke sumber listrik PLN tiga fasa dengan tegangan 220V, dan hubungkan port I/O *Arduino* ke komputer.
2. Atur sudut penyalan sebagaimana diinginkan menggunakan potensiometer.
3. Kemudian, nilai sudut penyalan yang telah dikontrol dibaca oleh ADC *Arduino* dan diteruskan ke rangkaian *zero crossing detector*.
4. Dari sana, sinyal menuju ke gate drive, di mana *TRIAC* dapat diatur tegangannya sesuai dengan pengaturan potensiometer dengan penundaan dan sudut yang telah ditentukan.

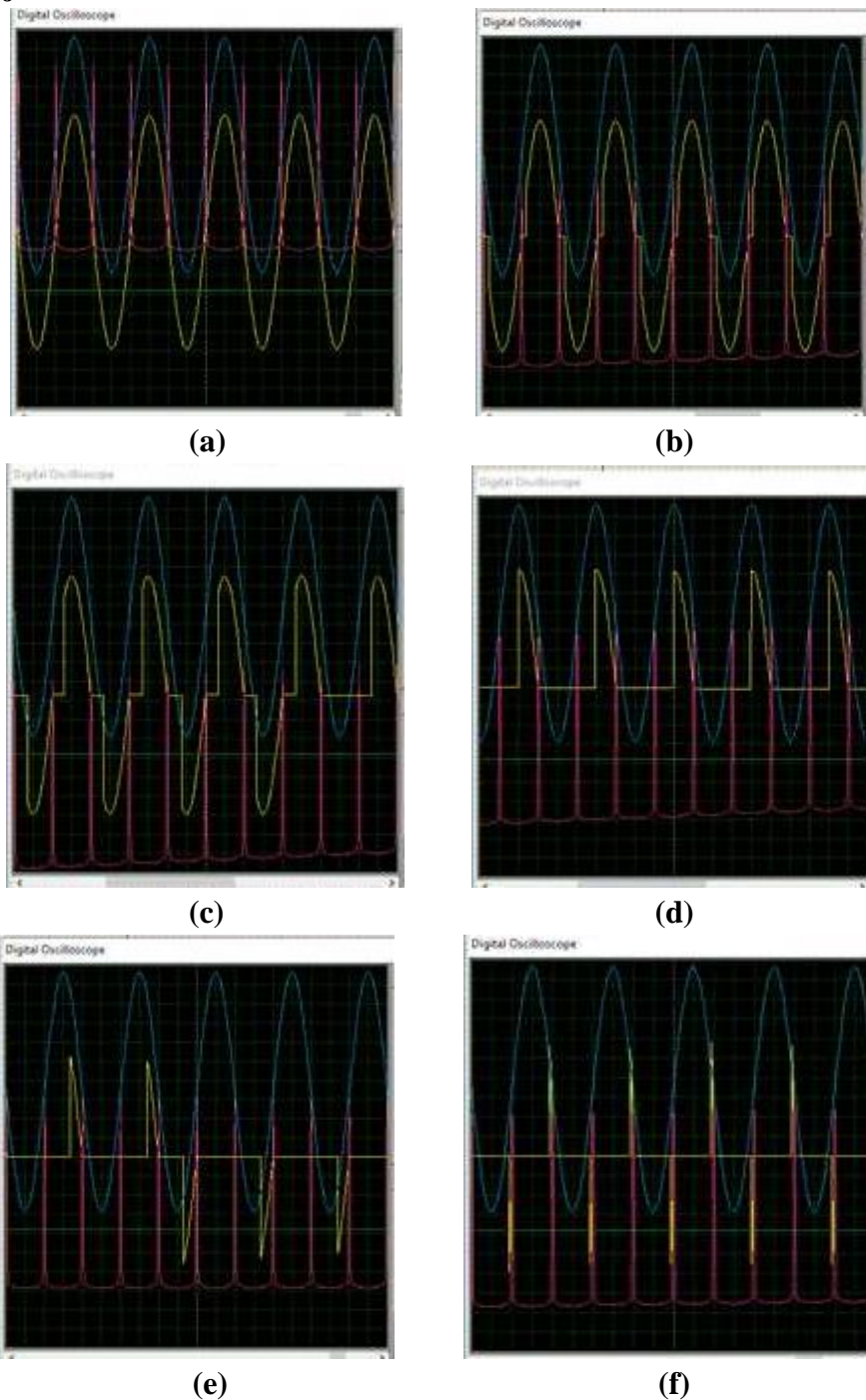


