

**REDUKSI ARUS ASUT PADA STAR UP MOTOR INDUKSI SATU FASA
MENGUNAKAN AC-AC KONVERTER BERBASIS MIKROKONTROLER**



LAPORAN SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat guna
memperoleh gelar S1 terapan (D4) pada Politeknik
Negeri Ujung Pandang

Paniman Palengai

442 10 009

Zein Rahimul Iman

442 10 024

PROGRAM STUDI D-IV TEKNIK PEMBANGKIT ENERGI

JURUSAN TEKNIK MESIN

POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG

MAKASSAR

2014

HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING

Laporan tugas akhir dengan judul "*Reduksi Arus Asut Pada Start Up Motor Induksi Satu Fasa Menggunakan Ac-Ac Konverter Berbasis Mikrokontroler*". Oleh: **Paniman Palengai (442 10 009)** dan **Zein Rahimul Iman (442 10 024)**. Telah diterima dan disahkan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Diploma Empat (D-IV) pada program studi Teknik Pembangkit Energi jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, Juni 2015

Mengesahkan,

Pembimbing I



Ir. Lewi, M.T.

NIP. 19650913 199103 1 006

Pembimbing II



Muh. Yusuf Yunus, S.ST., M.T.

NIP. 19800820 200501 1 001

Mengetahui,
a.n. Direktur,

Ketua Jurusan Teknik Mesin



Dr. Ir. Muhammad Arkvad, M.T.

NIP :19670410 199303 1 003

PENERIMA PANITIA UJIAN

Pada hari ini, Rabu tanggal 3 November 2014, Panitia Ujian Sidang Tugas Akhir telah menerima dengan baik hasil Tugas Akhir oleh Mahasiswa:

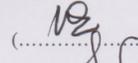
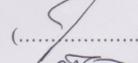
Paniman Palengai (442 10 009)

Zein Rahimul Iman (442 10 024)

Dengan judul "*Reduksi Arus Asut Pada Start Up Motor Induksi Satu Fasa Menggunakan Ac-Ac Konverter Berbasis Mikrokontroler*", Untuk memenuhi salah satu syarat guna menyelesaikan studi pada Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, November 2014

Panitia Ujian Sidang Tugas Akhir :

1. Ir. Herman Nauwir, M.T.	Ketua	
2. Marhatang, S.T., M.T.	Sekretaris	
3. Ir. Andreas Pangkung, M.T.	Anggota	
4. Sonong, S.T M.T.	Anggota	
5. Ir. Lewi, M.T.	Pembimbing I	
6. Muh. Yusuf Yunus, S.ST. M.T.	Pembimbing II	

Abstrak

Reduksi Arus Asut Pada Start Up Motor Induksi Satu Fasa Menggunakan AC-AC Konverter Berbasis Mikrokontroler, (Paniman Palengai, Zein Rahimul Iman) (dibimbing oleh Ir. Lewi, M.T. dan Muh. Yusuf Yunus S.ST., M.T).

Motor induksi secara umum dapat distarting dengan menghubungkan motor secara langsung ke jala-jala PLN. Dengan menghubungkan secara langsung dapat menarik arus yang tinggi sehingga mengakibatkan drop tegangan, serta dapat mempengaruhi peralatan listrik pada saluran yang sama.

Penelitian ini bertujuan untuk membuat sebuah alat yang dapat mengurangi arus asut pada start up motor induksi, juga untuk mengetahui mengetahui prinsip kerja dari alat yang dibuat. Metode yang digunakan adalah metode komparasi. Yang dimaksud metode komparasi adalah metode yang dimaksudkan untuk mengetahui, membandingkan dan menguji perbedaan dua kelompok percobaan atau lebih.

Pada pengujian motor tanpa menggunakan arus asut, diperoleh arus starting sebesar 2,4 A sedangkan pada pengujian menggunakan alat pereduksi arus asut, diperoleh arus startingnya sebesar 2,25 A. Dengan menggunakan alat pereduksi arus asut pada start up motor induksi satu fasa yang telah dibuat, mampu mengatur sudut pemicuan TRIAC. Sehingga pada starting awal motor induksi satu fasa, arus dapat diatur kurang dari arus starting tanpa menggunakan alat.

Kata kunci : Motor induksi satu fasa, AC-AC konverter, dan Mikrokontroler



KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan berkatnya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan judul **“REDUKSI ARUS ASUT PADA START UP MOTOR INDUKSI SATU FASA MENGGUNAKAN AC-AC KONVERTER BERBASIS MIKROKONTROLLER”**. Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Sains Terapan di Politeknik Negeri Ujung Pandang Jurusan Teknik Mesin Program Studi Teknik Pembangkit Energi.

Dalam penyelesaian Tugas Akhir ini, penulis telah banyak mendapat bimbingan, saran dan bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada :

1. Kepada Allah S.W.T yang telah memberi kesehatan dan kesempatan sehingga kami dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Kedua orang tua dan keluarga yang telah memberi doa dan semangat serta bantuan baik materil dan moril sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
3. Dr. Ir. Hamzah Yusuf, M.S., selaku Direktur Politeknik Negeri Ujung Pandang.
4. Muhammad Tekad, S.T., M.T., selaku ketua Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.
5. Ir. La Ode Musa, M.T., selaku ketua Program Studi D-4 Teknik Pembangkit Energi Politeknik Negeri Ujung Pandang.
6. Ir. Lewi, M.T., selaku pembimbing I dan Muh. Yusuf Yunus, S.ST. M.T., selaku Pembimbing II yang dengan ikhlas memberikan bimbingan serta dukungan moril kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini
7. Dian Siswi, A.Md., selaku staf administrasi Program Studi D-4 Teknik Pembangkit Energi Politeknik Negeri Ujung Pandang.

8. Seluruh Dosen dan Teknisi yang telah mendidik dan mengajar serta memberikan ilmu kepada penulis selama penulis menuntut ilmu di Program Studi D-4 Teknik Pembangkit Energi Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.

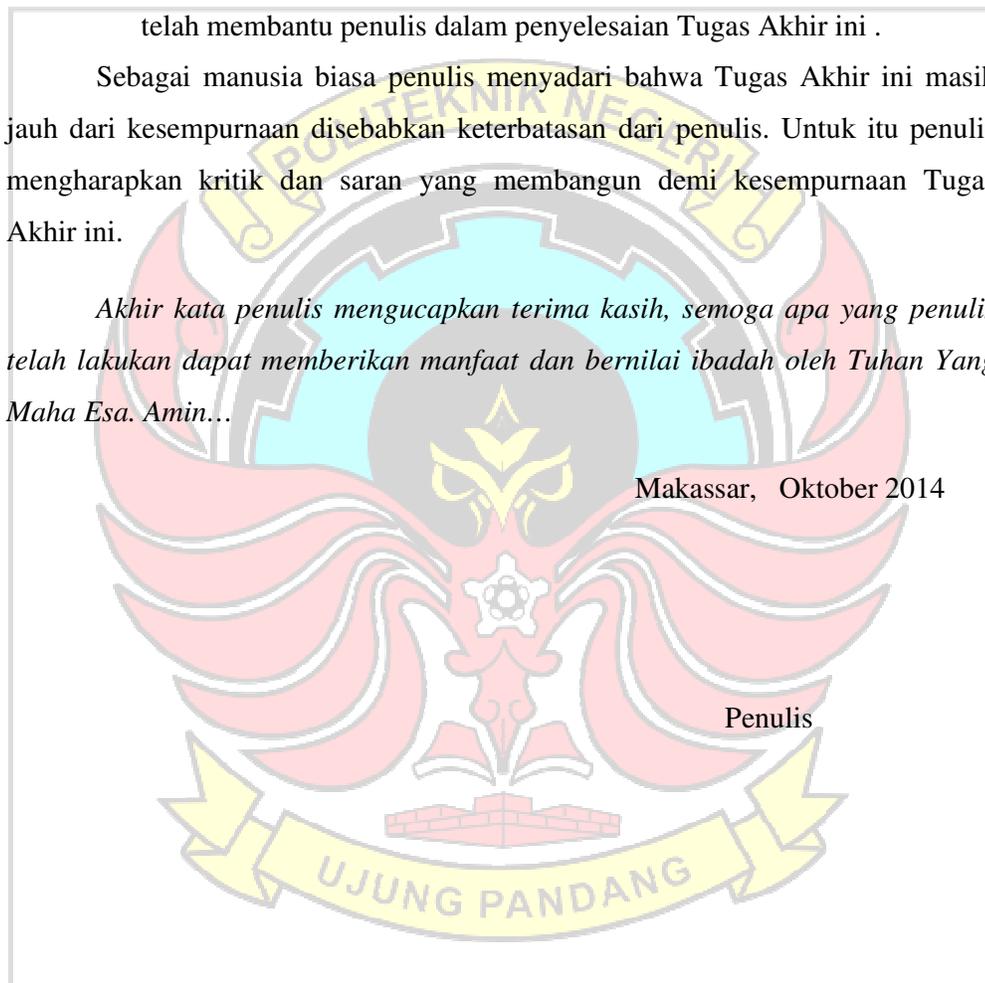
9. Saudara(i) di Program Studi D-4 Teknik Pembangkit Energi Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang Angkatan 2010 yang telah membantu penulis dalam penyelesaian Tugas Akhir ini .

Sebagai manusia biasa penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan disebabkan keterbatasan dari penulis. Untuk itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan Tugas Akhir ini.

Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih, semoga apa yang penulis telah lakukan dapat memberikan manfaat dan bernilai ibadah oleh Tuhan Yang Maha Esa. Amin...

Makassar, Oktober 2014

Penulis



DAFTAR ISI

LEMBAR JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PENERIMAAN PANITIA UJIAN SIDANG	iii
ABSTRAK	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR SIMBOL	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	2
C. Tujuan Penelitian	2
D. Manfaat Penelitian	3

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

A. Motor Listrik	4
B. AC-AC Konverter	12
C. TRIAC	14
D. IC TCA	15
E. Mikrokontroler	16
F. Code Visio AVR	21
G. Driver Relay	23
H. DAC dan OP-AMP	25
I. Rectifier (penyearah)	28
J. Soft starter	31

BAB III METODE PENELITIAN

A. Tempat dan Waktu Penelitian	33
B. Metode Perancangan	33
C. Alat dan Bahan Penelitian	35
D. Prosedur Perancangan	36
E. Teknik Pengumpulan Data	51
F. Teknik Pengolahan/Analisa Data.....	51

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil	52
----------------	----

B. Pembahasan	62
BAB V PENUTUP	
A. Kesimpulan	65
B. Saran	65
DAFTAR PUSTAKA	66
LAMPIRAN.....	68

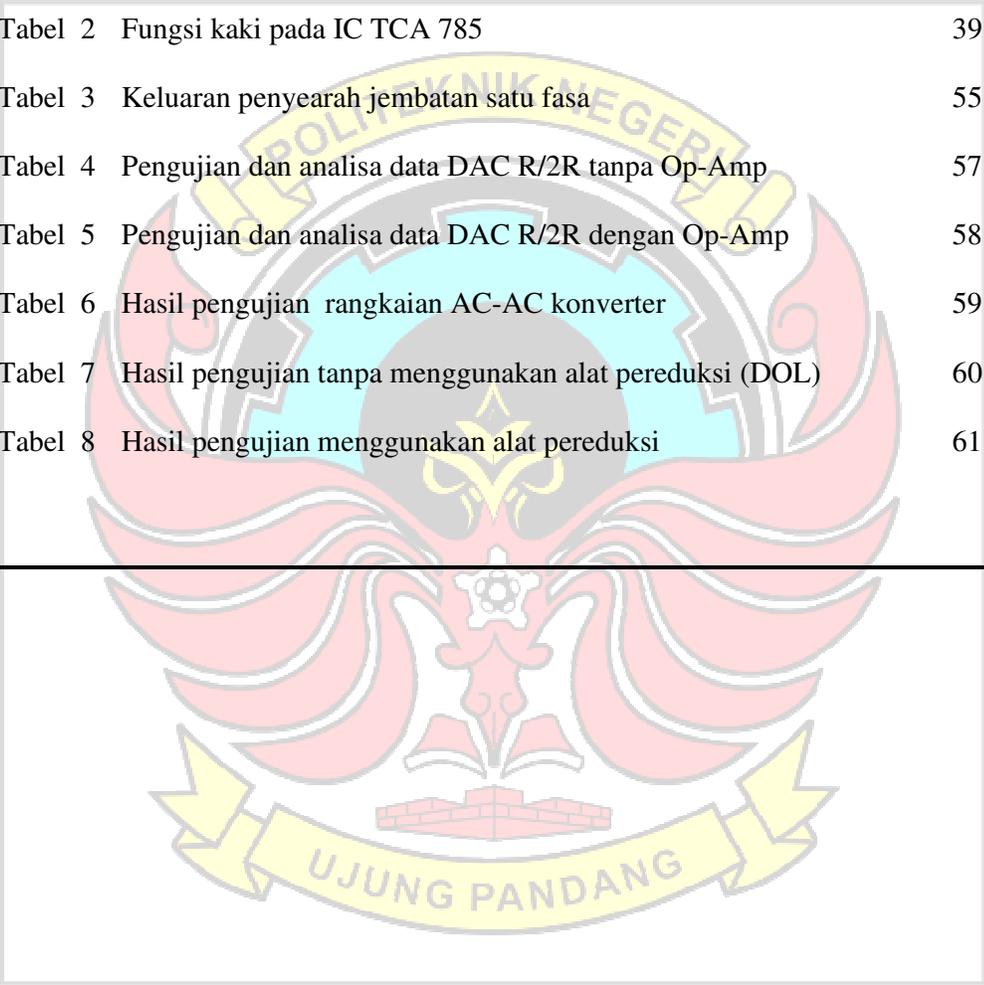


DAFTAR SIMBOL

No	Keterangan	Satuan
1.	V_{RMS} = Tegangan rata-rata	V
2.	E_m = Tegangan maksimum	V
3.	V_{ref} = Tegangan Referensi	V
4.	V_{dc} = Tegangan Dc	V
5.	V_{ave} = Tegangan rata-rata	V
6.	E_s = Nilai efektif tegangan input	V
7.	V_m = Nilai maksimum tegangan input	V
8.	V_{rpp} = Tagangan ripple	V
9.	C = Kapasitor	F
10.	f = Frekuensi	Hz
11.	R = Tahan	ohm
12.	I_n = Arus minimum	A
13.	V_{in} = Tegangan input	V
14.	V_{Out} = Tegangan output	V

