

# OPTIMASI KINERJA MOTOR AC SATU FASA DENGAN MENGGUNAKAN CYCLOCONVERTER

Asif Wildan<sup>1</sup>, Muchamad Wahyu Prasetyo<sup>2</sup>, Ilham Ari Elbaith Zaeni<sup>3</sup>, Langlang Gumilar<sup>4</sup>, \*Aripriharta<sup>5</sup>

<sup>1,2,3,4,5</sup>Departemen Teknik Elektro dan Informatika, Universitas Negeri Malang  
<sup>1,2,3,4,5</sup> Jl. Semarang 5 Malang 65145 Jawa Timur Indonesia

email: [wildanasif9@gmail.com](mailto:wildanasif9@gmail.com)<sup>1</sup>, [wahyuprasetyo11e3@gmail.com](mailto:wahyuprasetyo11e3@gmail.com)<sup>2</sup>, [ilham.ari.ft@um.ac.id](mailto:ilham.ari.ft@um.ac.id)<sup>3</sup>, [langlang.gumilar.ft@um.ac.id](mailto:langlang.gumilar.ft@um.ac.id)<sup>4</sup>

Correspondence E-mail: \*[aripriharta.ft@um.ac.id](mailto:aripriharta.ft@um.ac.id)<sup>5</sup>

**Abstract** — *In this research, the author attempts to design a cycloconverter that functions as an AC to AC converter with the ability to directly change the frequency of the input voltage. The main application of the cycloconverter is as a controller for a single-phase AC motor. The motor used in this design is a type of universal motor that is generally used in sewing machines. Motor control uses an ATmega16 microcontroller which acts as a control centre for the power circuit. This system has an LCD, trigger button, and cycloconverter power circuit to run the motor.*

*Based on the results of design and testing, conclusions can be drawn regarding the use of a cycloconverter as an optimisation of the performance of a single-phase AC motor as follows; (1.) In designing a single-phase AC motor controller using a cycloconverter, system design, hardware, and software are carried out. (2.) System design includes making a series of LCD modules, zero crossing detectors, trigger buttons, SCR power circuits, and optocoupler isolation circuits. (3.) Testing is done per block and as a whole on the designed cycloconverter. (4.) Cycloconverter as an optimisation of single-phase AC motor performance is successfully made using ATmega16 microcontroller as control, LCD for display, trigger button for data input, optocoupler isolation circuit for separator between logic block and power block, and SCR power circuit for single-phase AC motor controller.*

**Keywords:** Cycloconverter, Motor AC Single-phase, Optimisation.

**Abstrak** – Dalam penelitian ini, penulis berupaya merancang sebuah cycloconverter yang berfungsi sebagai konverter AC ke AC dengan kemampuan langsung mengubah frekuensi tegangan masukan. Aplikasi utama cycloconverter tersebut adalah sebagai pengendali untuk motor AC satu fasa. Motor yang digunakan dalam perancangan ini adalah jenis motor universal yang umumnya digunakan pada mesin jahit. Pengendalian motor menggunakan mikrokontroler ATmega16 yang berperan sebagai pusat kontrol untuk rangkaian daya. Sistem ini terdapat LCD, tombol pemicu, serta rangkaian daya cycloconverter guna menjalankan motor tersebut.

Berdasarkan hasil perancangan dan pengujian, dapat diambil kesimpulan mengenai penggunaan cycloconverter sebagai optimasi kinerja motor AC 1 Fasa sebagai berikut; (1.) Dalam perancangan pengendali motor AC satu fasa menggunakan cycloconverter, dilakukan perancangan sistem, perangkat keras, dan perangkat lunak. (2.) Perancangan sistem meliputi pembuatan rangkaian modul LCD, detektor pelintas nol, tombol pemicu, rangkaian daya SCR, dan rangkaian isolasi optocoupler. (3.) Pengujian dilakukan secara per blok maupun secara keseluruhan pada cycloconverter yang dirancang. (4.) Cycloconverter sebagai optimasi kinerja motor AC satu Fasa berhasil dibuat dengan menggunakan mikrokontroler ATmega16 sebagai kontrol, LCD untuk tampilan, tombol pemicu untuk masukan data, rangkaian isolasi optocoupler untuk pemisah antara blok logika dan blok daya, serta rangkaian daya SCR untuk pengendali motor AC satu fasa.

**Kata Kunci** – Cycloconverter, Motor AC satu fasa, Optimasi.

## I.PENDAHULUAN

Cycloconverter merupakan salah satu macam dari konverter elektronika daya yang termasuk dalam jenis konverter abb-abb (arus bolak balik/AC). Pengaturan tegangan bolak balik (AC voltage controller) menghasilkan tegangan keluaran yang variable namun frekuensi dari tegangan keluaran tersebut sama dengan frekuensi tegangan bolak balik masukannya [1]. Cyclo-converter dapat memiliki tegangan keluaran serta frekuensi yang variable tanpa membutuhkan satu atau lebih tahapan lanjutan atau dengan kata lain dapat merubah frekuensi secara langsung [2].