Gambar 10. Flowchart Sistem Alat

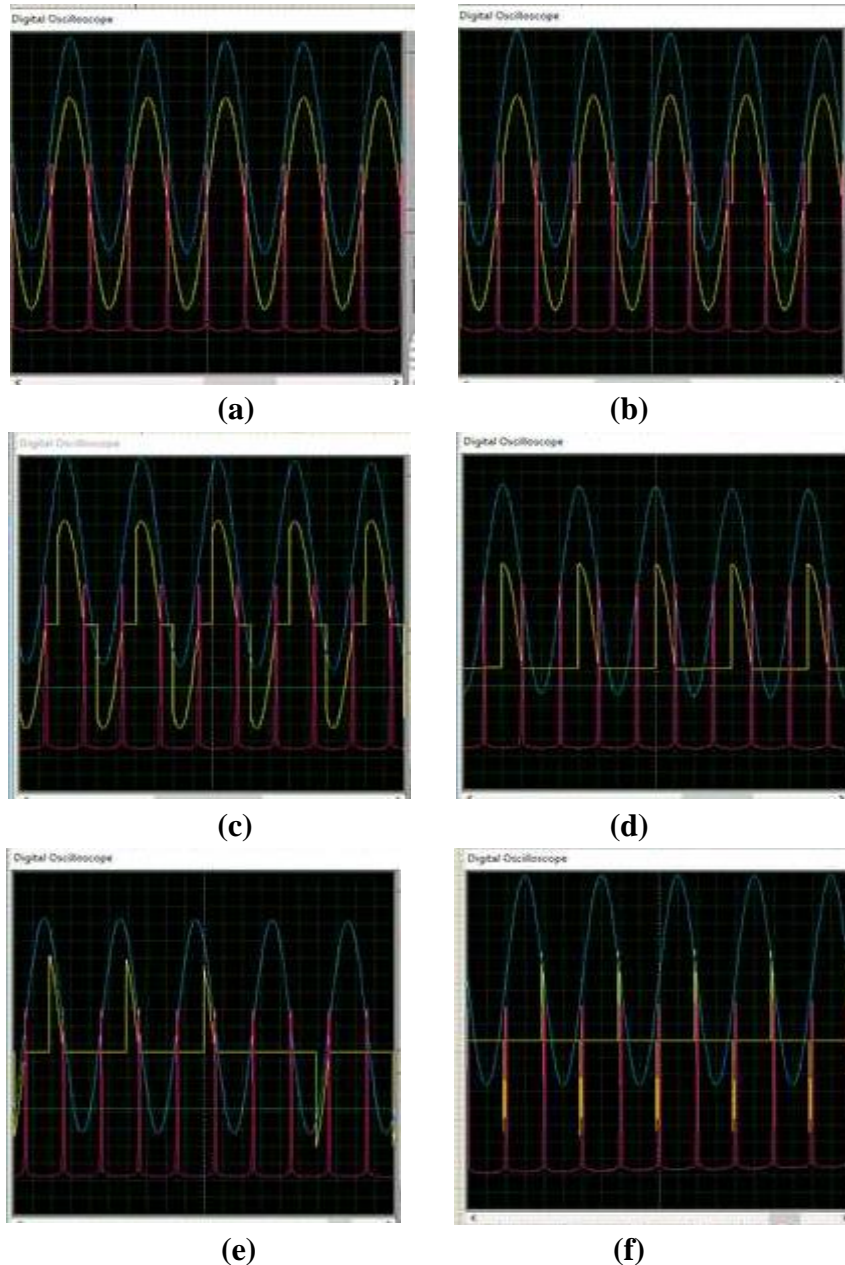
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini, akan ada serangkaian eksperimen yang dilakukan simulasi ac-ac konverter dengan mengatur sudut penyalan menggunakan *software* Proteus 8 Professional Versi 8.16 dan pengujian pada alat ac-ac konverter untuk kendali *soft starter* motor 3 fasa. Setiap parameter seperti tegangan, arus dan frekuensi diamati. Hasil simulasi dapat dilihat pada gambar 11, Gambar 12, dan Gambar 13.