DAFTAR TABEL

No	Teks	Halaman
Tabel 1	Tabel perbandingan dari berbagai metode starting motor induksi	32
Tabel 2	Fungsi kaki pada IC TCA 785	39
Tabel 3	Keluaran penyearah jembatan satu fasa	55
Tabel 4	Pengujian dan analisa data DAC R/2R tanpa Op-Amp	57
Tabel 5	Pengujian dan analisa data DAC R/2R dengan Op-Amp	58
Tabel 6	Hasil pengujian rangkaian AC-AC konverter	59
Tabel 7	Hasil pengujian tanpa menggunakan alat pereduksi (DOL)	60
Tabel 8	Hasil pengujian menggunakan alat pereduksi	61



DAFTAR GAMBAR

No	Teks	Halaman
Gambar 1.	Jenis-jenis motor listrik	4
Gambar 2.	Bagan klasifikasi motor listrik	5
Gambar 3.	Bagian motor induksi	7
Gambar 4.	Rangkaian dan diagram vector motor fasa belah	9
Gambar 5.	Rangkaian dan diagram vector motor kapasitor star	10
Gambar 6	Rangkaian dan diagram vector motor kapasitor permanen	10
Gambar 7	Rangkaian dan diagram vector motor kapasitor ganda	11
Gambar 8	Kurva hubungan antara arus dan kecepatan	12
Gambar 9.	Kontrol fasa dengan menggunakan TRIAC	12
Gambar 10.	Gelombang sinus setelah melalui kontrol fasa	13
Gambar 11.	Simbol dan bentuk TRIAC	14
Gambar 12.	Kurva karakteristik TRIAC	14
Gambar 13.	Rangkaian TCA 785	16
Gambar 14.	Chip mikronroller	17
Gambar 15.	Konfigurasi Pin AVR ATmega16	20
Gambar 16.	Code Visio AVR 2.05.3	21
Gambar 17.	Dialog box untuk membuat project baru	22
Gambar 18.	Blok penginisialisasian program	22
Gambar 19.	Bagian penulisan program	23
Gambar 20.	Contoh relay DC	24
Gambar 21.	Simbol komponen relay	24

Gambar 22. Rangkaian DAC R/2R	26
Gambar 23. Skematis Op-Amp	27
Gambar 24. Rangkaian full wave penyearah	29
Gambar 25. Diagram pulsa penyearah satu fasa gelombang	29
Gambar 26. Bentuk gelombang output dengan filter kapasitor	30
Gambar 27. Blok diagram system pereduksi arus asut	37
Gambar 28. Rangkaian TCA 785	39
Gambar 29. Gelombang output rangkaian trigger TCA 789	40
Gambar 30. Rangkaian AC-AC konverter	43
Gambar 31. Rangkaian digital to analog converter R/R2	42
Gambar 32. Rangkaian PMW dengan menggunakan IC TCA 785	45
Gambar 33. Rangkaian no-inverting amplifier	46
Gambar 34. Rangkaian Driver relay	47
Gambar 35. Rangkaian penyearah jambatan	48
Gambar 36. Flowchart perancangan perangkat lunak	48
Gambar 37. Flowchart prosedur penelitian	50
Gambar 38. Pengujian Output trafo step dwon	52
Gambar 39. Pengujian penyearah jambatan penuh untuk 12 Vdc	53
Gambar 40. Pengujian penyearah jambatan penuh untuk 15 Vdc	54
Gambar 41. Grafik pengujian motor induksi tanpa alat pereduksi (DOL)	62
Gambar 42. Grafik pengujian motor induksi menggunakan alat pereduksi arus asut	63
Gambar 43. Grafik pengujian motor induksi tanpa menggunakan alat pereduksi dan menggunakan pereduksi arus asut.	64

DAFTAR GAMBAR

No	Teks	Halaman
Lampiran 1 .	Datasheet	69
Lampiran 2 .	Foto Pengerjaan dan Pengujian Alat/Kompenen	74
Lampiran 3 .	Gambar rangkaian daya dan rangkaian kontrol	78
Lampiran 4 .	Daftar Komponen Alat Pereduksi Arus Asut	79
Lampiran 5 .	Bahasa Pemrograman	80
Lampiran 6 .	Lembar Revisi	85



BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pada era moderen sekarang ini, penggunaan motor listrik sangat banyak digunakan pada industri maupun rumah tangga. Motor listrik tersebut terbagi menjadi dua berdasarkan jumlah fasanya yaitu, satu fasa dan tiga fasa. Sedang untuk pemilihan jenis motornya disesuaikan dengan keperluan. Dari sekian banyak kegunaan yang dimiliki, contoh penggunaan pada industri salah satunya yaitu pada motor konveyor dalam hal ini motor konveyor skala kecil sedangkan contoh penggunaan pada rumah tangga yaitu pada mesin cuci, pompa air, kipas angin, AC, dan yang lainnya.

Motor induksi adalah salah satu jenis motor listrik yang paling banyak digunakan pada industri dan rumah tangga. Motor ini kelebihanannya seperti desain yang sederhana, murah, pemeliharaan rendah serta dapat disambung langsung ke sumber listrik. Motor ini dapat distarting dengan menghubungkan motor secara langsung ke sumber listrik. Namun kita ketahui jika motor listrik ketika distarting secara langsung akan menarik arus yang tinggi, secara teori bisa sampai 5 kali lebih besar dari arus nominal (parekh, 2003). Arus start ini dapat mengakibatkan drop tegangan, sehingga dapat mempengaruhi atau merusak peralatan listrik pada saluran yang sama.

Salah satu metode pereduksian arus starting motor dengan menggunakan AC-AC konverter, di mana komponen utama dari AC-AC konverter ini yaitu TRIAC.

Saat ini penggunaan alat-alat kontrol sangat banyak digunakan, salah satunya menggunakan mikrokontroler. Mikrokontroler adalah sebuah sistem mikroprosesor lengkap yang terkandung di dalam sebuah chip. Mikrokontroler sangat mudah di dapat dipasaran dengan harga yang terjangkau. Jadi untuk mengurangi arus asut motor induksi satu fasa dapat digunakan AC-AC konverter yang dikontrol oleh mikrokontroler.

Atas dasar paparan singkat diatas, maka dari itu dicobalah untuk merancang sebuah alat dengan judul “ Reduksi Arus Asut Pada Start Up Motor Induksi Satu Fasa Dengan Menggunakan AC-AC Konverter Berbasis Mikrokontroler”.

B. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana cara mengurangi arus asut pada start up motor induksi satu phasa dengan menggunakan AC-AC konverter berbasis mikrokontroler?
2. Bagaimana cara merancang AC-AC konverter?
3. Bagaimana cara pengujian alat pereduksi arus asut pada start up motor induksi satu phasa dengan menggunakan AC-AC konverter berbasis mikrokontroler.

C. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

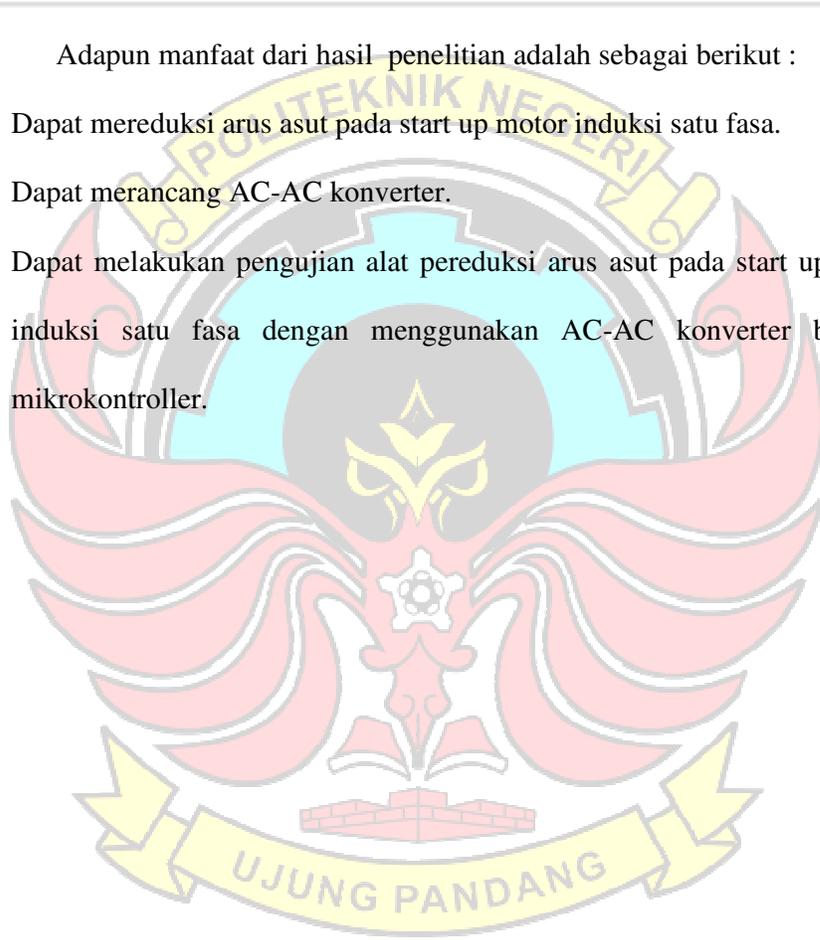
1. Membuat sebuah alat yang dapat mengurangi arus asut pada start up motor induksi satu phasa dengan menggunakan AC-AC konverter berbasis mikrokontroler .

2. Untuk merancang AC-AC konverter.
3. Untuk melakukan pengujian pada alat pereduksi arus asut pada start up motor induksi satu phasa menggunakan AC-AC konverter berbasis mikrokontroller

D. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari hasil penelitian adalah sebagai berikut :

1. Dapat mereduksi arus asut pada start up motor induksi satu fasa.
2. Dapat merancang AC-AC konverter.
3. Dapat melakukan pengujian alat pereduksi arus asut pada start up motor induksi satu fasa dengan menggunakan AC-AC konverter berbasis mikrokontroller.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Motor Listrik

Motor listrik adalah peralatan listrik yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Sedangkan alat yang berfungsi sebaliknya adalah generator yang dimana mengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Penggunaan motor listrik dapat kita temukan pada kehidupan sehari-hari seperti penggunaan pada peralatan rumah tangga contohnya : kipas angin, mesin cuci, pompa air dan penyedot debu. Dan penggunaan mesin listrik pada dunia industri seperti konveyor, pompa, dan lain-lain



Gambar 1. Jenis-jenis motor listrik

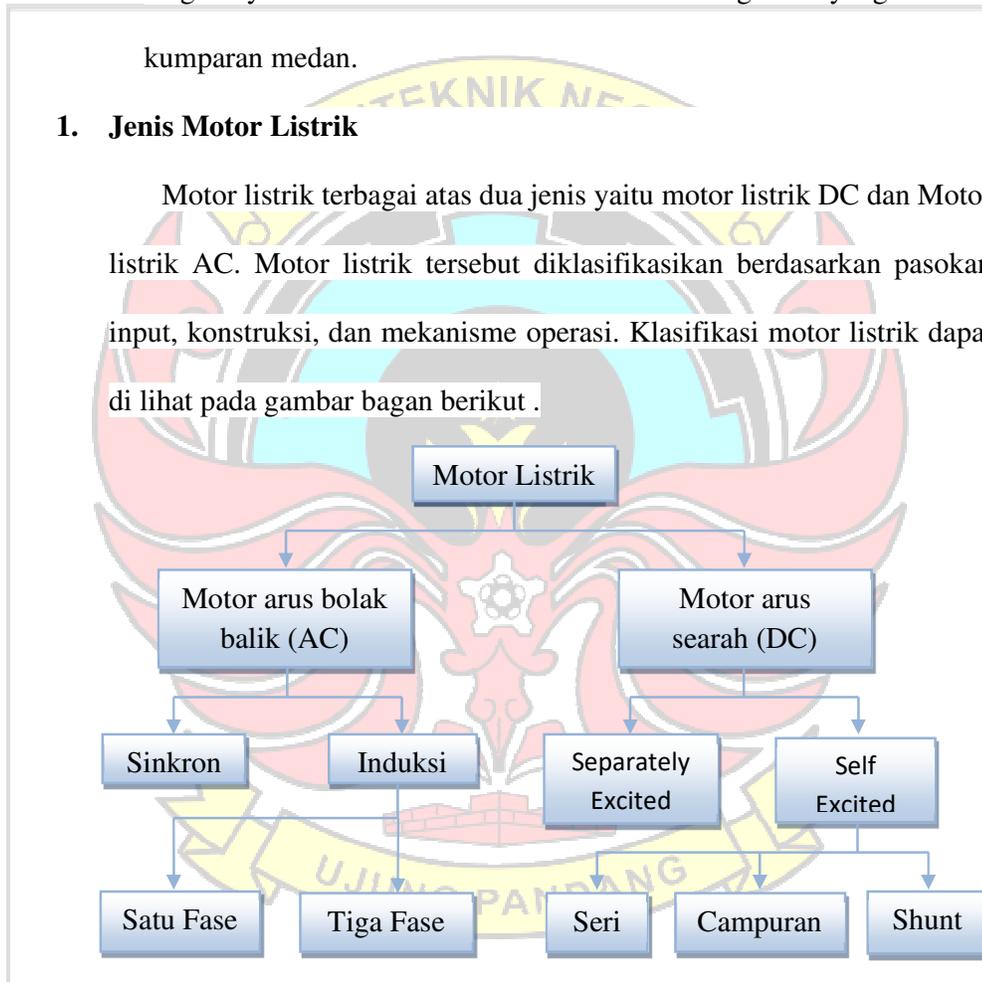
Mekanisme kerja motor listrik pada umumnya semua jenis motor listrik sama (Gambar 1), yaitu:

1. Arus listrik dalam medan magnet akan memberikan gaya.
2. Jika kawat yang membawa arus dibengkokkan menjadi sebuah lingkaran/loop, maka kedua sisi loop, yaitu pada sudut kanan medan magnet, akan mendapatkan gaya pada arah yang berlawanan.

