

**RANCANG BANGUN *CYCLOCONVERTER* SEBAGAI PENGATUR
PUTARAN MOTOR INDUKSI 1 FASA BERBASIS
MIKROKONTROLER ARDUINO UNO R3**

SKRIPSI

TEKNIK ELEKTRO KONSENTRASI TEKNIK ENERGI ELEKTRIK

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**TONI ERLANDA
NIM. 125060301111040**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2018**

LEMBAR PENGESAHAN

**RANCANG BANGUN *CYCLOCONVERTER* SEBAGAI PENGATUR
PUTARAN MOTOR INDUKSI 1 FASA BERBASIS
MIKROKONTROLER ARDUINO UNO R3**

SKRIPSI

TEKNIK ELEKTRO KONSENTRASI TEKNIK ENERGI ELEKTRIK

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



TONI ERLANDA

NIM. 125060301111040

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing
Pada tanggal 12 Januari 2018

Dosen Pembimbing I,



Ir. Soerprpto, MT.

NIP. 19561020 198903 1 001

Dosen Pembimbing II,



Ir. Hery Purnomo, MT.

NIP. 19550708 198212 1 001

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Elektro



Ir. Hadi Suyono, S.T., MT., Ph.D., IPM.

NIP. 19730520 200801 1 013

JUDUL SKRIPSI:

RANCANG BANGUN CYCLOCONVERTER SEBAGAI PENGATUR PUTARAN
MOTOR INDUKSI 1 FASA BERBASIS MIKROKONTROLER ARDUINO UNO R3

Nama Mahasiswa : Toni Erlanda
NIM : 125060301111040
Program Studi : Teknik Elektro
Konsentrasi : Teknik Energi Elektrik

KOMISI PEMBIMBING:

Ketua : Ir. Soeprpto, M.T.

Anggota : Ir. Hery Purnomo, M.T.

TIM DOSEN PENGUJI:

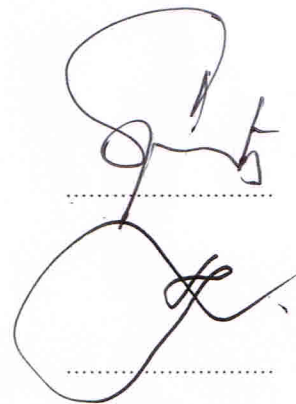
Dosen Penguji I : Ir. Wijono, M.T., Ph.D.

Dosen Penguji II : Ir. Mahfudz Shidiq, M.T.

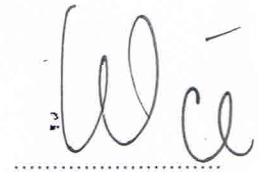
Dosen Penguji III : Ir. Teguh Utomo, M.T.

Tanggal Ujian : 12 Januari 2018


SK Penguji : 020 /UN10.F07/ SK/ 2018



Handwritten signatures of the supervisory committee members, including the Chairman and a member, positioned to the right of their respective names.



Handwritten signature of the first examiner, Ir. Wijono, M.T., Ph.D., positioned to the right of his name.



Handwritten signatures of the second and third examiners, Ir. Mahfudz Shidiq, M.T. and Ir. Teguh Utomo, M.T., positioned to the right of their respective names.

PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam Naskah Skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya. Tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah Skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia Skripsi dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Malang, 12 Januari 2018

Mahasiswa,



Toni Erlanda

NIM. 125060301111040

Daftar Riwayat Hidup

Data Pribadi

Nama : Toni Erlanda
Tempat, Tanggal Lahir : Tebing Tinggi, 17 juli 1993
Agama : Islam
Alamat : Perumahan dwiga regency blok A6 no. 6, Kelurahan
Mojolangu, Kec. Lowokwaru Kota Malang
No Telpon : 085755810962

Latar Belakang Pendidikan

A. Pendidikan formal

2000-2006 SDN 1 Cegek, Kab. Agam, Sumatera Barat

2006-2009 MTsN 1 Kamang Magek, Kab. Agam, Sumatera Barat

2009-2012 SMAN 1 Kamang Magek, Kab. Agam, Sumatera Barat

2012-2018 Universitas Brawijaya, Kota Malang

B. Pendidikan non formal

2000-2005 MDA Dalam Koto, Kab. Agam, Sumatera Barat

Pengalaman Kerja

1. Menjadi karyawan part time di rumah makan masakan patang
2. Kerja freelance di PT. MJG Indonesia.

Malang, 26 Februari 2018

Toni Erlanda

*Teriring Ucapan Terima Kasih Kepada:
Ayahanda dan Ibunda tercinta,
Saudara – saudaraku serta sahabatku tersayang.*