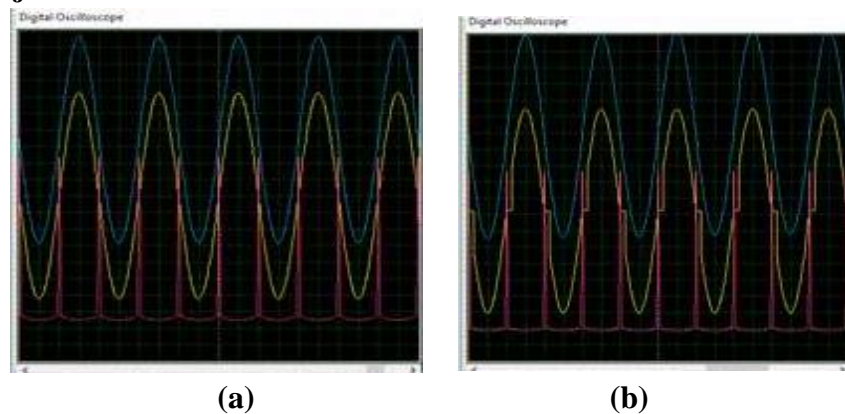
Simulasi Uji Fasa R

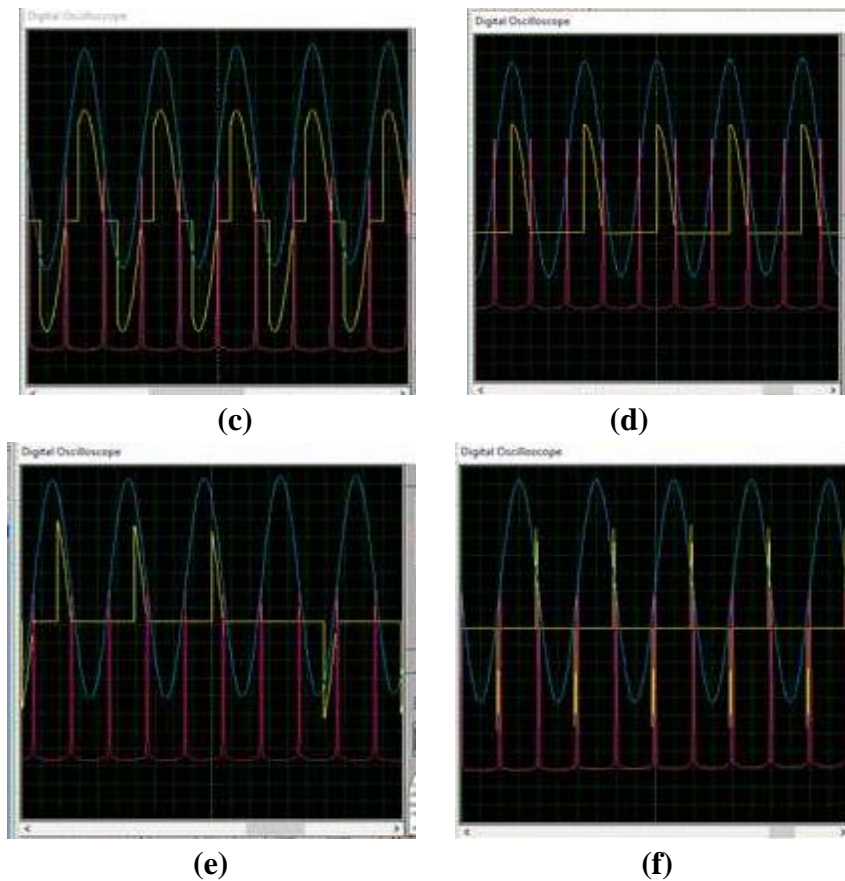


Gambar 11. Menunjukkan bentuk gelombang simulasi Proteus yang dihasilkan dari fase R, detektor peralihan nol R, dan tegangan masukan R pada sudut (a) 0° , (b) 30° , (c) 60° , (d) 90° , (e) 120° , dan (f) 180° .

Simulasi Uji Fasa S

Gambar 12. Menunjukkan simulasi Proteus yang menggambarkan bentuk gelombang keluaran dari fase S, detektor peralihan nol S, dan tegangan masukan S pada sudut (a) 0°, (b) 30°, (c) 60°, (d) 90°, (e) 120°, dan (f) 180°.

Simulasi Uji Fasa T

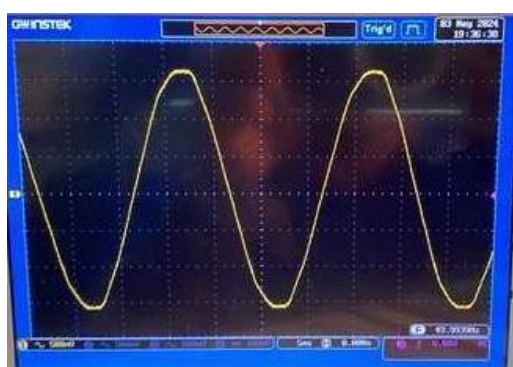


Gambar 13. Menampilkan simulasi Proteus yang memvisualisasikan bentuk gelombang keluaran dari fase T, detektor peralihan nol T, dan tegangan masukan T pada sudut (a) 0° , (b) 30° , (c) 60° , (d) 90° , (e) 120° , dan (f) 180° .