3. Pasangan gaya menghasilkan tenaga putar/torsi untuk memutar kumparan.
4. Motor-motor memiliki beberapa loop pada dinamanya untuk memberikan tenaga putaran yang lebih seragam dan medan magnetnya dihasilkan oleh susunan elektromagnetik yang disebut kumparan medan.

1. Jenis Motor Listrik

Motor listrik terbagi atas dua jenis yaitu motor listrik DC dan Motor listrik AC. Motor listrik tersebut diklasifikasikan berdasarkan pasokan input, konstruksi, dan mekanisme operasi. Klasifikasi motor listrik dapat di lihat pada gambar bagan berikut .



Gambar 2. Bagan klasifikasi motor listrik

a. Motor listrik arus bolak-balik (AC)

Motor listrik arus bolak-balik/AC adalah motor listrik yang menggunakan arus listrik yang membalikkan arahnya secara teratur

pada rentang waktu tertentu. Motor listrik ini memiliki dua bagian yaitu stator dan rotor seperti ditunjukkan dalam Gambar 3.

Stator merupakan bagian dari motor listrik yang statis/diam sedangkan Rotor merupakan bagian motor listrik yang bergerak / berputar untuk memutar as motor.

Jenis-jenis motor listrik arus bolak-balik (AC) adalah sebagai berikut :

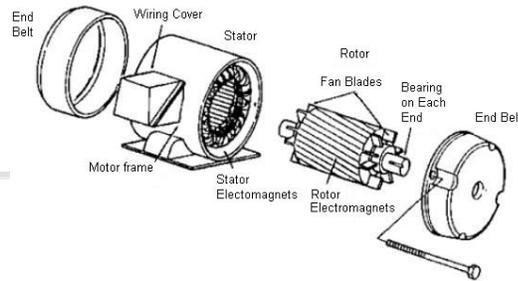
1) Motor sinkron.

Motor sinkron adalah motor AC yang bekerja pada kecepatan tetap pada sistem frekuensi tertentu. Motor ini memerlukan arus searah (DC) untuk pembangkitan daya dan memiliki torque awal yang rendah, dan oleh karena itu motor sinkron cocok untuk penggunaan awal dengan beban rendah, seperti kompresor udara, perubahan frekuensi dan generator motor. Motor sinkron mampu untuk memperbaiki faktor daya sistem, sehingga sering digunakan pada sistem yang menggunakan banyak listrik.

2) Motor induksi.

Motor induksi merupakan motor yang paling umum digunakan pada berbagai peralatan industri dan rumah tangga. Hal ini disebabkan karena rancangannya yang sederhana, murah dan mudah didapat, dan dapat langsung disambungkan ke sumber daya AC.

Bagian motor induksi terdiri atas dua komponen listrik utama yaitu sebagai berikut (Gambar 3):



Gambar 3. Bagian motor induksi

1) Rotor.

Rotor merupakan bagian motor listrik yang bergerak. Rotor motor induksi ini tidak sinkron. Motor induksi menggunakan dua jenis rotor yaitu: Rotor kandang tupai dan Lingkaran rotor yang memiliki gulungan tiga fase.

2) Stator.

Stator dibuat dari sejumlah stampings dengan slots untuk membawa gulungan tiga fase. Gulungan ini dilingkarkan untuk sejumlah kutub yang tertentu. Gulungan diberi spasi geometri sebesar 120 derajat .

2. Klasifikasi Motor Induksi

Motor induksi dapat diklasifikasikan menjadi dua kelompok utama (Parekh, 2003):

a. Motor induksi satu fase.

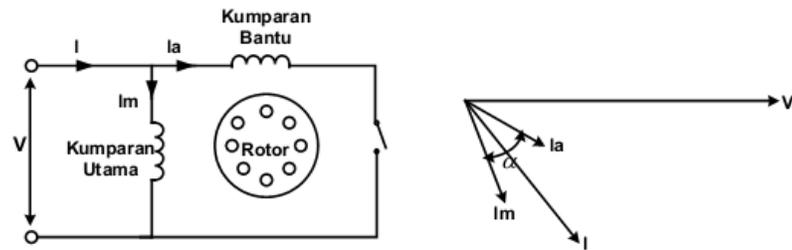
Motor induksi satu fasa sering disebut dengan motor asinkron atau motor tak serempak, karena putaran medan stator tidak sama dengan

putaran medan rotor. Putaran sikron stator (n_s) selalu mendahului atau lebih cepat dari putaran medan rotor (n_r).

Prinsip kerja motor induksi satu fasa adalah jika motor induksi satu fasa diberikan tegangan bolak-balik satu fasa maka arus bolak-balik akan mengalir pada kumparan stator, arus pada stator akan menghasilkan medan magnet sehingga membentuk kutup-kutup stator. Kemudian tegangan terinduksi pada kumparan rotor. Karena rotor yang digunakan pada motor induksi satu fasa pada umumnya adalah rotor sangkar dimana belitannya terhubung singkat, maka arus akan mengalir pada kumparan rotor, sehingga arus rotor ini akan menghasilkan medan magnet rotor dan membentuk kutup-kutup pada permukaan rotor. karena kutup-kutup rotor yang terbentuk posisinya sama dengan kutup-kutup stator, maka tidak ada momen putar yang dihasilkan pada kedua arah sehingga rotor tetap diam. Untuk memutar motor dibutuhkan komponen bantu.

Jenis-jenis motor induksi satu fasa terbagi atas motor universal, motor repulsi, motor kapasitor, dan motor fasa belah.

- 1) Motor fasa belah (Split phase motor) ini termasuk motor yang menggunakan rotor sangkar terdiri dari sejumlah batang tembaga yang dimasukkan ke dalam alur rotor pada ujung-ujungnya dihubungkan oleh cincin tembaga sehingga terdapat sirkuit tertutup. Sedangkan kumparan statornya terdiri dari dua lilitan yaitu kumparan utama dan kumparan bantu.



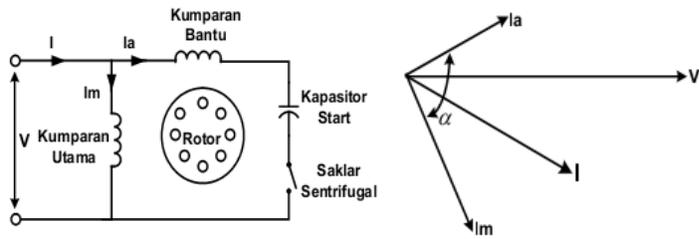
Gambar 4. Rangkaian dan diagram vector motor fasa belah

2) Motor kapasitor merupakan bagian dari motor fasa belah, namun yang membedakan kedua motor tersebut adalah pada saat kondisi start motor. Motor kapasitor ini menggunakan kapasitor pada saat startnya yang dipasang secara seri terhadap kumparan bantu.

Motor kapasitor satu pisa banyak digunakan dalam peralatan rumah tangga seperti motor pompa air, motor mesin cuci, motor lemari es, dan lain-lain. Konstruksinya sederhana dengan daya kecil dan bekerja dengan tegangan suplai PLN 220 V. Motor kapasitor dapat dibedakan menjadi beberapa bagian

a) Motor kapasitor Start

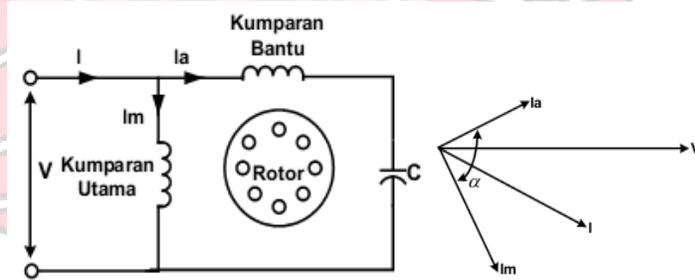
Pada motor kapasitor ini, pergeseran fase antara arus kumparan utama (I_u) dan arus kumparan bantu (I_b) didapatkan dengan memasang sebuah kapasitor yang dipasang seri terhadap kumparan bantu.



Gambar 5. Rangkaian dan diagram vector motor kapasitor start

b) Motor Kapasitor Permanen

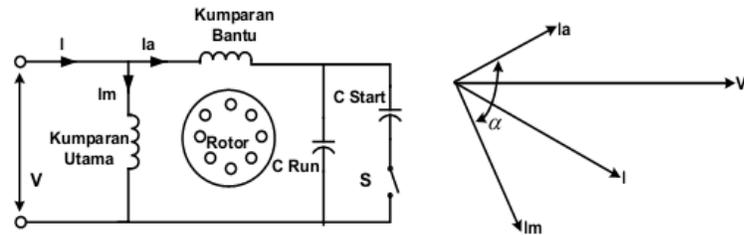
Prinsipnya sama dengan motor kapasitor start. Bedanya, motor ini tidak mempunyai saklar sentrifugal. Kapasitor terhubung seri dengan kumparan bantu dan bekerja secara paralel pada kumparan utama.



Gambar 6. Rangkaian dan diagram vector motor kapasitor Permanen

c) Motor Kapasitor ganda (start/running)

Motor ini mempunyai dua kapasitor, satu digunakan pada saat start dan satu lagi digunakan pada saat saat berputar. Kedua kapasitor berbeda satu sama lain, baik nilai ataupun jenisnya.



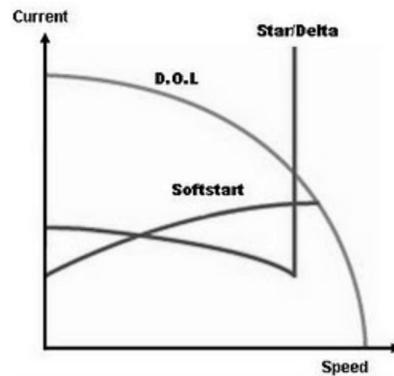
Gambar 7. Rangkaian dan diagram vector motor kapasitor ganda

- 3) Motor universal adalah motor arus bolak balik, konstruksi maupun karakteristik sama dengan motor arus searah. Keuntungan motor universal dapat dioperasikan dengan sumber tegangan bolak balik atau dengan tegangan arus searah pada nilai tegangan yang sama.
 - 4) Motor repulsi mempunyai dua buah kumparan yaitu kumparan medan stator dan kumparan rotor. Diantara kedua kumparan medan tersebut tidak mempunyai hubungan galvanis antara satu sama lainnya. Konstruksi rotornya hampir sama rotor motor arus searah/DC.
- b. Motor induksi tiga fase.

Medan magnet yang berputar dihasilkan oleh pasokan tiga fase yang seimbang. Motor tersebut memiliki kemampuan daya yang tinggi, dapat menggunakan jenis kandang tupai atau gulungan rotor (walaupun 90% memiliki rotor kandang tupai); dan penyalaan sendiri. Penggunaan motor ini paling banyak digunakan pada peralatan industri

yang dimana memerlukan daya tinggi, seperti konveyer, pompa oli, dan lain-lain

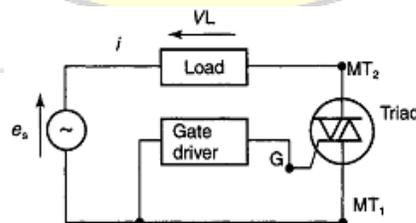
3. Hubungan Antara Kecepatan dan Arus



Gambar 8. Kurva hubungan antara kecepatan dan arus

B. AC-AC Converter

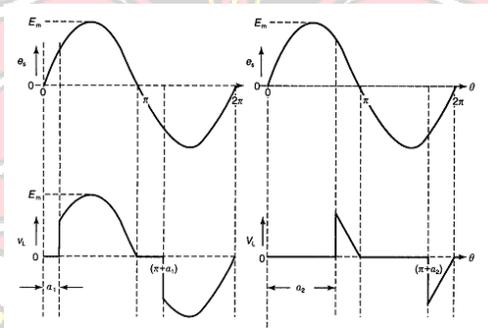
Dalam ilmu elektronika daya atau *Power Electronics* dikenal beberapa jenis pengaturan untuk mengatur tegangan AC, salah satunya adalah dengan metode kontrol fasa. Cara kerja metode kontrol fasa yaitu meredam bagian dari gelombang sinusoidal setiap setengah periode atau satu periode penuh. Komponen yang dapat digunakan untuk metode ini adalah TRIAC atau sepasang thyristor yang dipasang secara berlawanan arah.



Gambar 9. Kontrol fasa dengan menggunakan TRIAC

Rangkaian kontrol fasa biasanya digunakan sebagai rangkaian dimmer untuk lampu, kontrol *heater* dan kontrol kecepatan motor universal. Pada rangkaian kontrol fasa frekuensi keluaran dari rangkaian sama seperti frekuensi sumbernya. Rangkaian kontrol fasa dengan menggunakan TRIAC dapat dilihat pada gambar 9.

Kondisi TRIAC terbuka atau tertutup tergantung pada penyulutan dari *Gate Driver*. TRIAC akan pada kondisi terbuka jika gate pada TRIAC tidak mendapatkan penyulutan, pada kondisi ini terdapat bagian dari gelombang sinus yang teredam sepanjang beberapa derajat. Jika gate pada TRIAC mendapatkan penyulutan, maka TRIAC pada kondisi tertutup, sehingga pada kondisi ini gelombang sinus dapat muncul namun tidak secara penuh. Hal ini dapat dilihat melalui gambar 10 berikut.