RINGKASAN

Toni Erlanda, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, September 2016, *Rancang Bangun Cycloconverter sebagai Pengatur Putaran Motor Induksi 1 Fasa Berbasis Mikrokontroler Arduino R3*, Dosen Pembimbing : Soeprapto dan Hery Purnomo

Motor induksi satu fasa memiliki keunggulan berupa biaya rendah, konstruksi yang *solid*, dan ketersediaan sumber satu fasa jika dibandingkan dengan motor listrik lainnya. Keunggulan tersebut menjadikan motor ini sering dijumpai di perumahan, perniagaan, perkantoran, perkebunan, dan industri skala kecil. Kemampuan untuk mengendalikan kecepatan motor-motor listrik juga semakin dibutuhkan, pengendalian secara elektrik adalah metode yang efisien dalam penggunaan daya. Penggunaan pengendali kecepatan mekanis pada motor listrik akan menambah biaya dan kerumitan konstruksi motor. Metode estimasi kecepatan dapat mengurangi biaya tambahan dan menjaga konstruksi motor tetap sederhana. Untuk mengendalikan motor induksi satu fasa dapat dengan mengubah frekuensinya, perubahan frekuensi menyebabkan berubahnya kurva torsi-kecepatan sehingga kecepatan motor dapat berubah. Rangkaian *cycloconverter* adalah salah satu metode sederhana untuk mengubah frekuensi catu untuk motor satu fasa. Tujuan dari tugas akhir ini nantinya adalah merancang dan membuat alat *cycloconverter* satu fasa dengan empat TRIAC sebagai rangkaian pensaklarnya. Frekuensi *output* yang dihasilkan bernilai 25 Hz, 16.7 Hz, dan 12.5 Hz dengan frekuensi *input* 50Hz.

Rangkaian *control unit cycloconverter* terdiri dari arduino uno sebagai kontroler, catu daya sebagai sumber tegangan untuk mikrokontroler arduino uno, *zero crossing detector* sebagai sensor titik perpotongan perubahan polaritas sinyal AC dan *driver TRIAC* sebagai pengaman arduino uno. Untuk menghasilkan keluaran frekuensi yang diinginkan dari rangkaian *cycloconverter* yang terdiri dari empat TRIAC, mikrokontroler arduino uno menentukan urutan penyalaan dari empat TRIAC. Hasil pengujian *cycloconverter* saat diberi beban motor induksi satu fasa didapat kecepatan dan torsi turun mengikuti penurunan frekuensi dari 50 Hz sampai 12.5 Hz. Pengaturan kecepatan motor induksi 1 fasa menggunakan variabel frekuensi sering terjadinya eror karena rangkaian *cycloconverter* yang menggunakan 4 TRIAC sering terjadi hubung singkat saat pemicuan disebabkan ketertinggalan arus terhadap tegangan.

Kata kunci: Motor induksi satu fasa, *cycloconverter*, TRIAC

SUMMARY

Toni Erlanda, Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, Brawijaya University, September 2016, *Design of Cycloconverter as Induction Round of Induction Motors 1 Based Phase of Arduino R3 Microcontroller*, Academic Supervisor: Soeprapto and Hery Purnomo.

Single-phase induction motors have the advantage of low cost, solid construction, and availability of single phase source when compared to other electric motors. These advantages make this bike is often found in housing, commerce, offices, estates, and small-scale industries. The ability to control the speed of electric motors is also increasingly needed, electrical control is an efficient method of power usage. The use of mechanical speed controllers on electric motors will increase the cost and complexity of motor construction. Speed estimation methods can reduce additional costs and keep motor construction simple. To control a single phase induction motor by changing its frequency, the frequency change causes the changing of the torque-speed curve so that the motor speed can change. The cycloconverter circuit is one of the simplest methods to change the supply frequency for single phase motors. The purpose of this final project will be to design and make a single phase cycloconverter with four TRIAC as its switching circuit. The resulting output frequency is worth 25 Hz, 16.7 Hz, and 12.5 Hz with input frequency 50Hz.

The cycloconverter control unit circuit consists of arduino uno as controller, the power supply as voltage source for arduino uno microcontroller, zero crossing detector as sensor point of intersection change of polarity of AC signal and TRIAC driver as arduino uno. To generate the desired output frequency from a cycloconverter circuit consisting of four TRIACs, the arduino uno microcontroller determines the startup sequence of the four TRIACs. The results of cycloconverter testing when given a single phase induction motor load obtained speed and torque decreased following the decrease in frequency from 50 Hz to 12.5 Hz. Setting the speed of a 1 phase induction motor using frequency variables often the occurrence of errors because cycloconverter circuits that use 4 TRIAC frequent short circuit during triggering due to lag currents to voltage.