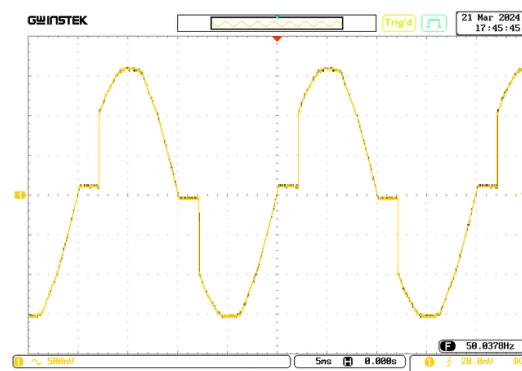
Pengukuran Dan Pengujian Pada Alat

Data yang diperoleh dari pengujian ini berasal dari penggunaan beban motor tiga fasa yang terhubung. bintang yang menggunakan ac-ac konverter 3 fasa sebagai *soft starter*. Gelombang keluaran diatur dengan sudut penyalan yang digunakan terlihat pada gambar 14, Gambar 15, dan Gambar 16.

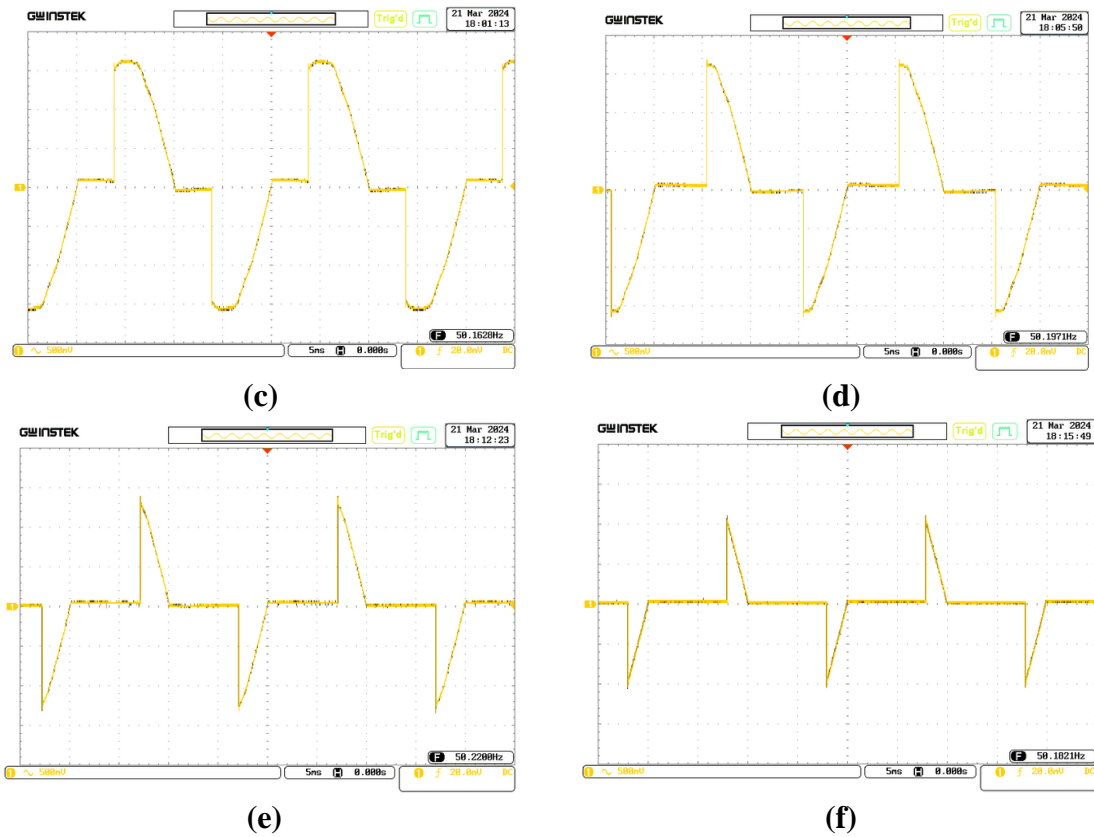
Uji Fasa R AC-AC Konverter 3 Fasa



(a)