Gambar 10. Gelombang sinus setelah melalui kontrol fasa

Kondisi seperti gambar 10 diatas dapat terjadi apabila rangkaian dibebani suatu beban yang bersifat resistif. Besar tegangan yang dihasilkan dari rangkaian kontrol fasa dapat dihitung melalui persamaan berikut.

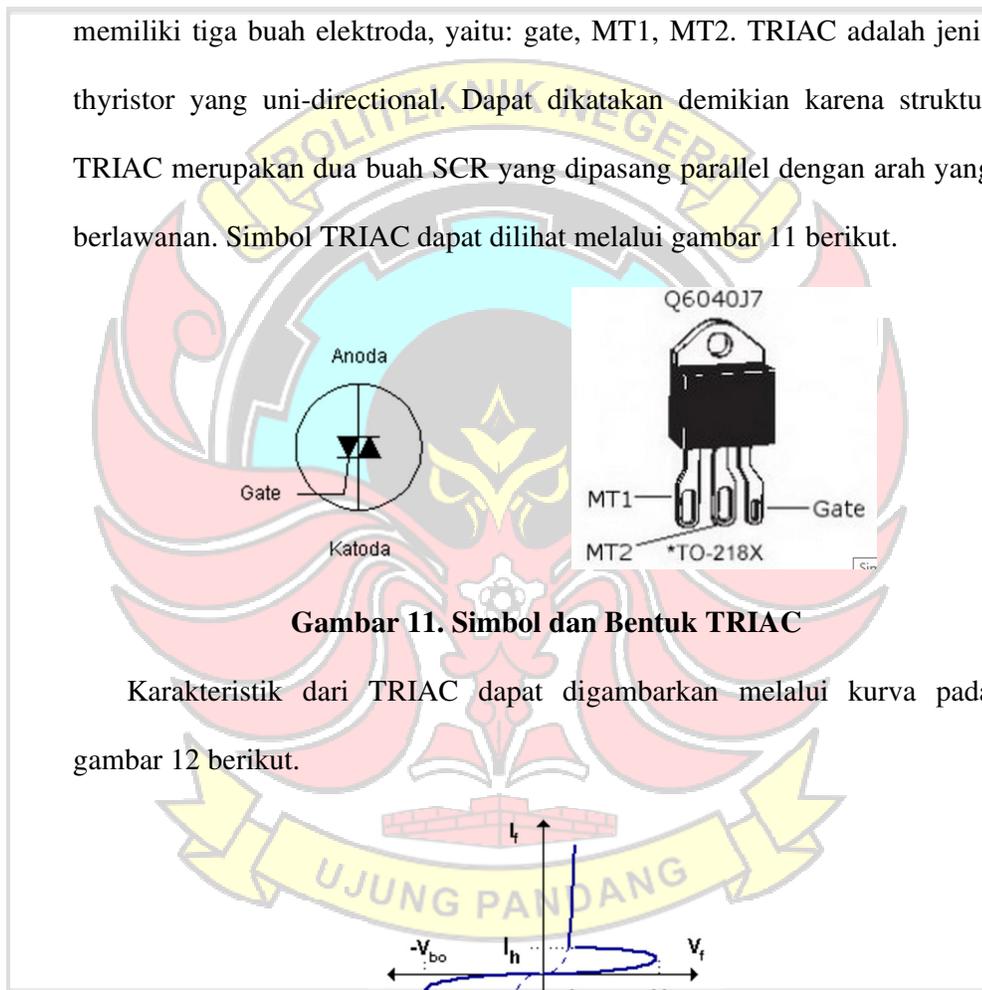
$$V_{RMS} = \sqrt{\left(\frac{1}{\pi}\right) \int_a^\pi (E_m \sin \theta)^2 \delta\theta} \dots\dots\dots (1)$$

atau dapat juga dihitung melalui persamaan berikut

$$V_{RMS} = (E_s) \sqrt{\left(1 - \frac{a}{\pi} + \frac{(\sin 2a)}{2\pi}\right)} \dots\dots\dots(2)$$

C. TRIAC

TRIAC merupakan komponen semikonduktor yang tersusun atas dioda empat lapis berstruktur p-n-p-n dengan tipe p-n junction. TRIAC memiliki tiga buah elektroda, yaitu: gate, MT1, MT2. TRIAC adalah jenis thyristor yang uni-directional. Dapat dikatakan demikian karena struktur TRIAC merupakan dua buah SCR yang dipasang parallel dengan arah yang berlawanan. Simbol TRIAC dapat dilihat melalui gambar 11 berikut.



Gambar 11. Simbol dan Bentuk TRIAC

Karakteristik dari TRIAC dapat digambarkan melalui kurva pada gambar 12 berikut.

Gambar 12. Kurva Karakteristik TRIAC

Pada gambar diatas tertera tegangan break over (V_{bo}). Maksud dari adanya tegangan ini adalah apabila tegangan forward TRIAC mencapai titik ini maka TRIAC dalam kondisi on. Arus gate trigger (I_{GT}) berfungsi untuk menurunkan tegangan break over (V_{bo}). Kemudian pada gambar 8 juga tertera arus holding (I_h). Arus ini berfungsi untuk menjaga TRIAC agar tetap dalam kondisi on. Pada datasheet TRIAC tertera besar V_{bo} dan $-V_{bo}$, I_{GT} dan $-I_{GT}$ serta I_h dan $-I_h$. Umumnya besar parameter-parameter ini simetris antara yang positif dengan yang negatif.

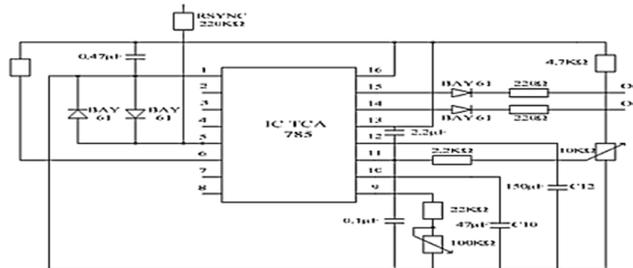
D. IC TCA

IC TCA 785 adalah IC yang memicu keluarnya gelombang yang digunakan sebagai penyulut agar dapat mengeluarkan gelombang sebagaimana mestinya agar dapat digunakan untuk menyulut.

Rangkaian driver TCA berfungsi sebagai pembangkit pulsa dari rangkaian AC-AC Konverter satu fasa. Pengontrolan dengan menggunakan IC TCA 785 akan diperoleh keuntungan sebagai berikut:

1. Penetapan titik nol lebih pasti
2. Pengaturan sudut penyulut dari 0° - 120°
3. Daerah pemakaian yang lebih luas
4. Arus kerja yang relative kecil 250 sampai dengan 400mA
5. Tegangan kerja 15 volt
6. Dapat digunakan untuk mongontrol tiga fasa

TCA 785 adalah modul IC yang di dalamnya sudah terintegrasi Zero Crossing Detector (ZCD) dan penggeser pulsa dari 0° sampai 180° . Sumber tegangan masukan IC TCA 12 volt dan bekerja pada frekuensi antara 10 Hz sampai 500 Hz. prinsip kerja TCA 785 yaitu sinkronisasi dari tegangan sumber yang dihubungkan dengan kaki nomor 5 melalui resistor hambatan tinggi. ZCD akan menentukan letak titik nol dan disimpan dalam memori sinkron. Detektor ini kemudian akan mengendalikan generator gelombang tinggi gigi gergaji yang sesuai dengan frekuensi sumber tegangan. Nilai kapasitansi kapasitor antara 500 pF sampai 1 μ F dan R9 dapat diperoleh dari resistor dengan resistansi antara 3 k Ω sampai 100 k Ω . Bila tegangan referensi pada kaki 11 pada posisi terendah, maka sudut penyulutan akan menunjukkan $\alpha = 0^\circ$.



Gambar 13. Rangkaian TCA 785

E. Mikrokontroler

1. Definisi

Mikrokontroler adalah sebuah sistem mikroprosesor lengkap yang terkandung di dalam sebuah chip. Mikrokontroler berbeda dari mikroprosesor serba guna yang digunakan dalam sebuah PC, karena

sebuah mikrokontroller umumnya telah berisi komponen pendukung sistem minimal mikroprosesor, yakni memori dan antarmuka I/O. Berdasarkan arsitekturnya, mikrokontroller sendiri cenderung dibedakan menjadi 2 yaitu tipe CISC dan RISC.

Mikrokontroller tersusun dalam satu chip dimana berisi prosesor, memori, dan I/O terintegrasi menjadi satu kesatuan kontrol sistem sehingga mikrokontroller dapat dikatakan sebagai komputer mini yang dapat bekerja secara inovatif sesuai dengan kebutuhan sistem.



Gambar 14. Chip mikrokontroller

2. Mikrokontroller ATmega16

AVR merupakan seri mikrokontroller CMOS 8 bit buatan Atmel, berbasis RISC (Reduced Instruction Set Computer). Hampir semua instruksi dieksekusi dalam satu siklus clock. AVR mempunyai 32 register general – purpose, timer/counter fleksibel dengan mode compare, interrupt internal dan eksternal, serial UART programmable Watchdog Timer, dan mode power saving. Beberapa diantaranya mempunyai ADC dan PWM internal. AVR juga mempunyai In-System Programmable Flash on – chip yang memungkinkan memori program

untuk diprogram ulang dalam sistem menggunakan hubungan serial SPI.

3. Fitur ATmega16

Fitur-fitur yang dimiliki ATmega16 sebagai berikut :

- a. Mikrokontroler AVR 8 bit yang memiliki kemampuan tinggi, dengan daya rendah.
- b. Arsitektur RISC dengan throughput mencapai 16 MIPS pada frekuensi 16MHz.
- c. Memiliki kapasitas Flash memori 16 Kbyte, EEPROM 512 Byte, dan SRAM 1 KByte.
- d. Saluran I/O sebanyak 32 buah, yaitu Port A, Port B, Port C, dan Port D.
- e. CPU yang terdiri atas 32 buah register.
- f. Unit interupsi internal dan eksternal.
- g. Port USART untuk komunikasi serial
- h. Fitur Peripheral
 - 1) Tiga buah Timer/Counter dengan kemampuan pembandingan.
 - a) 2 buah timer/counter 8 bit dengan prescaler terpisah dan mode compare.
 - b) Satu buah timer /counter 16 bit dengan prescaler terpisah, mode compare, dan mode capture.
 - 2) Real Time Counter dengan osicillator tersendiri.
 - 3) 4 channel PWM.

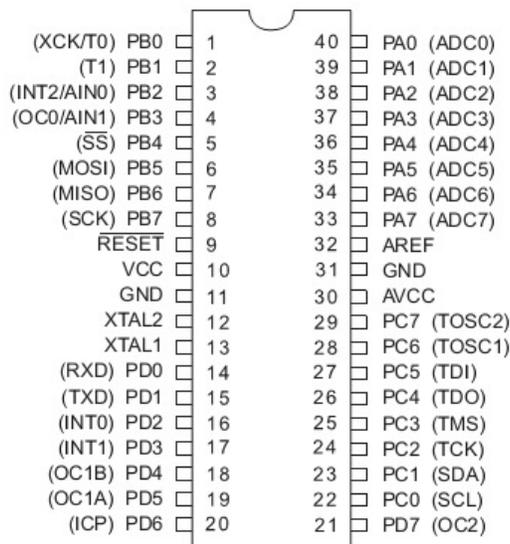
- 4) 8 Channel, 10-bit ADC.
 - a) 8 singel-ended channel.
 - b) 7 differential channel hanya pada kemasan TQFP
 - c) 2 differential channel dengan programmable gain 1x, 10x, atau 20x.
- 5) Byte-oriented Two-wire Serial interface.
- 6) Programmable serial USART.
- 7) Antarmuka SPI.
- 8) Watchdog Timer dengan oscillator internal.
- 9) On-chip Analog Comparator.

4. Konfigurasi Pin AVR ATmega16

Gambar 15. merupakan susunan kaki standar 40 pin DIP (Dual In-line Package) mikrokontroller AVR ATmega16. Berikut penjelasan umum susunan kaki ATmega16 :

- a. VCC merupakan pin masukan positif catu daya. Setiap peralatan elektronika digital butuh sumber catu daya yang umum sebesar 5V, itulah sebabnya di PCB kit mikrokontroller selalu ada IC regulator 7805.
- b. GND sebagai pin Ground.
- c. Port A (PA0...PA7) merupakan pin I/O dua arah dan dapat diprogram sebagai pin masukan ADC.
- d. Port B (PB0...PB7) merupakan pin I/O dua arah dan pin fungsi khusus, yaitu Timer/Counter, komparator analog, dan SPI.

- e. Port C (PC0...PC7) merupakan pin I/O dua arah dan pin fungsi khusus, yaitu TWI, komparator analog, dan timer Osilator.
- f. Port D (PD0...PD7) merupakan pin I/O dua arah dan pin fungsi khusus, yaitu komparator analog, interupsi eksternal, dan komunikasi serial.
- g. Reset merupakan pin yang digunakan untuk me-reset mikrokontroller.
- h. XTAL 1 dan XTAL 2 sebagai pin masukan clock eksternal. Suatu mikrokontroller membutuhkan sumber detak (clock) agar dapat mengeksekusi instruksi yang ada di memori. Semakin tinggi nilai kristalnya, maka semakin cepat mikrokontroller tersebut.
- i. AVCC sebagai pin masukan tegangan untuk ADC.
- j. AREF sebagai pin masukan tegangan referensi.