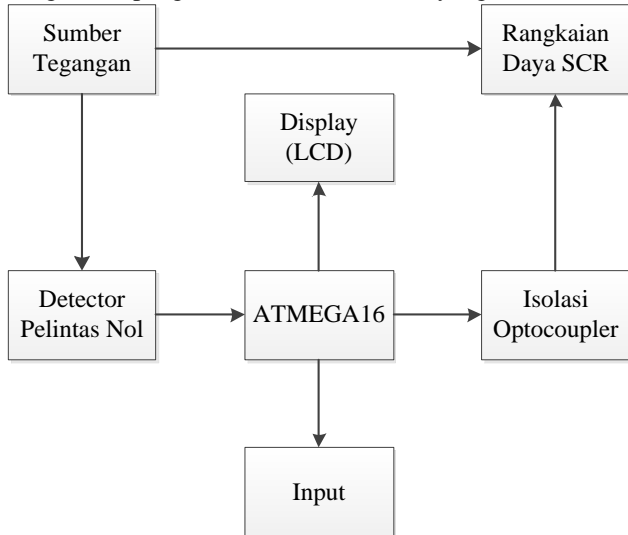
Dalam pengaturan kecepatan motor universal, terdapat beberapa metode yang digunakan, seperti menggunakan tahanan depan (rheostat resistance) dan tapping medan. Namun, metode-metode tersebut memiliki kekurangan dalam hal efisiensi karena terdapat rugi-rugi daya yang timbul akibat tahanan depan (I<sup>2</sup>R losses) [3]. Dalam konteks ini, penting untuk memperhatikan hubungan yang konsisten antara tegangan dan kecepatan pada motor universal yang selalu berbanding lurus.

Dalam hal ini, pendekatan yang lebih efektif untuk mengatur kecepatan motor universal adalah dengan membuat tegangan yang dapat diubah-ubah atau divariasikan [4]. Dengan cara ini, kita dapat mengontrol kecepatan motor tanpa harus mengandalkan tahanan depan yang membutuhkan disipasi energi dalam bentuk panas [5]. Menghasilkan tegangan yang bervariasi memungkinkan kita untuk secara presisi menyesuaikan kecepatan motor sesuai kebutuhan aplikasi tanpa mengorbankan efisiensi energi. Dengan kemajuan dalam bidang elektronika daya, kita dapat menciptakan variasi tegangan masukan untuk mengatur kecepatan motor universal dengan mengendalikan sudut penyalan komponen elektronika daya seperti MOSFET, TRIAC, dan SCR [6]. Penelitian yang dilakukan oleh Adam pada tahun 2011 menegaskan bahwa dengan mengatur sudut penyalan komponen ini, kita dapat mengubah tegangan masukan motor secara efektif. Dengan demikian, metode ini memberikan kemampuan untuk mengatur kecepatan motor universal secara presisi dan efisien melalui kontrol yang tepat terhadap komponen elektronika daya [7]. Dengan penggunaan cycloconverter diharapkan dapat menggantikan kebutuhan akan transformator yang berat dan lebih sulit yang digunakan pada inverter sebagai pengendali tegangan dan frekuensi yang telah umum [8]. Sehubungan dengan hal tersebut diharapkan nantinya cycloconverter ini bisa dipergunakan sebagai modul percobaan ataupun praktikum bagi Jurusan Teknik Elektro Universitas Negeri Malang.

\*) **penulis korespondensi:** Aripriharta  
Email: [aripriharta.ft@um.ac.id](mailto:aripriharta.ft@um.ac.id)

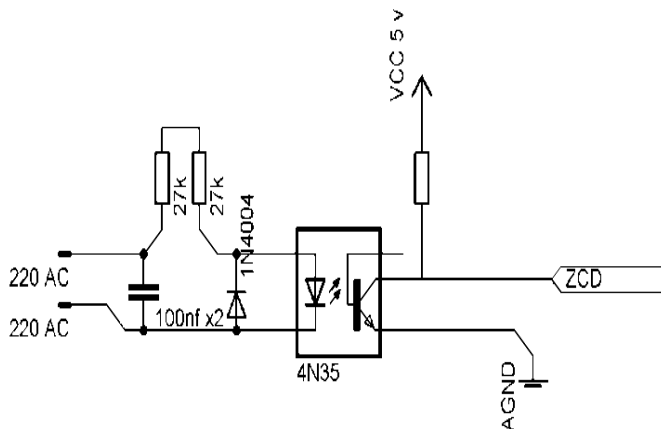
## II. METODE

Cycloconverter ini secara umum terdiri dari 6 bagian rangkaian utama yaitu: bagian push button sebagai pemilih frekuensi dan sebagai pemilih menu, bagian sistem mikrokontroler ATmega16 sebagai pengendali utama, bagian detektor pelintas nol (zero crossing detector) sebagai sinkronisasi penyalan terhadap tegangan AC input, bagian LCD sebagai media penampil kerja cycloconverter serta penampil menu masukan cycloconverter, bagian optocoupler sebagai rangkaian isolasi serta sebagai rangkaian picu bagian rangkaian daya SCR, dan terakhir adalah bagian rangkaian daya yang merupakan rangkaian output dari sistem cycloconverter yang langsung digunakan sebagai driver motor. Berikut adalah diagram blok dari sistem cycloconverter sebagai pengendali motor AC 1 fasa yang akan dirancang.