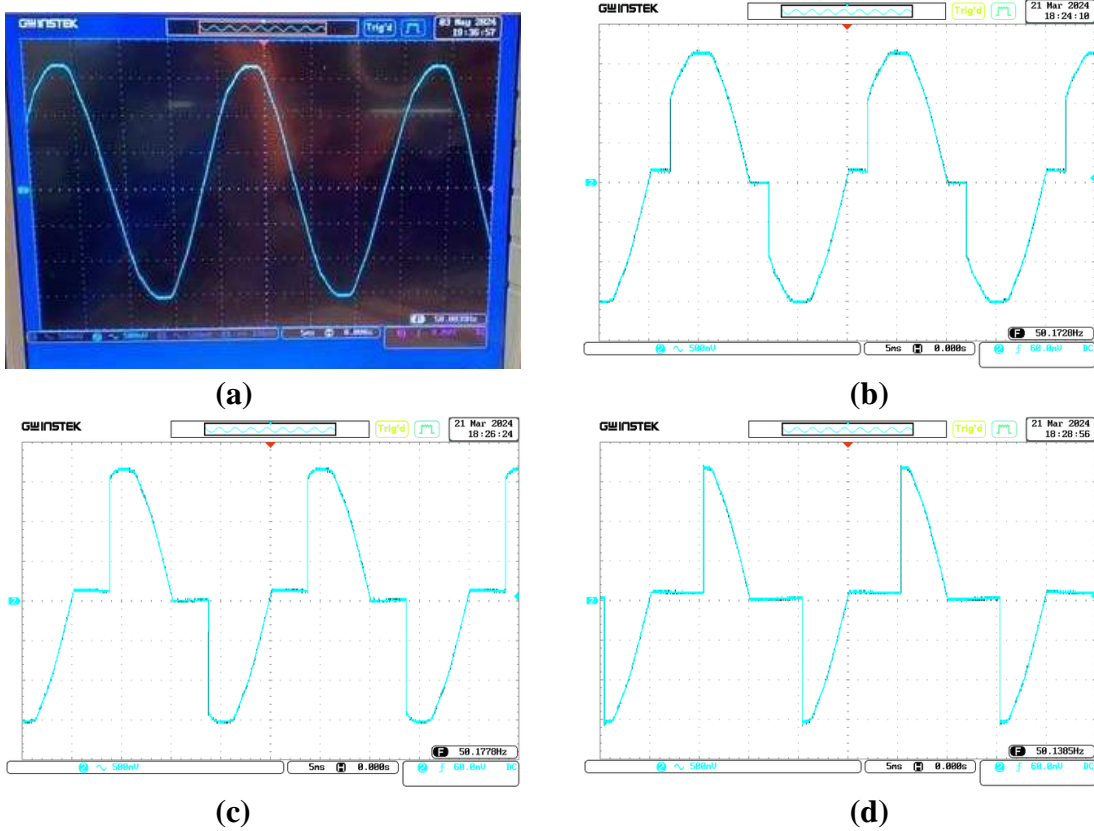


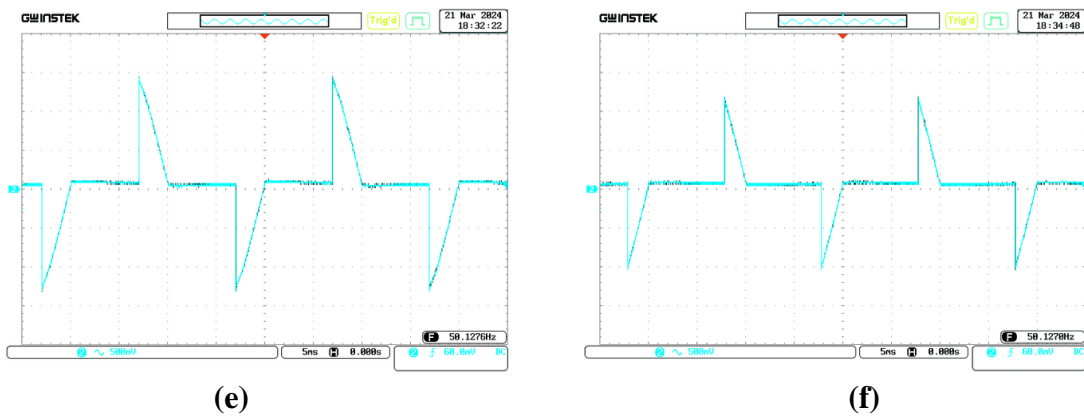
(b)



Gambar 14. Tampilan Gelombang Output dari Konverter AC-AC Fasa R pada sudut (a) 0°, (b) 30°, (c) 60°, (d) 90°, (e) 120°, dan (f) 180°.