Gambar 15. Konfigurasi Pin AVR ATmega16

F. Code Vision AVR

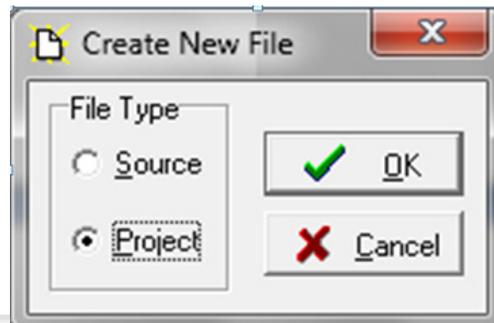
Code Vision AVR merupakan suatu software yang digunakan dalam penulisan program yang nantinya akan di download pada microcontroller AVR ATMega16. Tampilan dapat dilihat seperti pada gambar 16 dibawah ini:



Gambar 16 . Code Vision AVR 2.05.3

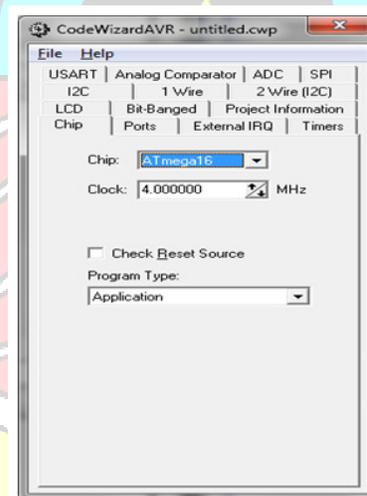
Dalam penggunaan mikrokontroler AVR, Software yang digunakan adalah CodeVision AVR. Seperti umumnya mikrokontroler, program untuk mikrokontroler AVR ditulis menggunakan bahasa assembly. CodeVision AVR merupakan software C-cross compiler, dimana program dapat ditulis menggunakan bahasa-C. Dengan menggunakan pemrograman bahasa-C diharapkan waktu desain (*deleloping time*) akan menjadi lebih singkat. Setelah program dalam bahasa-C ditulis dan dilakukan kompilasi tidak terdapat kesalahan (error) maka proses download dapat dilakukan. Mikrokontroler AVR mendukung sistem download secara ISP (In-System Programming).

Untuk membuat project baru maka dipilih File New, maka akan tampak dialog box seperti gambar 17 di bawah ini :



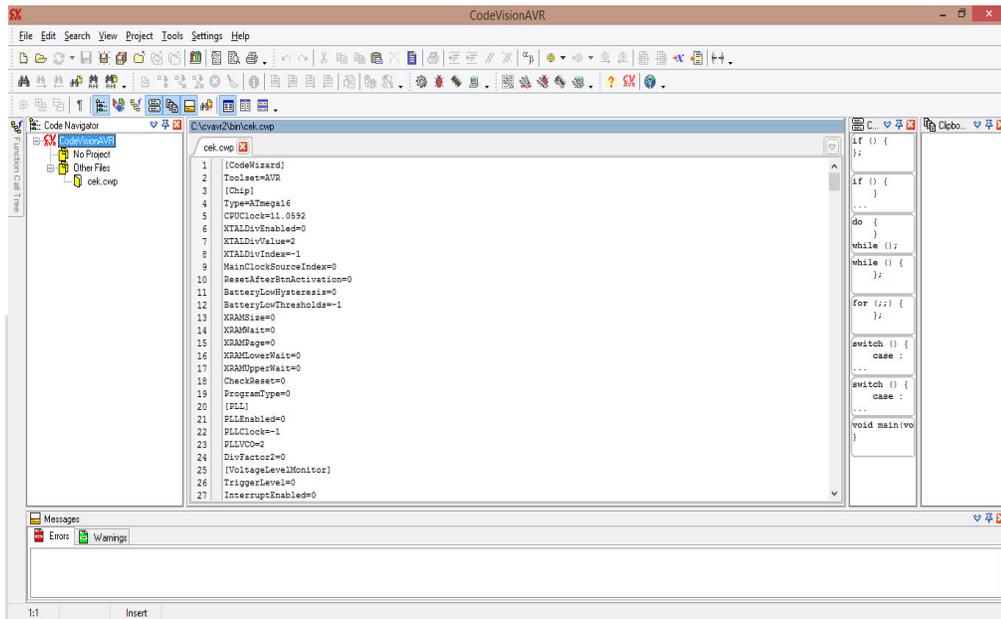
Gambar 17. Dialog box untuk membuat project baru.

Dalam menggunakan program ini terlebih dahulu diperlukan inisialisasi chip yang digunakan, clock, I/O port, dan segala hal diperlukan dalam mendesain suatu pemrograman pada umumnya. Blok inisialisasi dapat dilihat pada gambar 18 di bawah ini:



Gambar 18. Blok Penginisialisasian program

Setelah penginisialisasian chip maka selanjutnya “*Generate, Save and Exit*”. Selanjutnya yaitu penulisan program pada blok bagian yang telah tersedia, seperti ditunjukkan pada Gambar 19 berikut:



Gambar 19. Bagian penulisan program

Pada software CodeVision AVR telah disediakan beberapa rutin standar yang dapat langsung digunakan. Anda dapat melihat lebih detail pada manual dari CodeVisionAVR.

G. Driver Relay

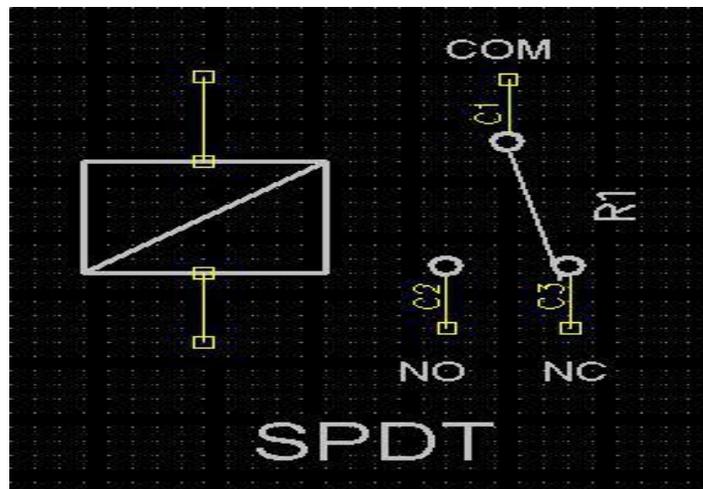
Relay adalah komponen yang terdiri dari sebuah kumparan berinti besi yang akan menghasilkan elektromagnet ketika kumparan dialiri oleh arus listrik. Elektromagnet ini kemudian menarik mekanik kontak yang akan menghubungkan kontak Normally_open (NO) dan membuka kontak Normally-Closed (NC). Karakteristik relay antara lain adalah tegangan kerja koil/kumpara meliputi 5Vdc, 12 Vdc, 24 Vdc, 36 Vdc, hingga 48 Vdc. Tegangan kerja adalah tegangan yang harus diberikan kepada koil agar relay dapat bekerja. Selain itu karakteristik kemampuan kontak relay meliputi 3A,

5A, atau 10A, Berikut ini beberapa gambar contoh relay DC yang banyak digunakan dan banyak tersedia di pasaran.



Gambar 20. Contoh relay DC

Gambar 21 di bawah ini adalah symbol dari komponen relay *single-pole Dual-Totem* yang berarti memiliki sebuah kontak NO dan sebuah kontak NC dengan sebuah COMMON. Pada saat kumparan tidak dialiri listrik maka kontak NC akan terhubung dengan COM. Jika kumparan dialiri arus, maka kontak akan bergerak dari NC ke NO, sehingga NO akan terhubung dengan COM.



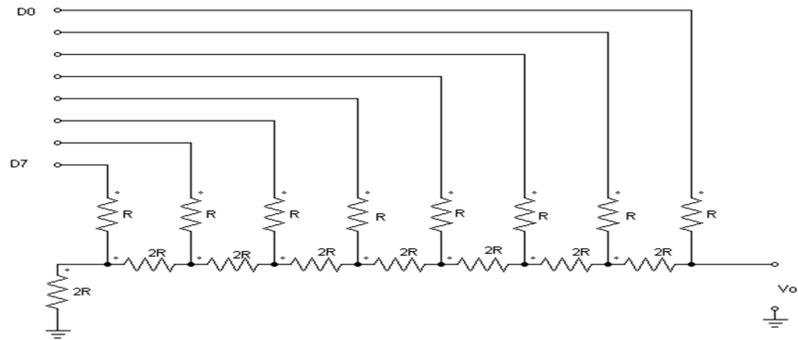
Gambar 21. Simbol kompone relay

H. DAC (Digital Analog Conversion) dan OP-AMP (Operation Amplifier)

1. DAC (Digital Analog Conversion)

Digital Analog Conversion adalah suatu rangkaian elektronika yang berfungsi untuk merubah besaran digital menjadi besaran analog. Rangkaian ini diperlukan pada saat rangkaian memberikan output berupa sinyal digital kemudian dirubah menjadi sinyal analog. Rangkaian digital ini juga dapat digunakan sebagai alat kontrol yang dapat mengoperasikan parameter-parameter tegangan maupun arus kedalam bentuk analog. Rangkaian Digital to Analog dapat dibangun dengan mudah menggunakan Op-Amp yang diberi masukan dengan mengatur switch-switch yang mewakili besaran digital. Nilai berlogic “1” jika switch dihubungkan dengan supply 5 volt dan logic “0” bila dihubungkan dengan ground/dilepas.

Dalam Tugas Akhir ini Digital to Analog (DAC) yang digunakan DAC jenis R/2R Ladder. Pada rangkaian R/2R Ladder, pemasangan nilai Resistor pada input-inputnya adalah R-2R, jadi kalau nilai R = 10 k, maka 2R nya di pasang 20 k. Pemasangan nilai resistor yang seperti itu adalah untuk mendapatkan V_{out} yang liner (kenaikkan perstepnya tetap). Nilai tersebut dapat diaplikasikan untuk IC DAC dengan resolusi 8,10 atau 12 bit. Rangkaian R/2R Ladder ditunjukkan pada gambar 22.



Gambar 22. Rangkaian DAC R/2R

Prinsip kerja dari rangkaian R/2R Ladder adalah informasi digital 8 bit masuk ke switch D0 sampai D7. Switch ini mempunyai kondisi “1” (sekitar 5 V) atau “0” (sekitar 0 V). Dengan pengaturan switch akan menyebabkan perubahan arus yang mengalir melalui R9 sesuai dengan nilai ekivalen biner-nya.

Besar tegangan yang dikeluarkan DAC dapat dihitung melalui persamaan berikut:

$$V_o = V_{ref} \times \frac{\text{Nilai Desimal}}{2^n} \dots\dots\dots(3)$$

Atau

$$V_o = V_{ref} \times \left(\frac{X}{2} + \frac{X}{4} + \frac{X}{8} + \frac{X}{16} + \frac{X}{32} + \frac{X}{64} + \frac{X}{128} \right) \dots\dots\dots(4)$$

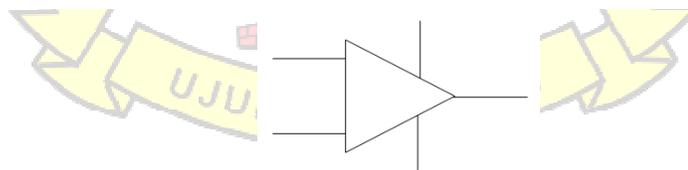
Nilai Vref pada rangkaian DAC 2/2R adalah sebesar tegangan pada logika ‘high’ yaitu 5 volt.

2. OP-AMP (Operation Amplifier)

Operational Amplifier (OP-AMP) merupakan salah satu komponen analog yang sering digunakan dalam berbagai aplikasi rangkaian elektronika. Aplikasi op-amp yang paling sering dipakai antara lain

adalah rangkaian inverter, non-inverter, integrator dan differensiator. Pada pokok bahasan kali ini akan dipaparkan beberapa aplikasi op-amp yang paling dasar, yaitu rangkaian penguat inverting, non-inverting differensiator dan integrator. Operation Amplifier adalah suatu penguat berpenguata tinggi yang terintegrasi dalam sebuah chip IC yang memiliki dua input inverting dan non-inverting dengan sebuah terminal output, dimana rangkaian umpan balik dapat ditambahkan untuk mengendalikan karakteristik tanggapan keseluruhan pada Operation Amplifier.

Simbol Op-Amp standar dinyatakan dengan sebuah segitiga, seperti tampak pada gambar 23. Terminal-terminal masukan ada pada bagian atas segitiga. Masukan membalik dinyatakan dengan tanda minus (-). Tegangan DC atau AC yang dikenakan pada masukan ini akan digeser 180° pada keluaran. Masukan tak membalik dinyatakan dengan tanda positif (+). Tegangan DC atau AC yang diberikan pada masukan ini akan sefasa dengan keluaran. Terminal keluaran di perlihatkan pada bagian puncak segitiga.



Gambar 23. Skematis Op-Amp

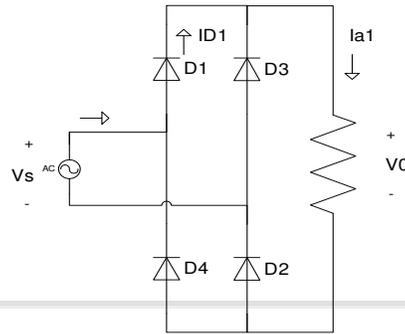
I. Penyearah

1. Pengertian penyearah

Penyearah adalah alat yang digunakan untuk mengubah sumber arus bolak-balik (AC) menjadi sumber arus searah (DC). Rangkaian penyearah banyak menggunakan transformator step down yang digunakan untuk menurunkan tegangan sesuai perbandingan transformasi yang digunakan. Penyearah dibedakan menjadi 2 jenis yaitu penyearah setengah gelombang dan penyearah gelombang penuh. Penyearah gelombang penuh dibedakan menjadi penyearah gelombang penuh dengan center tapped (CT) dan penyearah gelombang penuh dengan menggunakan dioda bridge atau sistem jembatan.