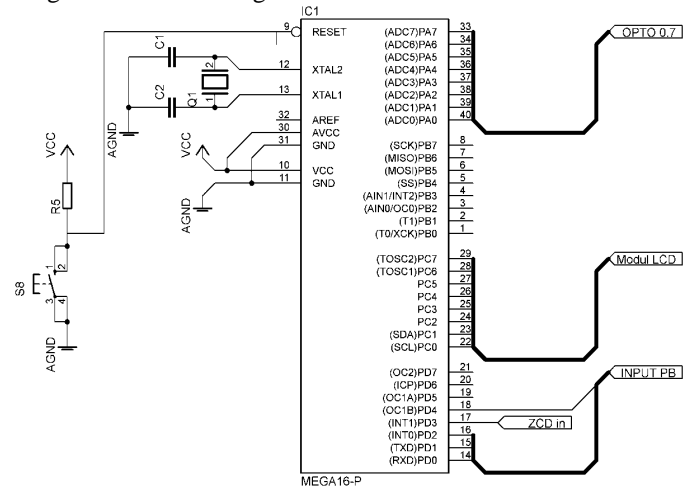
Gambar 1 Diagram Blok Sistem

Untuk perancangan rangkaian zero crossing detector dibutuhkan rangkaian zero crossing yang dapat memotong pada saat gelombang positif fasa tetapi pada saat gelombang negatif rangkaian tersebut memotong pada logika 0 (low) [9]. Gambar 2 menunjukkan perancangan rangkaian zero crossing detector.



Gambar 2 Rangkaian ZCD (Zero Crossing Detector)

Pada perancangan rangkaian minimum sistem ATmega16 diperlukan crystal resonator external dengan clock yang dipakai sebesar 12Mhz, hal itu diperlukan agar didapatkan delay terkecil pada pulsa pemicuan rangkaian daya [10]. PORTA 0-7 terhubung dengan rangkaian isolasi optocoupler, PORT C terhubung dengan display LCD sedangkan PORT D 0-2 dan 4 terhubung dengan rangkaian input data sedangkan PORTD 3 dan 5 terhubung dengan rangkaian zero crossing detector.



Gambar 3 Rangkaian Minimum sistem ATmega 16

Untuk perancangan rangkaian isolasi optocoupler, dibutuhkan resistor pembatas arus sebesar 330Ω yang didapatkan dari persamaan berikut :

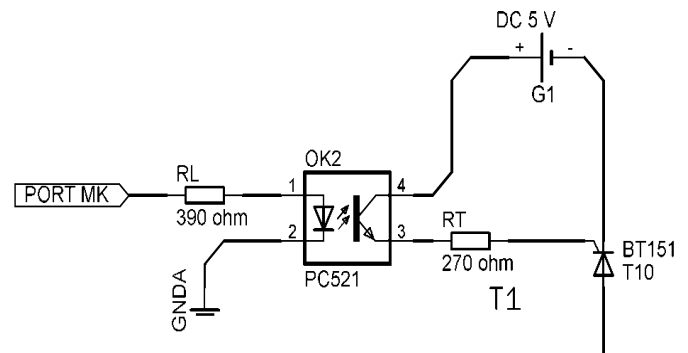
$$RL = \frac{V_{cc} - V_{Led}}{IL} \quad (1)$$

Sebagai pembatas arus pada trigger SCR, terdapat perubahan rumus perhitungan sebagai berikut :

$$RT = \frac{V_{cc} - V_{be} - V_{ce}}{IL} \quad (2)$$

Keterangan:

- V<sub>cc</sub> = tegangan masukan LED/dioda
- V<sub>Led</sub> = tegangan agar led bekerja
- V<sub>ce</sub> = tegangan trigger SCR
- IL = batasan arus yang dihitung