Keywords: Single-phase Induction Motor, cycloconverter, TRIAC

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT dengan rahmat dan hidayah-Nya skripsi berjudul “Rancang Bangun *Cycloconverter* Sebagai Pengatur Putaran Motor Induksi 1 Fasa Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno R3” dapat terselesaikan. Dalam kesempatan ini diucapkan terima kasih kepada yang telah berkenan memberikan bantuan secara langsung maupun tidak langsung kepada:

1. Bapak Bapak Hadi Suyono, ST., MT., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya dan Bapak Nurrusa’adah, Ir., MT. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya.
2. Ibu Dr. Rini Nur Hasanah, S.T., M.Sc. dan Bapak Ali Mustofa S.T., M.T. selaku Ketua Kelompok Dosen Keahlian Teknik Energi Elektrik dan Ketua Program Studi Jurusan Teknik Elektro.
3. Bapak Ir. Soeprapto, M.T. dan Ir. Hery Purnomo, M.T. selaku dosen pembimbing skripsi atas segala bimbingan, kritik, dan saran yang telah diberikan.
4. Bapak Ali Mustofa, S.T., M.T, selaku dosen pembimbing akademik, beserta seluruh dosen dan karyawan Jurusan Teknik Elektro yang selalu membantu selama perkuliahan.
5. Keluarga tercinta Ayahanda Arsil dan Ibunda Sunnaryah yang selalu memberikan kasih sayang dan do’anya yang tiada akhir, serta kakak tercinta Ratna Mardiana dan Zulhendra serta adik tercinta Mega Anggraini dan Emilda Amelia atas segala macam dukungan yang telah diberikan.
6. Seluruh teman-teman Asisten Laboratorium Elektronika Daya yang telah turut andil memberikan memberikan waktu, tenaga, pikiran, kebersamaan, semangat, dan saling mendukung dalam pengerjaan skripsi.
7. Seluruh teman-teman angkatan 2012 (Voltage), terutama teman-teman konsentrasi Teknik Energi Elektrik (Power 2012) yang telah berbagi suka dan duka dalam perkuliahan dan memberikan semangat dalam proses pengerjaan skripsi ini.

Disadari bahwa skripsi ini masih belum sempurna. Oleh karena itu, sangat diharapkan kritik dan saran yang membangun dan diharapkan agar skripsi ini dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi serta bagi masyarakat.

Malang, Januari 2018

Penulis

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR TABEL.....	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR LAMPIRAN.....	xi
DAFTAR SIMBOL.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah.....	2
1.3 Rumusan Masalah.....	2
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Tujuan	3
1.6 Manfaat dan Kegunaan	3
1.7 Sistematika Penulisan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 <i>Cycloconverter</i>	5
2.1.1 <i>Cycloconverter</i> pada Beban Resistif (R).....	6
2.1.2 <i>Cycloconverter</i> pada Beban Induktif	6
2.2 TRIAC (<i>Triode for Alternating Current</i>).....	8
2.3 Motor Induksi.....	10
2.3.1 Prinsip Kerja Motor Induksi	10
2.3.2 Rangkaian Ekuivalen Motor Induksi Satu Fasa	13
2.3.3 Kontruksi Motor Induksi 1 fasa Motor Kapasitor <i>Start – Run</i>	16
2.4 Pengaturan kecepatan dengan <i>variable</i> frekuensi	17
2.4.1 Pengaturan kecepatan dengan <i>variable</i> frekuensi fluksi konstan	17
2.4.2 Pengaturan kecepatan dengan <i>variable</i> frekuensi tegangan konstan	18
2.5 Mikrokontroler Arduino Uno R3	20
BAB III METODE PENELITIAN.....	23
3.1 Studi Literatur	23
3.2 Alat dan Bahan.....	23
3.3 Waktu dan Tempat Pelaksanaan	23
3.4 Diagram Alir Penelitian	24