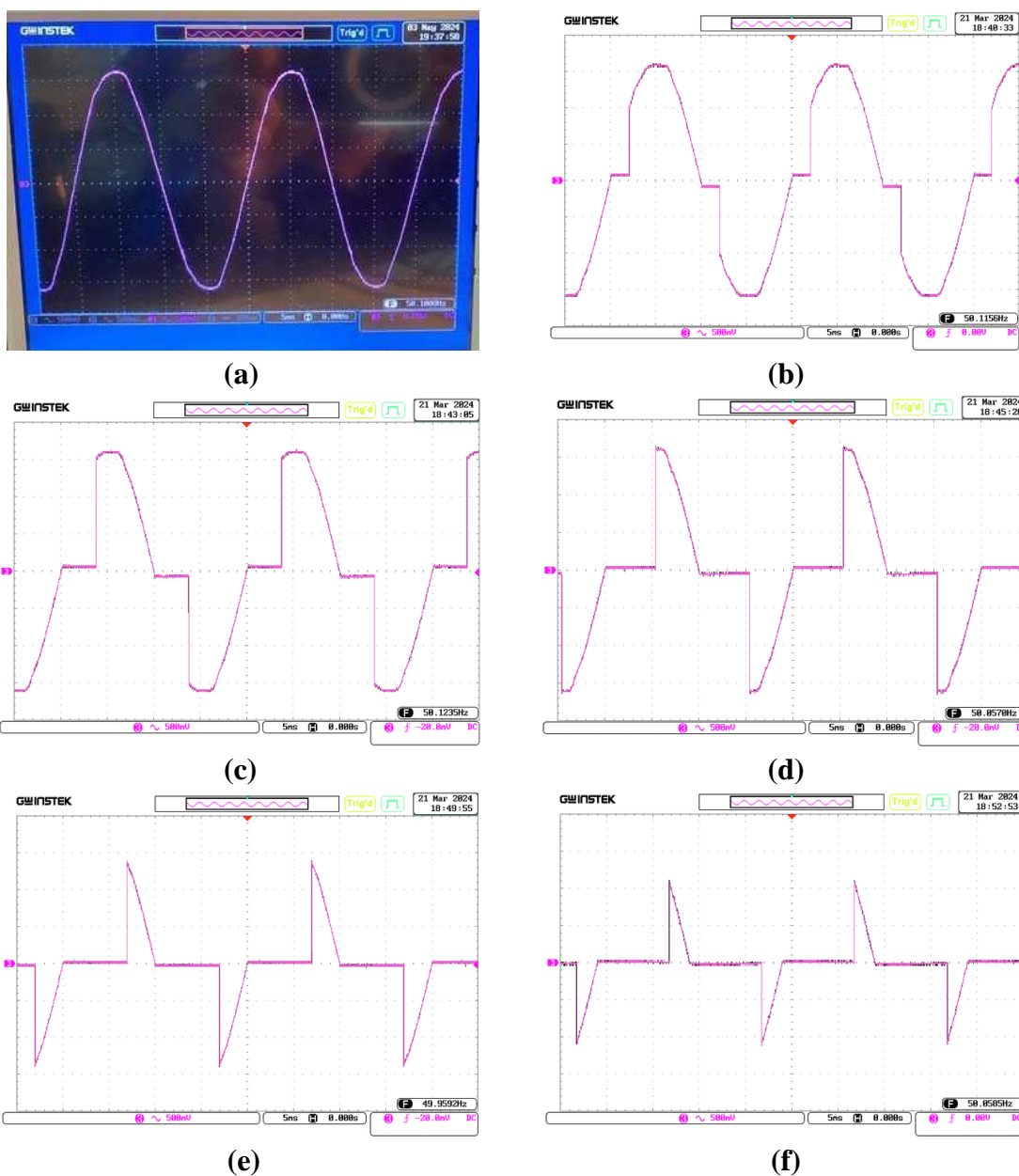
Uji Fasa S AC-AC Konverter 3 Fasa





Gambar 15. Gelombang Output dari Konverter AC-AC Fasa S pada sudut (a) 0°, (b) 30°, (c) 60°, (d) 90°, (e) 120°, dan (f) 180°.

Uji Fasa T AC-AC Konverter 3 Fasa



Gambar 16. Gelombang Output dari Konverter AC-AC Fasa T pada sudut (a) 0°, (b) 30°, (c) 60°, (d) 90°, (e) 120°, dan (f) 180°.

Table 1. Data Pengujian Pin Arduino Uno

Parameter yang diukur	Hasil Pengukuran
Pin 5V Arduino Uno	4.94V
Pin digital jika kondisi <i>HIGH</i>	4.93V
Pin digital jika kondisi <i>LOW</i>	0V

Table 2. Data Pengujian Zero Crossing Detector

Zero Crossing Detector	Input	Output
Fasa R	236V AC	4.9V DC
Fasa S	236V AC	4.9V DC
Fasa T	237V AC	4.9V DC

Table 3. Data Pengujian AC-AC Konverter 3 Fasa

Sudut Penyalan (α)	Fasa R (Volt)	Fasa S (Volt)	Fasa T (Volt)
0°	231,2	231,3	232,1
30°	220	222,6	226,2
60°	196,2	199,3	202,1
90°	152,4	156,3	158,3
120°	91,3	95,8	98,7
180°	56,22	61,56	62,66

Hasil nilai us didapatkan dari T (periode setengah gelombang pada frekuensi 50Hz) sebagai berikut:

$$T = 1/f$$

$$T = 1/50\text{Hz}$$

$$T = 20.000 \text{ us}$$

Karna triac mengatur setengah gelombang, maka pemakaian sudut adalah 180°. Jika 360° adalah nilai dari periodanya 20.000us, Maka 180° adalah setengah dari 20.000us yaitu 10.000us. Hasil yang dipakai itu adalah nilai dari T (periode setengah gelombang pada frekuensi 50Hz).