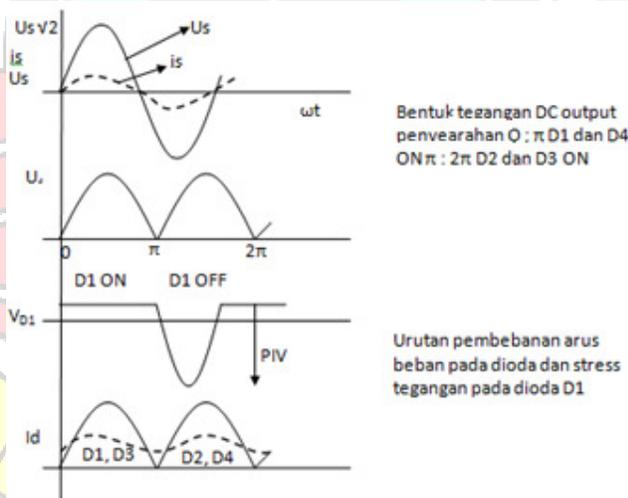
2. Penyearah gelombang penuh jembatan

Rangkaian penyearah satu fasa gelombang penuh dapat menggunakan center tapped (CT) ataupun dengan menggunakan jembatan (bridge). Pada rangkaian penyearah center tapped (CT) menggunakan dua buah dioda, sedangkan pada rangkaian penyearah jembatann menggunakan empat buah dioda . Berikut ini gambar rangkaian penyearah gelombang penuh dengan menggunakan sistem jembatan (Bridge).



Gambar 24. Rangkaian full wave penyearah

Gelombang output hasil penyearahan dengan konfigurasi jembatan dapat dilihat pada gambar 25. Terbentuknya tegangan dari penyearah gelombang penuh dengan menggunakan rangkaian jembatan ini, dapat dijelaskan dengan memperhatikan gambar di bawah ini.



Gambar 25. Diagram pulsa penyearah satu fasa gelombang

Penyearah satu fasa gelombang penuh ini memiliki faktor *ripple* lebih kecil dari pada penyearah satu fasa setengah gelombang. Bentuk gelombang yang terjadi pada outputnya dapat dilihat pada gambar 21. Pada setengah siklus positif (0 s/d $T/2$), dioda D1 dan D3 konduksi on

dan menghasilkan gelombang output setengah siklus seperti pada Gambar 25. Selanjutnya untuk setengah siklus negatif ($T/2$ s/d T), maka dioda D2 dan D4 konduksi. Gelombang yang terjadi adalah positif, sebab titik A adalah nol dan titik B adalah positif.

Untuk mencari nilai dari tegangan output penyearah, dapat menggunakan rumus seperti berikut:

$$V_{dc} = V_{ave} = \frac{1}{T} \int_0^T V_s(t) dt \dots\dots\dots (3)$$

Dimana V_{out} untuk $0 < t < T$ dengan frekuensi $\frac{1}{T}$ dan $\omega = 2\pi f$

$$V_{dc} = V_{ave} = \frac{2}{2\pi} \int_0^\pi V_m \sin \omega t d \omega t \dots\dots\dots (4)$$

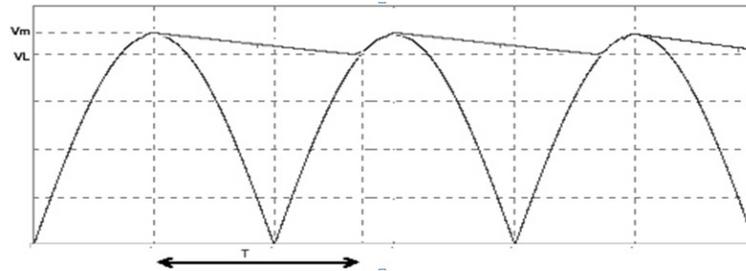
$$V_{dc} = V_{ave} = \frac{1}{\pi} [V_m \int_0^\pi \sin \omega t d \omega t] \dots\dots\dots (5)$$

$$V_{dc} = V_{ave} = \frac{V_m}{\pi} [-\cos \omega t]_0^\pi \dots\dots\dots (6)$$

$$V_{dc} = V_{ave} = \frac{V_m}{\pi} [1 - (-1)] \dots\dots\dots (7)$$

$$V_{dc} = V_{ave} = \frac{2V_m}{\pi} = 0.6366 \dots \dots\dots (8)$$

Apabila pada gambar 24 rangkaian ditambah filter kapasitor, maka tegangan keluaran akan berubah dari bentuk gelombang semula.



Gambar 26. Bentuk gelombang output dengan filter kapasitor

Fungsi kapasitor untuk menekan ripple . kemiringan kurva b-c tergantung dari besar arus yang mengalir ke beban R. Jika arus adalah nol (tidak ada beban), maka kurva b-c akan membentuk garis horisontal. Akan tetapi jika beban arus semakin besar, kemiringan kurva b-c akan semakin tajam. Tegangan yang keluar akan berbentuk gigi gergaji dengan tegangan ripple yang besarnya adalah :p

$$V_{r(pp)} = V_m \left(1 - 1 + \frac{t_2}{RC}\right) = \frac{V_m t_2}{RC} = \frac{V_m}{2fRC} \dots\dots\dots (9)$$

Dimana , $t_2 \approx \frac{T}{2} = \frac{1}{2f}$

$$V_{dc} = V_m - \frac{V_{r(pp)}}{2} = V_m - \frac{V_m}{2 \cdot 2fRC} = V_m \left(1 - \frac{1}{4fRC}\right) \dots\dots\dots (10)$$

Tegangan ripple Rms

$$V_{ac} = \frac{V_{r(pp)}}{2\sqrt{2}} = \frac{V_m}{4\sqrt{2}fRC} \dots\dots\dots (11)$$

$$RF = \frac{V_{ac}}{V_{dc}} = \frac{\frac{V_m}{4\sqrt{2}fRC}}{V_m \left(1 - \frac{1}{4fRC}\right)} \dots\dots\dots (12)$$

$$RF = \frac{1}{\sqrt{2}(4fRC - 1)} \dots\dots\dots (13)$$

J. Soft Starter

Soft starter merupakan salah satu cara untuk mengurangi tegangan starting dari motor. Tujuannya untuk menghindari arus pengasut yang terlalu tinggi pada motor. Adapun jenis-jenis metode yang digunakan pada starting motor induksi dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 1. Tabel perbandingan dari berbagai metode starting motor induksi

	DOL	Y-Δ	Part winding	Resistor	Auto transformer	Slip ring motor	Soft starter	Frequency converter
Motor	standart	standart	6 kumparan	standart	standart	specific	standart	standart
Biaya	+	++	++	+++	+++	+++	+++	++++
Motor starting current	5 – 10 kali nilai arus	2 – 3 kali nilai arus	2 kali nilai arus	Sekitar 4,5 kali nilai arus	1,7 - 4 kali nilai arus	Sekitar 2 kali nilai arus	4 - 5 kali nilai arus	Sama dengan nilai arus
Fenomena arus transient	Tinggi	Tinggi saat pergantian sambungan	Rendah	Rendah	Rendah; Perhatian: dihubung dengan hubungan DOL	Rendah	Rendah	Rendah
Tegangan dan arus harmonisa	Tinggi	Sedang	Sedang	Sedang	Sedang	Rendah	Tinggi	Tinggi
Faktor daya	Rendah	Rendah	Sedang	Sedang	Rendah	Sedang	Rendah	Tinggi
Number of start available	Terbatas	2-3 kali lebih banyak dari DOL	3-4 kali lebih banyak dari DOL	3-4 kali lebih banyak dari DOL	3-4 kali lebih banyak dari DOL	2-3 kali lebih banyak dari DOL	Terbatas	Tinggi
Torsi Yang tersedia	Sekitar 2,5 Kali nilai torsi	0,21 – 0,5 Kali nilai torsi	2 Kali nilai torsi	Sama dengan nilai Torsi	Sekitar 0.5 Kali nilai torsi	Sekitar 2 Kali nilai torsi	Sekitar 0,5 Kali nilai torsi	1,5 - 2 Kali nilai torsi
Thermal stress	Sangat tinggi	Tinggi	Sedang	Tinggi	Sedang	Sedang	Sedang	Rendah
Mechanical shocks	Tres eleve	Sedang	Sedang	Sedang	Sedang	Rendah	Sedang	Rendah
Rekomendasi Jenis beban	Semua	Tanpa Beban	Torsi naik	Pompa dan kipas	Pompa dan kipas	Semua	Pompa dan kipas	Semua
High inertia load	Ya	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak	Ya	Tidak	Ya

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Tempat dan Waktu Penelitian

Lokasi perancangan dan penelitian alat pereduksi arus asut pada start up motor induksi satu fasa berbasis mikrokontroller bertempat di Laboratorium Energi Politeknik Negeri Ujung Pandang. Adapun waktu penelitian dilakukan dari tanggal 24 maret 2014 sampai oktober 2014 .

B. Metode Perancangan

Metode yang akan digunakan dalam proyek akhir ini adalah metode komparasi. Yang dimaksud dengan metode komparasi adalah metode yang dimaksudkan untuk mengetahui, membandingkan dan atau menguji perbedaan dua kelompok percobaan atau lebih. Dengan menggunakan metode ini maka dapat dibandingkan antara hasil pengujian yang menggunakan alat pereduksi arus asut dengan pengujian yang tidak menggunakan alat pereduksi arus asut. Kemudian hasil perbandingannya dapat dilihat dengan menggunakan grafik.

1. Studi literatur

Studi literatur ini meliputi pengumpulan dasar teori yang digunakan sebagai acuan dalam penyelesaian proyek akhir diantaranya mikrokontroller, AC-AC konverter, TCA, DAC, dan motor.

2. Perancangan dan pembuatan alat

Perancangan alat pereduksi arus asut pada start up motor induksi satu fasa terbagi dalam 2 bagian yaitu, perancangan perangkat keras berupa

penentuan motor yang akan digunakan, penentuan TRIAC, penentuan sensor arus yang akan digunakan, perancangan rangkaian TCA, penentuan mikrokontroler, perancangan rangkaian DAC, perancangan rangkaian penyearah, perancangan driver relay.

Bagian kedua adalah perancangan perangkat lunak berupa diagram alir alat pereduksi kemudian membuat programnya menggunakan *software* CodeVision AVR.

3. Pengujian dan analisis

Pengujian dilakukan pada setiap blok rangkaian dan hasil pada masing-masing blok di amati. Setelah pengerjaan tiap blok dilakukan kemudian pengujian pada keseluruhan blok yang menjadi satu sistem pereduksi arus asut pada start up motor induksi satu fasa. Pengujian di lakukan dalam beberapa tahap yang terbagi dalam dua bagian, yaitu pengujian parsial dan pengujian secara keseluruhan sistem. Pengujian parsial itu sendiri adalah pengujian secara terpisah, satu per satu dalam hal ini masing-masing rangkaian.

Untuk tahap pengujiannya adalah sebagai berikut :

- a. Pengujian rangkaian AC-AC konverter dan TCA
- b. Pengujian rangkaian DCA dan Op-Amp
- c. Pengujian rangkaian Driver Relay
- d. Pengujian Penyearah

- e. Pengujian keseluruhan sistem pereduksi arus asut pada start up motor induksi satu fasa menggunakan AC-AC konverter yang di kontrol mikrokontroller.

C. Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan pada pembuatan alat pereduksi arus

asut terdiri dari :

1. Alat

- a. Mesin bor tangan
- b. Mesin gerinda tangan
- c. Solder
- d. Multimeter
- e. Tang potong
- f. Tang lancip
- g. Obeng (+ dan -)

2. Bahan

- a. TRIAC
- b. IC TCA
- c. Dioda
- d. Resistor

- e. Tima
- f. Papan PCB
- g. Mikrokontroller
- h. Kabel

Adapun alat dan bahan yang digunakan pada saat pengujian dan pengambilan data yaitu :

- a. Seperangkat alat ukur
- b. Motor induksi satu fasa
- c. Alat pereduksi arus asut
- d. Komputer/labtop
- e. Saklar
- f. Terminal
- g. Kabel

D. Prosedur Perancangan

Untuk dapat membuat alat reduksi arus asut pada start up motor induksi satu fasa, maka diperlukan langkah-langkah sebagai berikut.