3.5 Perancangan Sistem.....	24
3.6 Penentuan Spesifikasi Alat	25
3.7 Perancangan Alat.....	26
3.8 Pembuatan Alat.....	27
3.9 Pengujian Alat dan Analisis	28
3.10 Kesimpulan dan Saran.....	28
BAB IV PERANCANGAN SISTEM.....	29
4.1 Perancangan Sistem	29
4.2 Pemodelan <i>Cycloconverter</i>	30
4.2.1 Prinsip Kerja	31
4.3 Pemilihan Motor dan Spesifikasi Motor	33
4.4 Rangkaian <i>Zero Crossing Detector</i>	33
4.5 Perancangan <i>Driver TRIAC</i>	35
4.6 Perancangan Rangkaian Catu Daya	36
4.7 Perancangan Perangkat Lunak.....	38
4.7.1 Simulasi rangkaian <i>cycloconverter</i>	38
4.7.2 Penentuan Sudut Penyalaan (α)	41
4.7.3 Sistem mikrokontroler	42
BAB V PENGUJIAN DAN ANALISIS	43
5.1 Pengujian <i>Zero Crossing Detector</i>	43
5.1.1 Peralatan Pengujian <i>Zero Crossing Detector</i>	44
5.1.2 Prosedur Pengujian <i>Zero Crossing Detector</i>	44
5.1.3 Analisis Hasil Pengujian <i>Zero Crossing Detector</i>	44
5.2 Pengujian Catu Daya	45
5.2.1 Peralatan Pengujian Catu Daya.....	45
5.2.2 Prosedur Pengujian Rangkaian Catu Daya	45
5.2.3 Analisis Hasil Pengujian Rangkaian Catu Daya.....	45
5.3 Pengujian Sinyal <i>Switching</i> Hasil Mikrokontroler	46
5.3.1 Peralatan Pengujian Sinyal <i>Switching</i> Hasil Mikrokontroler	46
5.3.2 Prosedur Pengujian Sinyal <i>Switching Output</i> Mikrokontroler	47
5.4 Pengujian <i>Output Cycloconverter</i> dengan Beban Motor Induksi 1 Fasa.....	49
5.4.1 Peralatan Pengujian <i>Output Cycloconverter</i>	50
5.4.2 Analisis Hasil Pengujian <i>Output Cycloconverter</i> beban motor induksi	50
5.4.3 Analisis Hasil Pengujian <i>Cycloconverter</i> Beban Motor Induksi	53

BAB VI PENUTUP.....	57
6.1 Kesimpulan	57
6.2 Saran	57
DAFTAR PUSTAKA	59
LAMPIRAN	61

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR TABEL

No.	Judul	Halaman
Tabel 2. 1	Rating komponen TRIAC yang umum disertakan	9
Tabel 2. 2	Spesifikasi Arduino Uno.....	21
Tabel 3. 1	Fungsi Komponen/Modul.....	26
Tabel 4. 1	Spesifikasi Motor Induksi Satu Fasa	33
Tabel 4. 2	Titik <i>trigger</i> pada <i>gating block</i> untuk $V_{out} f/2$	39
Tabel 4. 3	Titik <i>trigger</i> pada <i>gating block</i> untuk $V_{out} f/3$	39
Tabel 4. 4	Titik <i>trigger</i> pada <i>gating block</i> untuk $V_{out} f/4$	39
Tabel 5. 1	Hasil Pengujian Keluaran Mikrokontroler untuk Pemicuan 4 TRIAC.....	48
Tabel 5. 2	Hasil Pengujian Putaran Motor dengan <i>Variable</i> Frekuensi	53
Tabel 5. 3	Hasil Pengujian Torsi Motor dengan <i>Variable</i> Frekuensi	54