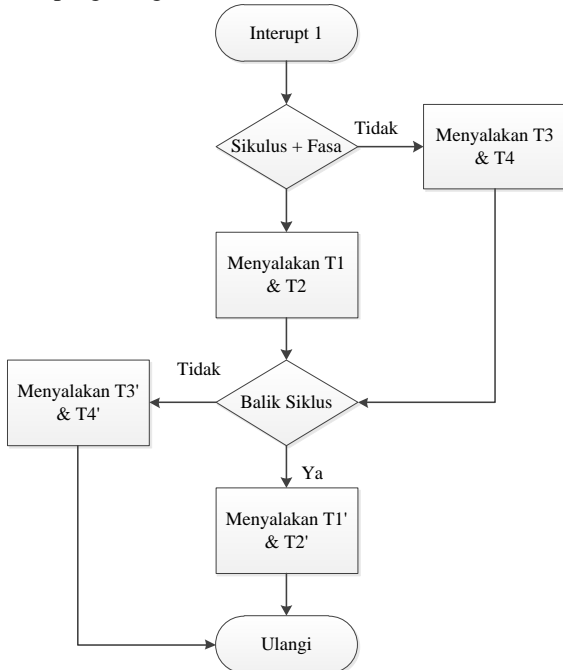


Gambar 4 Rangkaian Isolasi Optocoupler

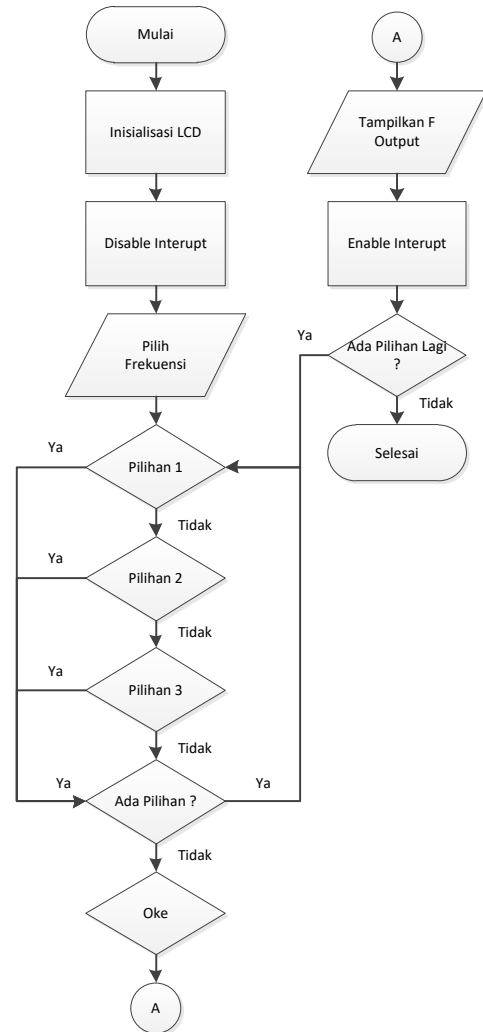
Pada rangkaian ini terdapat dua penyearah satu fasa terkontrol penuh yang dipasang secara anti paralel. Sudut tunda kedua penyearah tersebut diatur sedemikian rupa sehingga tegangan keluaran salah satu konverter sama (equal) dan berlawanan (polaritas) dengan tegangan keluaran konverter

yang lainnya. P - konverter dalam Gambar 5 di atas maksudnya adalah konverter positif dan N converter adalah konverter negatif. Apabila konverter P beroperasi sendiri, tegangan keluaran rata rata ( $V_{dc1}$ ) adalah positif dan bila konverter N beroperasi sendiri maka tegangan keluaran rata ratanya ( $V_{dc2}$ ) adalah negatif.

Perancangan software untuk membangkitkan pulsa pemicuan bagi rangkaian daya di bagi dalam 2 jenis, perancangan software program interupsi dan perancangan software program global.



Gambar 5 Diagram Alir Interupsi



Gambar 6 Diagram Alir Global

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebagai hasil perancangan cycloconverter sebagai pengendali motor AC 1 fasa didapatkan hasil sebagai berikut:

#### A. Pengujian Rangkaian Mikrokontroler ATmega16

Digunakan untuk mengetahui apakah rangkaian mikrokontroler ini sudah bekerja dengan baik dan benar. Dengan memberikan masukan berupa logika 1 dan 0 untuk melihat keluaran dari rangkaian mikrokontroler. Didapatkan hasil sebagai berikut:

TABEL 1 KELUARAN PORT A ATMEGA16

Port	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
Uji 1	0	0	0	0	1	1	1	1
Uji 2	1	1	1	1	0	0	0	0

TABEL 2 KELUARAN PORT B ATMEGA16

Port	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
Uji 1	0	0	0	0	1	1	1	1
Uji 2	1	1	1	1	0	0	0	0

TABEL 3 KELUARAN PORT C ATMEGA16

Port	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
Uji 1	0	0	0	0	1	1	1	1
Uji 2	1	1	1	1	0	0	0	0

Uji 1	0	0	0	0	1	1	1	1
Uji 2	1	1	1	1	0	0	0	0

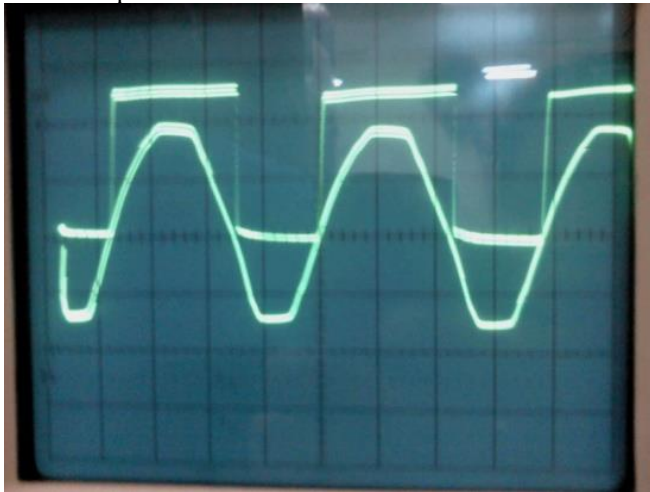
TABEL 4 KELUARAN PORT D ATMEGA16

Port D	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
Uji 1	0	0	0	0	1	1	1	1
Uji 2	1	1	1	1	0	0	0	0

Eksekusi program dilakukan dalam 1 jalur. Setelah mengeksekusi program pertama Port A 0b00001111 selanjutnya program 0b11110000 baru dieksekusi sehingga seolah-olah terjadi perubahan bit, dan pada pergantian tersebut terdapat jeda waktu yang mengubah keadaan bit dari low ke high atau sebaliknya sesuai konstanta program. Dengan demikian program ini akan membuat LED bit 0-3 menyala bergantian dengan LED bit 4-7 sesuai jeda waktu yang ditentukan pada program yang dibuat. Berarti rangkaian mikrokontroler telah berfungsi dengan baik.