Rumus untuk mendapatkan periode dari sudut yang diinginkan kemudian dimasukkan ke program Arduino adalah sebagai berikut:

$$T = \frac{\alpha}{\pi} \times 10.000us$$

$$= \frac{\alpha}{180^\circ} \times 10.000us$$

$$= \dots us$$

Keterangan : T = Periode

α = Sudut

π = Setengah gelombang (180°)

1. Sudut 0°

$$\begin{aligned} T &= \frac{\alpha}{\pi} \times 10.000 \mu s \\ &= \frac{0}{180^\circ} \times 10.000 \mu s \\ &= 278 \mu s \end{aligned}$$

2. Sudut 30°

$$\begin{aligned} T &= \frac{\alpha}{\pi} \times 10.000 \mu s \\ &= \frac{30}{180^\circ} \times 10.000 \mu s \\ &= 1667 \mu s \end{aligned}$$

3. Sudut 60°

$$\begin{aligned} T &= \frac{\alpha}{\pi} \times 10.000 \mu s \\ &= \frac{60}{180^\circ} \times 10.000 \mu s \\ &= 3334 \mu s \end{aligned}$$

4. Sudut 90°

$$\begin{aligned} T &= \frac{\alpha}{\pi} \times 10.000 \mu s \\ &= \frac{90}{180^\circ} \times 10.000 \mu s \\ &= 5001 \mu s \end{aligned}$$

5. Sudut 120°

$$\begin{aligned} T &= \frac{\alpha}{\pi} \times 10.000 \mu s \\ &= \frac{120}{180^\circ} \times 10.000 \mu s \\ &= 6667 \mu s \end{aligned}$$

6. Sudut 180°

$$\begin{aligned} T &= \frac{\alpha}{\pi} \times 10.000 \mu s \\ &= \frac{176,4}{180^\circ} \times 10.000 \mu s \\ &= 9800 \mu s \end{aligned}$$

KESIMPULAN DAN SARAN

Pada penelitian ini dilakukan pengontrolan tegangan keluaran motor tiga fasa menggunakan *soft starter* dengan ac-ac konverter 3-fasa. Penggunaan dari *Soft starter* ini dapat mengurangi lonjakan arus awal yang tinggi saat motor tiga fasa dihidupkan dan memberikan proteksi tambahan terhadap motor ketika memulai operasinya dengan tegangan rendah. Dari hasil penelitian didapatkan tegangan keluaran bervariasi yang artinya dari tegangan AC *V konstan* menjadi tegangan AC *variabel* (bisa berubah-berubah) dengan metode pengaturan sudut penyalan. Konsep dasar konverter ac-ac tiga fasa sebagai *soft starter* motor tiga fasa bekerja dengan cara mengontrol tegangan output melalui sudut penyalan pada setiap fasa. Pengendalian ini melibatkan penggunaan TRIAC yang diaktifkan oleh mikrokontroler Arduino Uno. Sebagai pusat pengendalian

penyearahan terkendali dan mendeteksi sinyal pada masing-masing fasa dari *zero crossing*. Kemudian memberikan gelombang pulsa sempit yang dihubungkan ke gate drive untuk mengontrol sudut penyalaan. Sehingga bentuk gelombang sinus yang dihasilkan tergantung dari regulasi sudut penyalaan yang diinginkan.

Saran dari penulis yaitu mnciptakan sistem kerja alat yang lebih akurat dengan menambahkan sensor kecepatan (RPM). Ketika motor 3 fasa dalam keadaan beroperasi, putaran kecepatan motor di deteksi oleh sensor yang dipakai sesuai dengan sudut penyalaan diinginkan. Sehingga hasil pembacaan antara sudut penyalaan dan kecepatan motor (RPM) sinkron dan menambahkan indikator tegangan contohnya display voltmeter digital atau lcd, supaya kita dapat mengetahui berapa tegangan yang dihasilkan dengan sudut penyalaan yang kita atur.