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Halaman
Gambar 2. 1	Rangkaian <i>cycloconverter</i> satu fasa dengan 4 TRIAC	5
Gambar 2. 2	Rangkaian ekivalen pengganti <i>cycloconverter</i>	5
Gambar 2. 3	Gelombang masukan dan keluaran <i>cycloconverter</i> dari 50 Hz ke 16,7 Hz dengan beban resistif.....	6
Gambar 2. 4	Gelombang tegangan dan arus pada beban induktif	7
Gambar 2. 5	Simbol dan karekteristik TRIAC	8
Gambar 2. 6	Konfigurasi motor induksi satu fasa	10
Gambar 2. 7	Dua medan magnet yang bergerak dengan arah yang berlawanan	11
Gambar 2. 8	Kurva torsi – kecepatan pada motor induksi satu fasa.....	12
Gambar 2. 9	Gelombang arus, tegangan dan daya pada motor induksi satu fasa.....	12
Gambar 2. 10	Kurva torsi – kecepatan yang sebenarnya pada motor induksi.....	13
Gambar 2. 11	Rangkaian ekivalen motor induksi satu fasa (a) dan (b) pada saat rotor diam. (c) dan (d) pada saat rotor berputar	13
Gambar 2. 12	Rangkaian motor kapasitor <i>start – run</i> satu fasa.	16
Gambar 2. 13	Rangkaian ekivalen motor kapasitor <i>start – run</i> satu fasa.....	16
Gambar 2. 14	Karakteristik torsi dan slip dengan variansi frekuensi dan fluksi konstan...	17
Gambar 2. 15	Karakteristik torsi dengan penurunan frekuensi dan tegangan konstan.....	19
Gambar 2. 16	Arduino UNO R3	20
Gambar 2. 17	Pemetaan pin atmega328 pada Arduino.....	20
Gambar 3. 1	Diagram Alir Penelitian	24
Gambar 3. 2	Diagram alir mikrokontroler arduino	25
Gambar 4. 1	Sistem rangkaian <i>cycloconverter</i> satu fasa	29
Gambar 4. 2	Rangkaian <i>cycloconverter</i>	31
Gambar 4. 3	Prinsip kerja <i>cycloconverter</i> (a) Sinyal masukan <i>cycloconverter</i> , (b) Sinyal <i>trigger</i> untuk <i>gate</i> 1 dan 4, (c) Sinyal <i>trigger</i> untuk <i>gate</i> 2 dan 3, (d) Sinyal keluaran <i>cycloconverter</i>	31
Gambar 4. 4	<i>Gate</i> 1 dan <i>gate</i> 4 konduksi saat sumber AC positif.....	32
Gambar 4. 5	<i>Gate</i> 2 dan <i>gate</i> 3 konduksi saat sumber AC negatif.....	32
Gambar 4. 6	<i>Gate</i> 2 dan <i>gate</i> 3 konduksi saat sumber AC positif.....	32
Gambar 4. 7	<i>Gate</i> 1 dan <i>gate</i> 4 konduksi saat sumber AC negatif.....	32
Gambar 4. 8	Rangkaian <i>zero crossing detector</i>	34

Gambar 4. 9	Skema rangkaian <i>driver</i> TRIAC	35
Gambar 4. 10	Skematik rangkaian catu daya 12 volt	37
Gambar 4. 11	Diagram alir simulasi rangkaian <i>cycloconverter</i>	38
Gambar 4. 12	Rangkaian simulasi <i>cycloconverter</i> satu fasa	39
Gambar 4. 13	Hasil simulasi <i>cycloconverter</i> dengan PSIM 9.0, (a) 25 Hz, (b) 16.7 Hz, (c) 12.5 Hz.....	41
Gambar 5.1	Diagram blok pengujian <i>zero crossing detector</i>	43
Gambar 5.2	CH1 Gelombang keluaran <i>zero crossing detector</i> , CH2 Gelombang keluaran transformator (AC)	44
Gambar 5.3	Diagram blok pengujian catu daya	45
Gambar 5.4	Gelombang keluaran trafo 220/12 volt, V/div CH1=10volt dan time/div 10ms.....	46
Gambar 5.5	Gelombang keluaran catu daya 12 volt, V/div CH1=10 volt dan time/div 10ms.....	46
Gambar 5.6	Diagram blok pengujian <i>switching</i> mikrokontroler	47
Gambar 5.7	(a) <i>Switching</i> mikrokontroler 25 Hz, (b) <i>Switching</i> mikrokontroler 16.7Hz, (c) <i>Switching</i> mikrokontroler 12.5Hz	48
Gambar 5.8	Diagram blok dari pengujian control unit <i>cycloconverter</i>	50
Gambar 5.9	Tegangan keluaran <i>cycloconverter</i> saat berbeban motor induksi.....	50
Gambar 5.10	Arus keluaran <i>cycloconverter</i> saat berbeban motor induksi.....	51
Gambar 5.11	Tegangan keluaran <i>cycloconverter</i> saat berbeban motor induksi.....	51
Gambar 5.12	Arus keluaran <i>cycloconverter</i> saat berbeban motor induksi.....	52
Gambar 5.13	Tegangan keluaran <i>cycloconverter</i> saat berbeban motor induksi.....	52
Gambar 5.14	Arus keluaran <i>cycloconverter</i> saat berbeban motor induksi.....	52
Gambar 5.15	Grafik kecepatan putar motor induksi	54
Gambar 5.16	Grafik torsi motor induksi	55

DAFTAR LAMPIRAN

No.	Judul	Halaman
Lampiran 1	Listing program.....	62
Lampiran 2	Gambar Alat.....	68
Lampiran 3	<i>Datasheet</i>	69

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR SIMBOL

Besaran Dasar	Satuan dan Singkatannya	Simbol
Arus	Ampere atau A	I
Tegangan	Volt atau V	E, V
Impedansi	Ohm atau Ω	Z
Kapasitor	Farad atau F	C
Frekuensi	Hertz atau Hz	f
Kecepatan Putar	Rpm	n
Torsi	Nm	T
Daya	Watt	P

Halaman ini sengaja dikosongkan