**B. Pengujian Rangkaian Detektor Pelintas Nol**

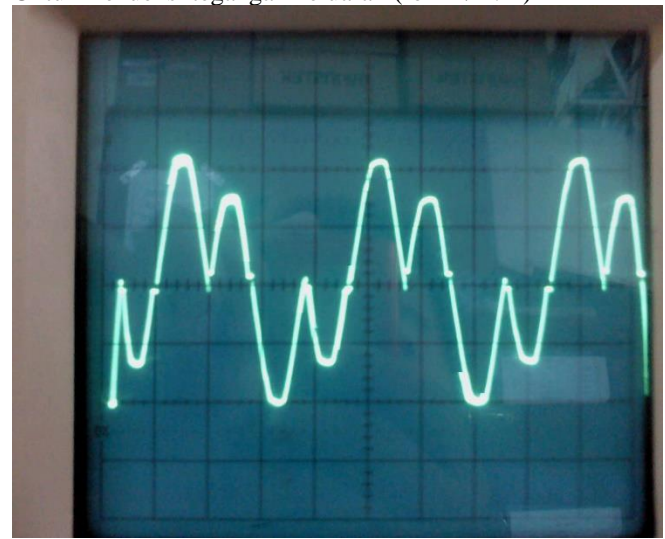
Rangkaian detektor pelintas nol (zero crossing detector) digunakan mendeteksi perpotongan siklus positif dan negatif sumber AC. Ketika mendapat input tegangan AC dan rangkaian detektor pelintas nol telah di catu DC terlebih dahulu, maka akan mendapatkan output berupa gelombang kotak yang turun naik ketika perpindahan fasa negatif dan positif. Ketika gelombang AC positif gelombang kotak akan memotong pada 5 V DC sesuai dengan masukan tegangan dan ketika memotong gelombang AC negatif maka gelombang akan turun pada 0 V.



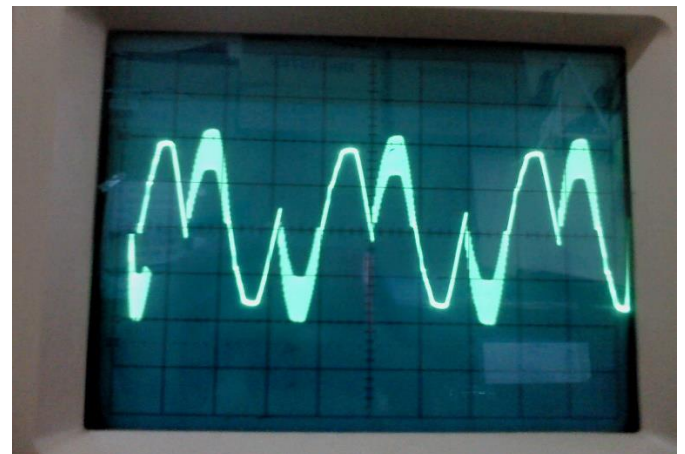
Gambar 7 Gambar Hasil Pengujian Detektor Pelintas Nol

Dari hasil pengujian rangkaian zero crossing detector dapat dilihat gelombang kotak dari rangkaian detektor pelintas nol telah memotong sempurna pada perpindahan fasa negatif di titik 0 V DC dan positif di titik 5 V DC. Dapat disimpulkan bahwa rangkaian detektor pelintas nol telah dapat berfungsi sebagai penentu titik pemicuan rangkaian mikrokontroler ATmega16 pada cycloconverter sebagai pengendali motor AC 1 fasa.

**C. Pengujian Rangkaian Keseluruhan**  
Berikut adalah pengujian rangkaian keseluruhan:  
Untuk frekuensi tegangan keluaran ( $f_o = 1/2 \cdot f_i$ )