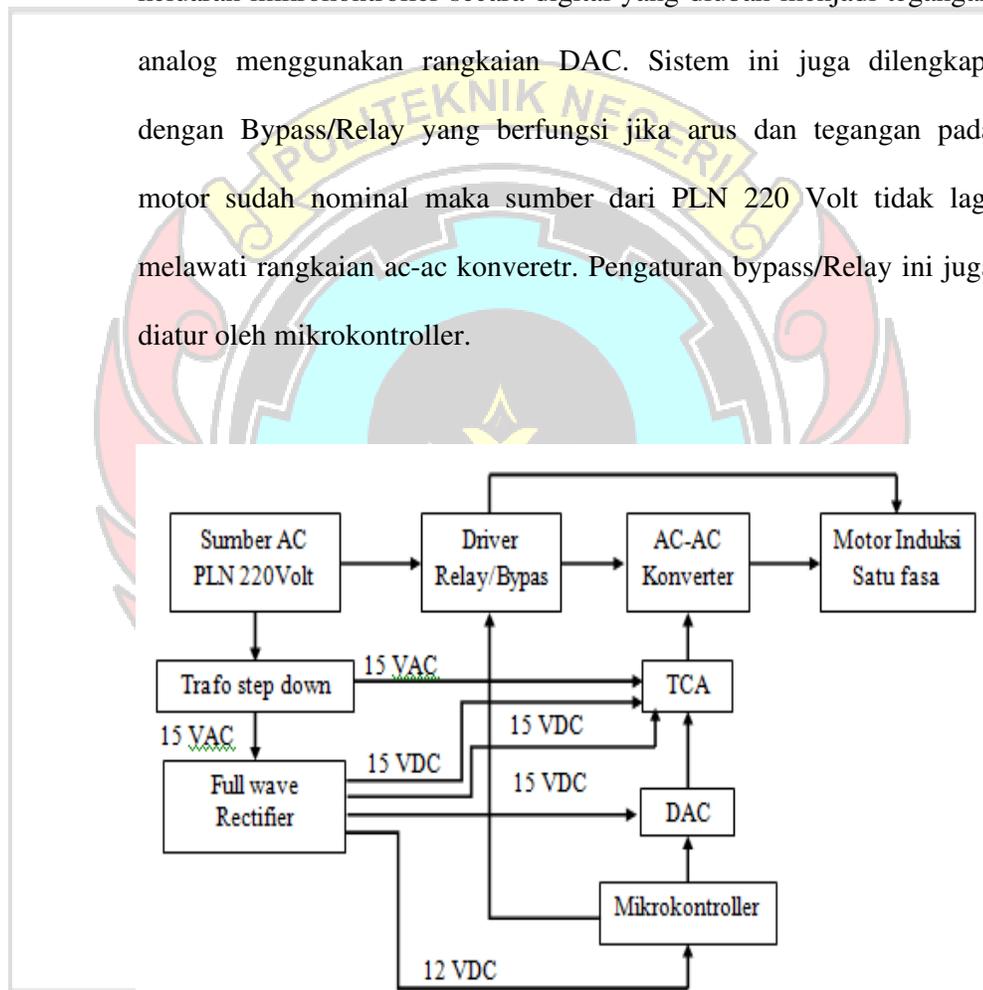
1. Perancangan dan pembuatan alat

- a. Blok diagram sistem pereduksi arus asut

Blok diagram keseluruhan dari sistem ditunjukkan pada gambar 27, sumber tegangan dari jala-jala PLN 220 Volt merupakan sumber tegangan utama dari alat yang dibuat. Selain itu sumber tegangan dari PLN 220 Volt diturunkan tegangannya menggunakan trafo step down, kemudian disearahkan menggunakan penyearah jembatan. Tegangan keluaran dari penyearah digunakan sebagai sumber tegangan untuk rangkaian TCA, DAC, dan Mikrokontroller.

Sumber tegangan dari jala-jala PLN untuk mensupply motor, dimana sebelum masuk ke motor tegangan di atur di AC-AC

konverter. AC-AC konverter ini digunakan untuk mengatur tegangan yang masuk ke motor. Pengaturan tegangan dilakukan dengan cara mengatur sudut penyulutnya pada TRIAC. Untuk mengatur sudut penyulutnya digunakan rangkaian driver IC TCA yang di kontrol oleh keluaran mikrokontroller secara digital yang diubah menjadi tegangan analog menggunakan rangkaian DAC. Sistem ini juga dilengkapi dengan Bypass/Relay yang berfungsi jika arus dan tegangan pada motor sudah nominal maka sumber dari PLN 220 Volt tidak lagi melawati rangkaian ac-ac konveretr. Pengaturan bypass/Relay ini juga diatur oleh mikrokontroller.



Gambar 27. Blok diagram sistem pereduksi arus asut

b. Perancangan perangkat keras

Dalam perancangan alat pereduksi arus asut pada star up motor induksi satu fasa untuk perangkat keras terbagi menjadi beberapa bagian, antara lain :

1. Penentuan jenis motor dan karakteristik motor

Jenis motor yang digunakan adalah motor induksi satu fasa dengan spesifikasi sebagai berikut :

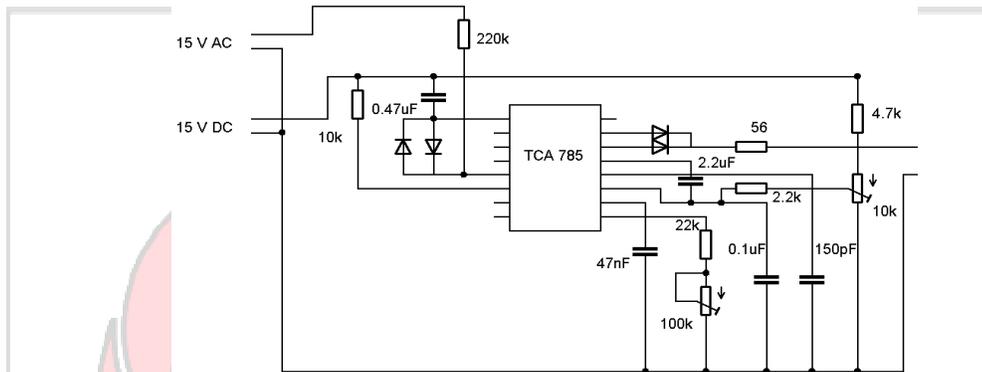
Daya	: 125 W
Speed	: 2850 min
Tegangan	: 220 Volt
Cos	: 0,85
Frekuensi	: 50 Hz

2. Perancangan rangkaian driver TCA

Pada rancangan rangkaian pereduksi arus asut pada start up motor, untuk IC TCA yang digunakan adalah IC TCA785P. Rangkaian driver TCA berfungsi sebagai pembangkit pulsa dari rangkaian AC-AC konverter satu fasa.

Untuk penyearah gelombang 1 fasa yang terkontrol, karena input dari tegangan jala-jala mempunyai beda fasa 180° maka dibutuhkan pulsa penyalan yang mempunyai beda fasa 180° untuk setiap siklus tegangan positif dan negatif. Hal ini dapat diatasi dengan cara mengambil tegangan input dari sinkronisasi IC TCA (terdapat pada kaki no 5). Rangkaian pembangkit pulsa

untuk penyearah 1 fasa gelombang penuh dapat dilihat pada gambar 28 berikut ini dengan menggunakan IC TCA 785 dan Tabel 1 yang menunjukkan layout dan fungsi dari kaki-kaki IC TCA 785 beserta simbol :



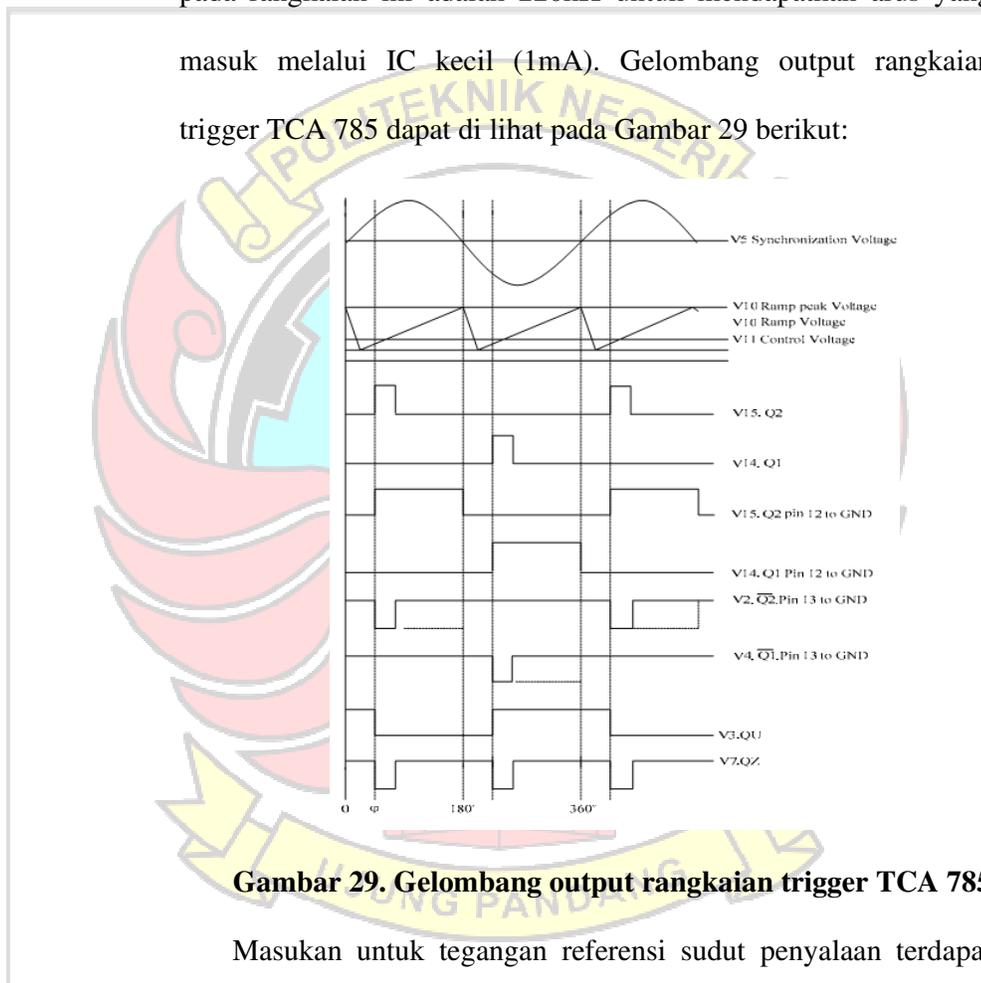
Gambar 28. Rangkaian TCA 785

Keluaran IC pada kaki (no 14) untuk pulsa penyalaan tegangan siklus negatif jala-jala sedangkan kaki (no 15) untuk penyalaan dari siklus positif jala-jala.

Tabel 2. Fungsi Kaki pada IC TCA 785

Nomor Kaki	Simbol	Fungsi
1	Qs	Body / Ground
2	Q2	Complement o / p
3	Qu	O / up
4	Q1	Complement o / p
5	Usync	Sinkronisasi
6	I	Inhibit
7	Qz	O / pz
8	Uref	Tegangan Referensi
9	R9	Ramp Resistor
10	C10	Ramp Kapasitor
11	U11	Tegangan Referensi
12	C12	Panjang Pulsa
13	L	Impuls Panjang
14	Q1	O / p1
15	Q2	O / P2
16	Us	Tegangan Sumber

Langkah kerja dari IC 785 menggunakan kaki-kaki sebagai masukan tegangan sinkronisasi dari kaki no 5 (Vsync) yang membentuk gelombang sinusoidal dengan penggunaan resistor yang berhambatan tinggi. Besarnya nilai resistor yang digunakan pada rangkaian ini adalah $220k\Omega$ untuk mendapatkan arus yang masuk melalui IC kecil (1mA). Gelombang output rangkaian trigger TCA 785 dapat di lihat pada Gambar 29 berikut:



Gambar 29. Gelombang output rangkaian trigger TCA 785

Masukan untuk tegangan referensi sudut penyalan terdapat pada kaki (no 11), sedangkan pada kaki (no 10) merupakan bentuk gelombang tegangan yang berupa gigi gergaji. Perpotongan antara gelombang referensi penyalan dengan gelombang gigi gergaji terdapat pada kaki (no 14) untuk gelombang yang bekerja

pada daerah kerja negatif, dan kaki (no 15) untuk bentuk gelombang yang bekerja pada daerah positif.

Kaki (no 6) merupakan kaki *inhibit* / penghambat yang berfungsi untuk membelokan pembangkitan pulsa bila masukan bernilai aktif “low” dan meneruskan pulsa jika masukan bernilai aktif “high”. Kaki (no 9) merupakan masukan untuk membatasi sudut penyulutan maksimum dengan mengatur tegangan variable. Kapasitor yang terdapat pada kaki (no 10) dan resistor yang berada pada kaki (no 9) akan menentukan kemiringan dari gelombang gigi gergaji dengan frekuensi sumber. Dari referensi tersebut gelombang gigi gergaji dibandingkan dengan tegangan referensi pada kaki (no 11) oleh rangkaian pembanding (Comparator).

Sudut penyulutan dapat diatur mulai 0° sampai dengan 180° dengan mengatur tegangan referensi mulai dari 0 sampai dengan 11volt. Dimana pada saat sudut penyulutan bernilai maksimum keluaran dari konverter adalah minimum, dan pada saat sudut penyulutan bernilai minimum keluaran dari konverter bernilai maksimum. Sinyal output dari comparator ini kemudian akan

diteruskan ke rangkaian logic. Di dalam rangkaian logic sinyal-sinyal tersebut diproses menjadi gelombang pulsa yang mana panjang gelombang dari pulsa tersebut dapat diubah-ubah dengan mengatur nilai kapasitor (C12). Untuk mendapatkan panjang pulsa

yang maksimum, dapat dilakukan dengan menghubungkan kaki (no 12) dengan ground.

Pada kaki-kaki (no 14) dan (no 15) akan diperoleh pulsa positif dengan panjang pulsa 30 ms untuk setiap setengah cycle dari tegangan sumber. Sedangkan pada kaki (no 4) dan kaki (no 2) akan diperoleh output yang bernilai negatif.

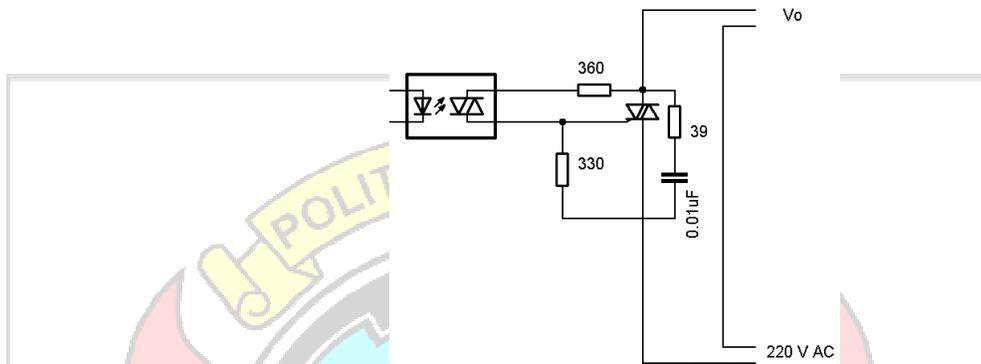
Pulsa penyalan yang dibangkitkan oleh IC TCA785 ini perlu dipasang penapis untuk menghindari sinyal yang bersifat parasit yang mungkin timbul pada saat pembangkitan pulsa penyalan. Oleh karena itu untuk memisahkan rangkaian daya dengan rangkaian kontrol perlu dipasang isolasi yaitu dengan memasang Optoisolator.