REFERENSI

- [1] S. L. Luthfiani and K. Krismadinata, “Rancang Bangun AC to AC Converter Tiga Fasa dengan Visual Basic,” *JTEV (Jurnal Tek. Elektro dan Vokasional)*, vol. 6, no. 2, p. 152, 2020, doi: 10.24036/jtev.v6i2.108705.
- [2] A. Konverter and P. Aplikasi, “KONVERTER AC-AC Prinsip dan Aplikasi”.
- [3] A. P. Rusdi, “Sistem Pengendalian Suhu Pada Proses Distilasi Vakum Bioetanol Menggunakan Kontrol Logika Fuzzy,” *J. Publ.*, no. 0910630026, pp. 1–6, 2014.
- [4] D. Fiandri and K. Krismadinata, “Regulasi Tegangan dan Frekuensi GIPS Menggunakan ELC Topologi AC-AC Konverter 3 Fasa,” *MSI Trans. Educ.*, vol. 03, no. 03, 2022, [Online]. Available: <http://msirp.org/journal/index.php/mtd/article/view/89>
- [5] H. Hadiyanto and R. Kango, “Pengendali Motor 3 Phase Berbasis Arduino,” *Semnas Ristek (Seminar Nas. Ris. dan Inov. Teknol.)*, vol. 6, no. 1, pp. 2020–2023, 2022, doi: 10.30998/semnasristek.v6i1.5827.
- [6] T. Ongko Priyono and M. Gilang Ramadhan, “Studi Analisa Perbandingan Kontrol Kecepatan Motor Induksi Menggunakan Triac Bt136,” *J. Ilm. Elektrokrisna*, vol. 9, no. 1, pp. 45–54, 2021.
- [7] Theodore Wildi, “Teori Motor Induksi Tiga Fasa,” *Kementerian Pendidik. dan Kebud. Republik Indones.*, vol. 2, no. 1, pp. 7–37, 2017, [Online]. Available: <https://repository.usm.ac.id/files/skripsi/C41A/2016/C.431.16.0007/C.431.16.0007-05-BAB-II-20210302081605.pdf>
- [8] B. Dwi Nugraha, Andi Dwi Andre, and Safaruddin, “Analisis Sistem Starting Soft Starter Motor Listrik Pt.Semen Baturaja,” *J. Multidisipliner KAPALAMADA /Vol I*, vol. 3, no. 3, p. 2022, 2022.
- [9] M. Zaki, “PERANCANGAN SOFT STARTING PADA MOTOR INDUKSI SATU FASA PROYEK AKHIR Laporan akhir ini dibuat dan diajukan untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan Diploma IV Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung Disusun Oleh,” 2021.
- [10] R. Risdiandi, “Analisis Cara Kerja Sensor Ultrasonik Menggunakan Mikrokontroler Arduino Uno Untuk Merancang Alat Deteksi Banjir Secara Otomatis,” *OSF Prepr. January*, vol. 1, no. January 2020, p. 1, 2021, doi: 10.13140/RG.2.2.24386.61123.

- [11] P. Saputra, "Smart Home Dengan Speech Recognition Melalui Bluetooth Berbasis Android," *J. Elektron. Pendidik. Tek. Elektron.*, vol. 7, no. 2, pp. 38–55, 2018.
- [12] P. Algoritma, G. Untuk, M. Optimasi, K. Jalur, T. Dalam, and K. Travelling, "Jurnal Teknologi Terpadu PROBLEM," *J. Teknol. Terpadu Vol.*, vol. 7, no. 2, pp. 77–82, 2021, [Online]. Available: <https://journal.nurulfikri.ac.id/index.php/jtt/article/download/318/201>
- [13] U. M. Sidoarjo, *Fakultas teknik program studi teknik elektro universitas muhammadiyah sidoarjo 2018*. 2018.
- [14] J. F. Mandala, "Penguatan Tegangan Generator Permanen Magnet Dengan Menggunakan Konverter Ac-Ac," *J. Media Elektro*, vol. VIII, no. 2, pp. 164–171, 2019, doi: 10.35508/jme.v0i0.1895.
- [15] E. Gunawan and A. B. Maulana, "Rancang Bangun Prototype Sistem Penyortiran Barang Melalui Kode Warna (Ourcode) Berbasis Arduino Uno," *J. Cahaya Bagaskara*, vol. 1, no. 1, pp. 22–29, 2017.
- [16] R. Erwanda, "Rancang Bangun Prototipe Pengendali Kecepatan Motor," 2016.
- [17] Krismadinata, D. Fiandri, Asnil, I. Husnaini, M. N. Abdullah, and M. Singh, "Voltage and frequency regulation induction generator employing AC-AC converter," *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 1281, no. 1, 2023, doi: 10.1088/1755-1315/1281/1/012039.
- [18] D. Teknik, E. Otomasi, and F. Vokasi, "PERANCANGAN SOFT STARTING PADA MOTOR INDUKSI 3 FASA MENGGUNAKAN MIKROKONTROLER," 2017.
- [19] A. Junaidi and S. Damayanti, "Analisis Efektifitas Penggunaan Metode Soft Starter saat Start awal pada pengoperasian Motor 220 kW," *Energi & Kelistrikan*, vol. 11, no. 2, pp. 55–65, 2019, doi: 10.33322/energi.v11i2.559.

Halaman ini sengaja dikosongkan