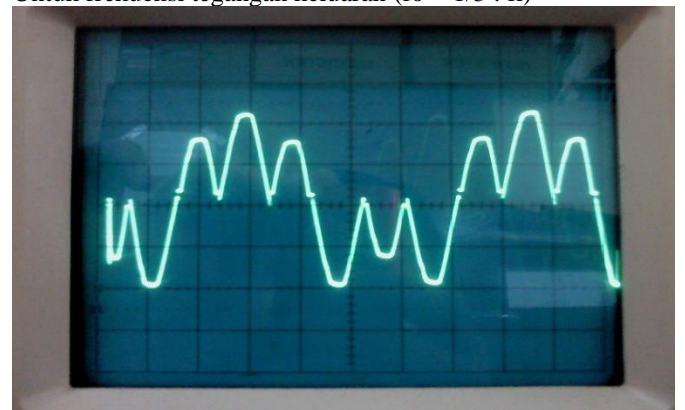


Gambar 8 Hasil Pengujian Tanpa Beban Untuk  $f_o = 1/2 f_i$

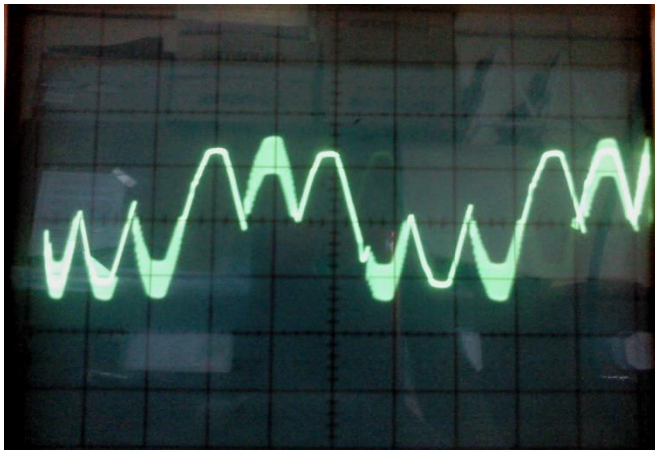


Gambar 9 Hasil Pengujian dengan Beban Motor Untuk  $f_o = 1/2 f_i$

Untuk frekuensi tegangan keluaran ( $f_o = 1/3 \cdot f_i$ )

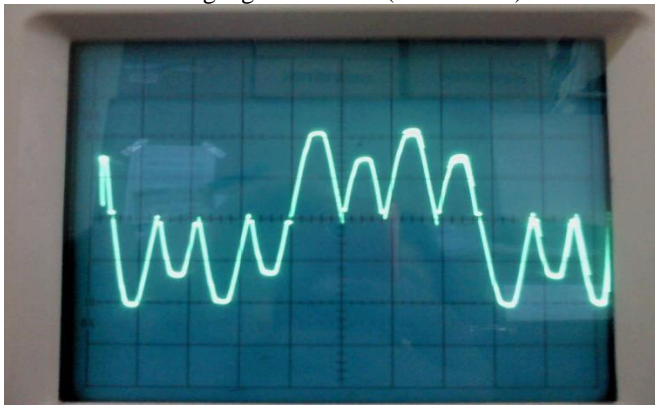


Gambar 10 Hasil Pengujian Tanpa Beban Untuk  $f_o = 1/3 f_i$

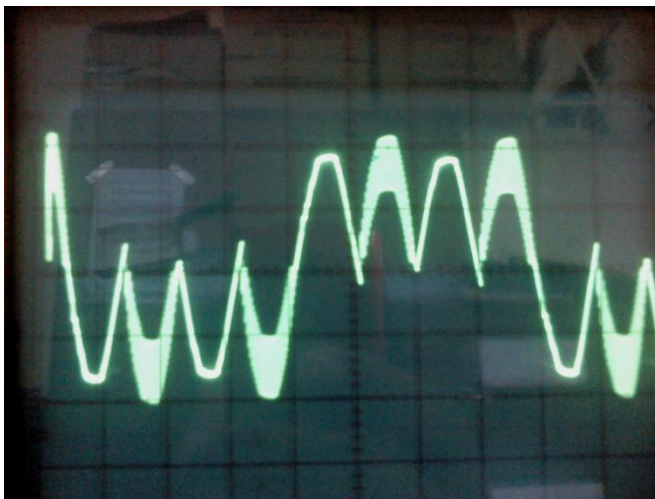


Gambar 11 Hasil Pengujian dengan Beban Motor Untuk  $f_o = 1/3 f_i$

Untuk frekuensi tegangan keluaran ( $f_o = 1/4 \cdot f_i$ )



Gambar 12 Hasil Pengujian Tanpa Beban Untuk  $f_o = 1/4 f_i$

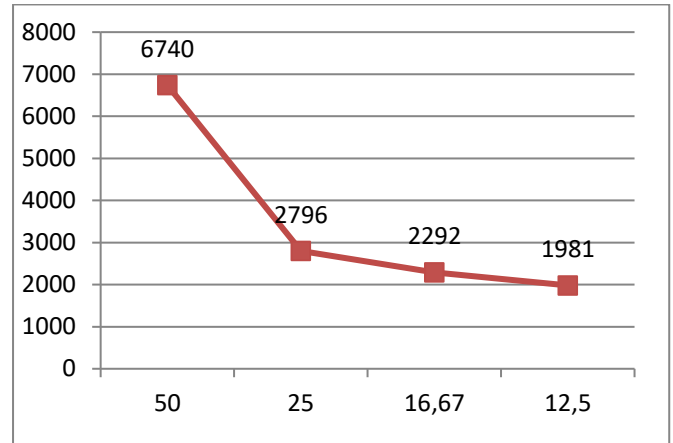


Gambar 13 Hasil Pengujian dengan Beban Motor Untuk  $f_o = 1/4 f_i$

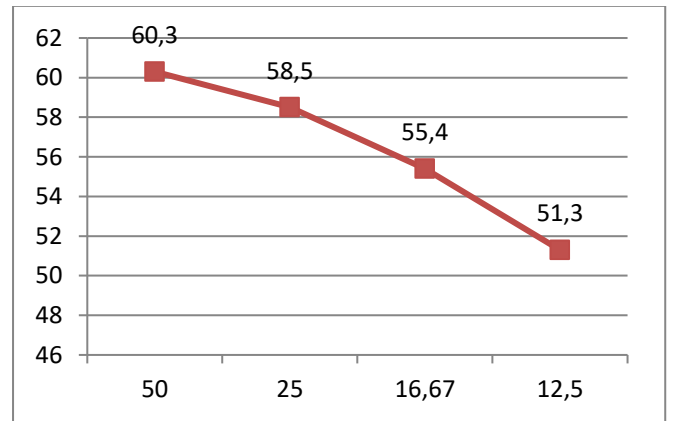
Keterangan: volt/div 5V; time/div 20ms; faktor pengali 10x untuk semua hasil pengujian.

Berdasarkan Tabel 5 dapat dianalisa bahwa rangkaian daya cycloconverter telah berhasil mengendalikan putaran motor universal. Kecepatan motor universal akan turun seiring turunnya frekuensi tegangan masukan. Pengukuran kecepatan

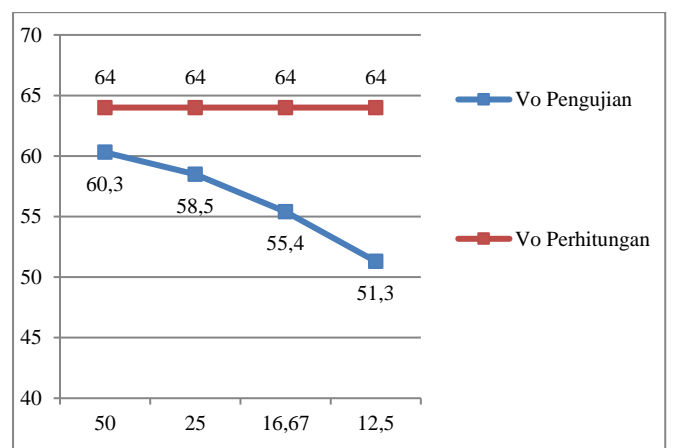
putaran motor tidak disertai beban oleh sebab itu putaran motor tidak terpengaruh arus motor. Arus motor yang kecil juga disebabkan oleh tidak adanya beban pada motor sehingga perubahan arus akibat beban tidak terukur secara baik. Grafik perubahan kecepatan awal terhadap frekuensi ditunjukkan dengan Gambar 14, Sedangkan grafik perubahan  $V_o$  (tegangan keluaran) terhadap frekuensi ditunjukkan pada Gambar 15.



Gambar 14 Grafik Perubahan Kecepatan terhadap Frekuensi



Gambar 15 Grafik Perubahan Tegangan Keluaran terhadap Frekuensi



Gambar 16 Grafik Hubungan  $V_o$  Pengujian terhadap  $V_o$  Perhitungan

TABEL 5 HASIL PENGUJIAN RANGKAIAN KESELURUHAN

Pilih an Frek uen- si (Hz)	Frek si (Hz)	Jeni s Beb an	V s (V)	I s (A)	V o (V)	I o (A)	Kece patan Awal (Rpm)	Kece patan Akhi r (Rpm)
-	50	Mot or Univ ersal	64	50	60	125	6740	6740
1/2 fi	25	Mot or Univ ersal	64	50	58	85	6740	2796
1/3 fi	16.67	Mot or Univ ersal	64	50	55	74	6740	2292
1/4 fi	12.5	Mot or Univ ersal	64	50	51	94	6740	1981

Dengan :

- $V_s$  = Tegangan AC masukan
- $I_s$  = Arus AC masukan
- $V_o$  = Tegangan AC keluaran
- $I_o$  = Arus AC keluaran

Dari hasil pengujian keseluruhan pada Tabel 5, dapat dihitung tegangan keluaran untuk setiap frekuensi :

Untuk tegangan keluaran ( $V_o$ ) pada saat  $f = 1/2 f$  in

$$V_o = V_s \left[ \frac{1}{\pi} (\pi - \alpha + \frac{\sin 2\alpha}{2}) \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$V_o = V_s \left[ (\pi) \cdot \frac{1}{\pi} \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$V_o = V_s = 64 V \text{ dengan } \alpha = 0^\circ$$

Untuk tegangan keluaran ( $V_o$ ) pada saat  $f = 1/3 f$  in

$$V_o = V_s \left[ \frac{1}{\pi} (\pi - \alpha + \frac{\sin 2\alpha}{2}) \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$V_o = V_s \left[ (\pi) \cdot \frac{1}{\pi} \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$V_o = V_s = 64 V \text{ dengan } \alpha = 0^\circ$$

Untuk tegangan keluaran ( $V_o$ ) pada saat  $f = 1/4 f$  in

$$V_o = V_s \left[ \frac{1}{\pi} (\pi - \alpha + \frac{\sin 2\alpha}{2}) \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$V_o = V_s \left[ (\pi) \cdot \frac{1}{\pi} \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$V_o = V_s = 64 V \text{ dengan } \alpha = 0^\circ$$

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa  $V_o$  sama dengan  $V_s$ , tetapi dengan segala keterbatasan alat dan keterbatasan alat pengukuran,  $V_o$  menjadi tidak sesuai dengan perhitungan. Hubungan antara  $V_o$  (tegangan keluaran) pengujian dan  $V_o$  (tegangan keluaran) keluaran cycloconverter terdapat pada Gambar 16.

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan dan pengujian cycloconverter sebagai pengubah kecepatan motor AC 1 fasa dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Perancangan cycloconverter sebagai pengubah kecepatan motor AC 1 fasa terdiri atas perancangan bagian hardware dan software. Pada bagian hardware yang terpusat pada mikrokontroller ATmega16 dan rangkaian detektor pelintas nol, terdapat modul LCD sebagai penampil menu dan push button sebagai pemilih keluaran serta rangkaian isolasi optocoupler sebagai pemisah rangkaian daya SCR dan rangkaian pemucuan, sedangkan pada bagian software terpusat pada pemrograman berbasis bahasa C untuk pembangkitan pulsa pemucuan rangkaian daya.
2. Proses sinkronisasi jala jala tegangan masukan dan pembangkitan pulsa pemucuan rangkaian daya telah terpenuhi oleh adanya detektor pelintas nol yang memberikan acuan keluaran pulsa pemucuan berdasarkan perpotongan siklus fasa tegangan bolak balik (AC).
3. Pulsa pemucuan rangkaian daya cycloconverter terdiri dari pulsa pulsa serempak yang bekerja berdasarkan masukan detektor pelintas nol. Jumlah pulsa tersebut tergantung pada pilihan masukan frekuensi cycloconverter tetapi dengan batas sudut pemucuan SCR sebesar  $0^\circ$ .

### SARAN

1. Pengaturan berbasis *cycloconverter* pada motor listrik AC 1 fasa lebih bisa diterapkan pada jenis motor induksi yang menggunakan frekuensi sebagai elemen dalam pengaturan kecepatannya.
2. Dengan beberapa pengembangan dan penyempurnaan sistem dari alat ini akan dapat lebih baik lagi hasilnya, terlebih pada bagian rangkaian pemucuan dan rangkaian daya SCR.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Tuhan Yang Maha Esa karena berkat dan rahmat-Nya, saya berhasil menyelesaikan jurnal ini. Tanpa bantuan dan dukungan dari berbagai pihak, pencapaian ini tidak mungkin terwujud. Oleh karena itu, saya ingin mengungkapkan rasa terima kasih sebesar-besarnya kepada semua yang telah berkontribusi dalam penyelesaian jurnal ini. Terima kasih kepada dosen, rekan sejawat, dan teman-teman yang memberikan panduan dan umpan balik berharga. Saya juga berterima kasih kepada keluarga dan teman-teman terdekat yang memberikan dukungan dan semangat sepanjang perjalanan penulisan.

Dengan penyelesaian jurnal ini, saya berharap dapat memberikan manfaat kepada semua pihak yang membutuhkannya.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] C. Chen, D. M. Divan, and D. W. Novotny, "A hybrid inverter/cycloconverter-based variable-speed three-phase induction motor drive for single-phase inputs," in *Proceedings of 1994 IEEE Applied Power Electronics Conference and Exposition-ASPEC '94*, IEEE, 1994, pp. 514–520.

- [2] K. Kant, "Microcomputer-based single-phase to three-phase cycloconverter," *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, vol. 37, no. 4, pp. 310–316, 1990.
- [3] M. A. K. A. Biabani and M. A. Pasha, "Performance analysis of step up and step down cyclo converter," in *2016 International Conference on Electrical, Electronics, and Optimization Techniques (ICEEOT)*, IEEE, 2016, pp. 1590–1595.
- [4] A. Yazdani and R. Iravani, *Voltage-sourced converters in power systems: modeling, control, and applications*. John Wiley & Sons, 2010.
- [5] G. Zhang, Z. Li, B. Zhang, and W. A. Halang, "Power electronics converters: Past, present and future," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 81, pp. 2028–2044, 2018.
- [6] B. Singh, K. Al-Haddad, and A. Chandra, "A review of active filters for power quality improvement," *IEEE transactions on industrial electronics*, vol. 46, no. 5, pp. 960–971, 1999.
- [7] D. Istardi, *Pengealan Elektronika Daya-Penyearah AC-DC*. Penerbit Andi, 2018.
- [8] M. H. Rashid, *Power electronics handbook*. Butterworth-heinemann, 2017.
- [9] A. Maamoun, "Development of cycloconverters," in *CCECE 2003-Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering. Toward a Caring and Humane Technology (Cat. No. 03CH37436)*, IEEE, 2003, pp. 521–524.
- [10] A. A. Adam, "Perbandingan Konsumsi Daya oleh Alat Pengatur Kecepatan Motor Universal yang Menggunakan Metode Modulasi Lebar Pulsa (Pwm) dan Metode Tahanan Depan," *SMARTek*, vol. 9, no. 3, 2011.