3. Penentuan komponen semikonduktor daya TRIAC dan Perancangan rangkaian AC-AC converter

Penentuan daya Triac ditentukan berdasarkan spesifikasi motor induksi yang digunakan, dimana arus nominal motor sebesar 0,57 A maka kapasitas Triac yang digunakan sebesar 10 A. Datasheet Triac dapat dilihat pada lampiran.

Pada perancangan rangkaian pereduksi arus asut pada start up motor. AC-AC konverter digunakan untuk mengatur tegangan masuk motor. Rangkaian AC-AC Konverter digunakan untuk mengatur tegangan AC dengan metode kontrol sudut fasa.

Rangkaian AC-AC converter dapat di lihat pada gambar 30 berikut:



Gambar 30. Rangkaian AC-AC Konverter

4. Pemilihan mikrokontroller

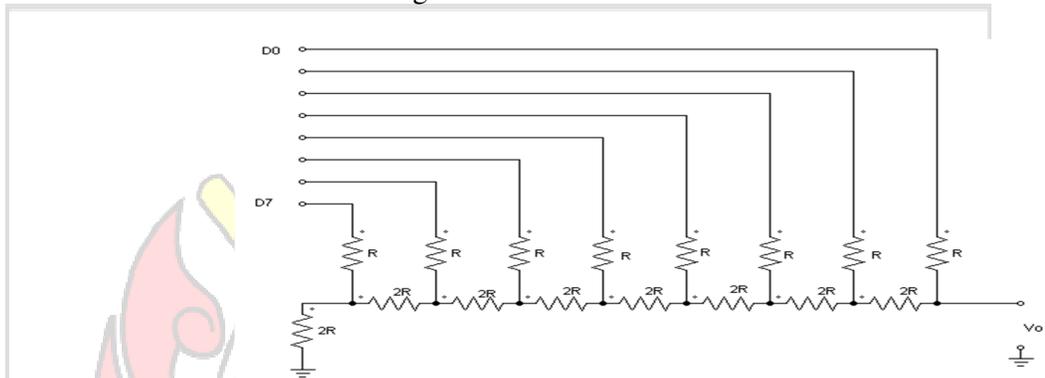
Pada perancangan rangkaian pereduksi arus asut pada start up motor, mikrokontroller yang digunakan adalah mikrokontroller ATmega16.

5. Perancangan DAC dan Op-Amp

a) Digital to analog converter

Rangkaian Digital to Analog converter adalah rangkaian yang digunakan untuk mengubah data digital menjadi sinyal analog. Pada rangkaian Digital to Analog converter digunakan untuk mengubah data digital yang dihasilkan oleh mikrokontroller agar dapat dimanfaatkan untuk menjadi kontrol tegangan rangkaian Ac-Ac konverter dengan menggunakan IC TCA 785.

Jenis rangkaian Digital to Analog Converter yang digunakan adalah jenis R/2R. DAC R/2R merupakan jenis rangkaian DAC yang terdiri atas komponen resistor yang bernilai R dan dua kali lipatnya. Rangkaian DAC R/2R dapat dilihat melalui gambar berikut.

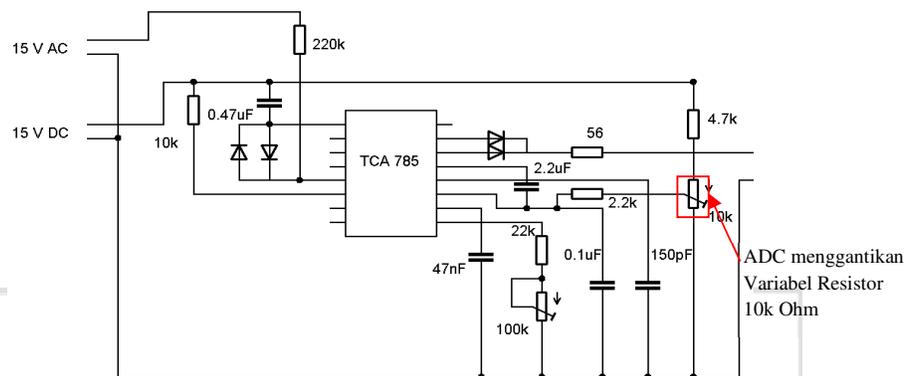


Gambar 31. Rangkaian Digital to Analog Converter R/2R

Untuk mendesain rangkaian Digital to Analog Converter, beberapa parameter dapat dihitung melalui persamaan berikut.

$$V_o = V_{ref} \left(\frac{A_1}{2} + \frac{A_2}{4} + \frac{A_3}{8} + \frac{A_n}{2^n} \right)$$

Fungsi DAC adalah sebagai pengganti variabel resistor bernilai 10k Ohm yang digunakan sebagai kontrol tegangan yang dapat dilihat dari gambar berikut:



Gambar 32. Rangkaian PWM dengan menggunakan IC TCA 785

Resistor variabel 10k Ohm pada rangkaian tersebut digunakan sebagai pembagi tegangan. Besar tegangan dari resistor variabel 10k Ohm tersebut adalah:

$$V_{\text{resistor_variable}} = V_{\text{in}} \left(\frac{\text{resistor variable}}{\text{resistor variable} + 4.7\text{k}} \right)$$

$$V_{\text{resistor_variable}} = 15 \left(\frac{10\text{k}}{10\text{k} + 4.7\text{k}} \right)$$

$$V_{\text{resistor_variable}} = 10,2 \text{ Volt}$$

$$V_{\text{resistor_variable}} \approx 10 \text{ Volt}$$

Dari perhitungan tersebut dapat dilihat bahwa tegangan dari resistor variabel 10k Ohm bernilai mulai 0 Volt sampai 10,2 Volt. Oleh karena itu apabila tegangan resistor variabel digantikan dengan tegangan keluaran DAC, maka dibutuhkan

tegangan keluaran DAC mulai 0 Volt sampai 10 Volt.

DAC R/2R yang akan dapat mengubah data digital 8 bit menjadi sinyal analog. Dalam hal ini tegangan referensi yang digunakan yaitu berupa tegangan keluaran mikrocontroller

yaitu sebesar 5 Volt. Agar rangkaian DAC menghasilkan tegangan pada kondisi maksimal, maka rangkaian DAC diberi input maksimal yaitu pada kondisi maksimalnya = FF H dan data pada saat tersebut didapatkan tegangan output sesuai perhitungan dibawah ini:

$$V_o = V_{ref} \left(\frac{A_1}{2} + \frac{A_2}{4} + \frac{A_3}{8} + \frac{A_4}{16} + \frac{A_5}{32} + \frac{A_6}{64} + \frac{A_7}{128} + \frac{A_8}{256} \right)$$

$$\text{FF H} = 1111 1111$$

$$V_o = 5 \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{4} + \frac{1}{8} + \frac{1}{16} + \frac{1}{32} + \frac{1}{64} + \frac{1}{128} + \frac{1}{256} \right)$$

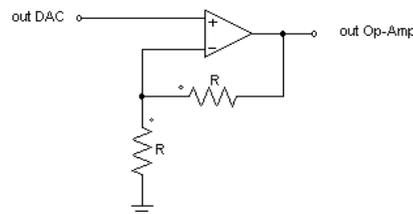
$$V_o = 5 \left(\frac{255}{256} \right)$$

$$V_o = 4,98 \text{ Volt}$$

$$V_o \approx 5 \text{ V}$$

b) Op-Amp

Agar tegangan keluaran DAC mencapai nilai 10 V pada kondisi FF H, maka dibutuhkan penguat tegangan sebesar 2 kali. Pada tugas akhir ini digunakan rangkaian penguat tegangan non-inverting amplifier. Rangkaian non-inverting amplifier yang digunakan dapat dilihat melalui gambar berikut



Gambar 33. Rangkaian non-inverting amplifier

Apabila DAC mengeluarkan tegangan sebesar 5 volt maka tegangan tersebut dapat dikuatkan menjadi:

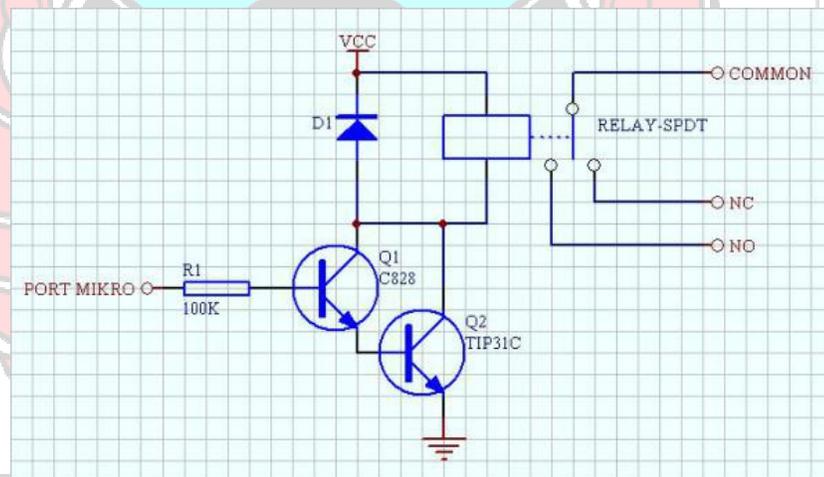
$$V_o = 5 \times \left(1 + \frac{R}{R}\right)$$

$$V_o = 5 \times 2$$

$$V_o = 10 \text{ V}$$

6. Perancangan Driver Relay

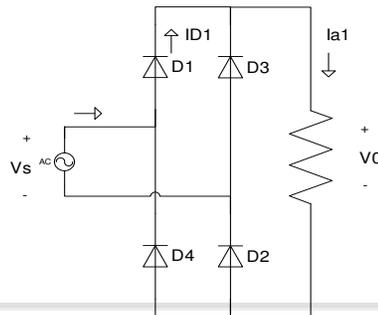
Pada perancangan rangkaian pereduksi arus asut pada start up motor, relay yang digunakan adalah *singel-pole Dual-Totem* (SPDT). Berikut ini adalah gambar rangkaian driver relay.



Gambar 34. Rangkaian Driver Relay

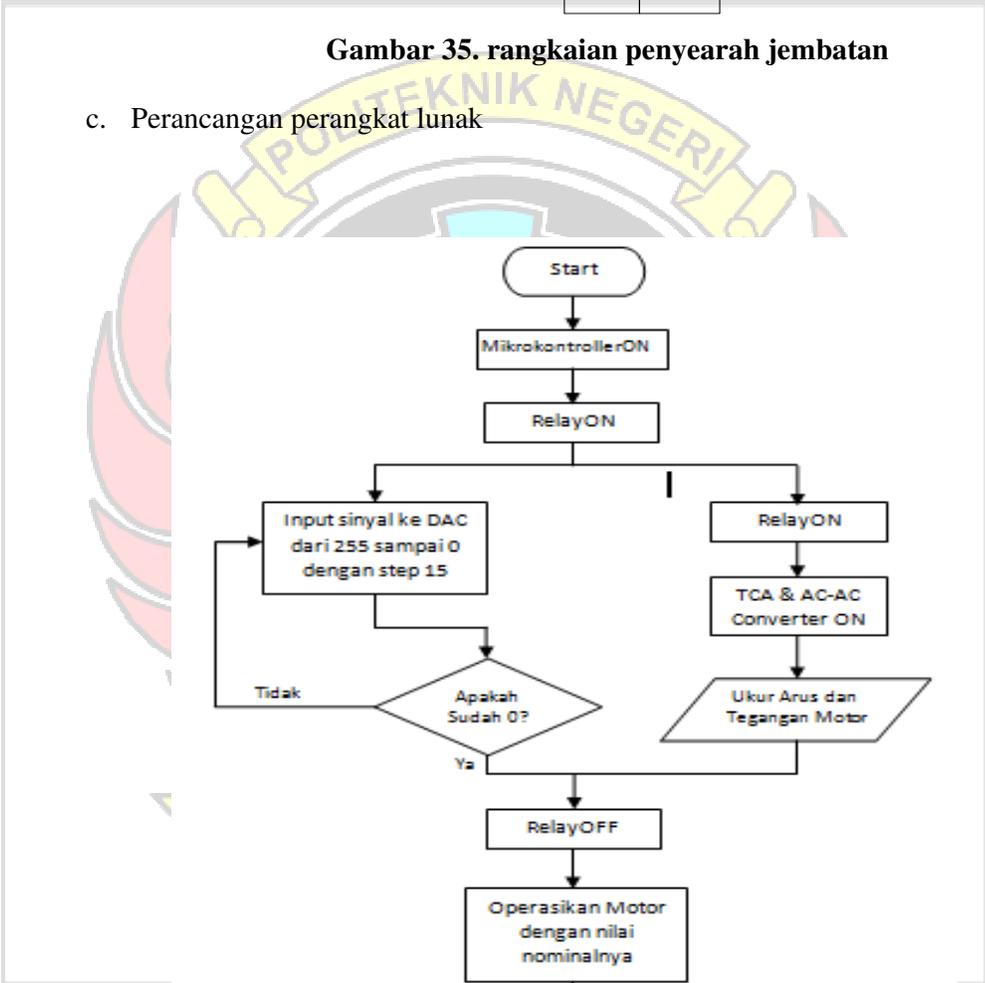
7. Perancangan rangkaian penyearah

Pada perancangan rangkaian pereduksi arus asut pada start up motor, rangkaian penyearah yang digunakan adalah rangkaian penyearah jembatan (bridge). Gambar rangkaian dasar penyearah jembatan dapat dilihat pada Gambar 35 .



Gambar 35. rangkaian penyearah jembatan

c. Perancangan perangkat lunak



Gambar 36. Flowchart perancangan perangkat lunak

2. Prosedur/langkah pengambilan data dan penelitian.

a. Prosedur pengambilan data

1) Tanpa menggunakan rangkaian pereduksi arus asut.

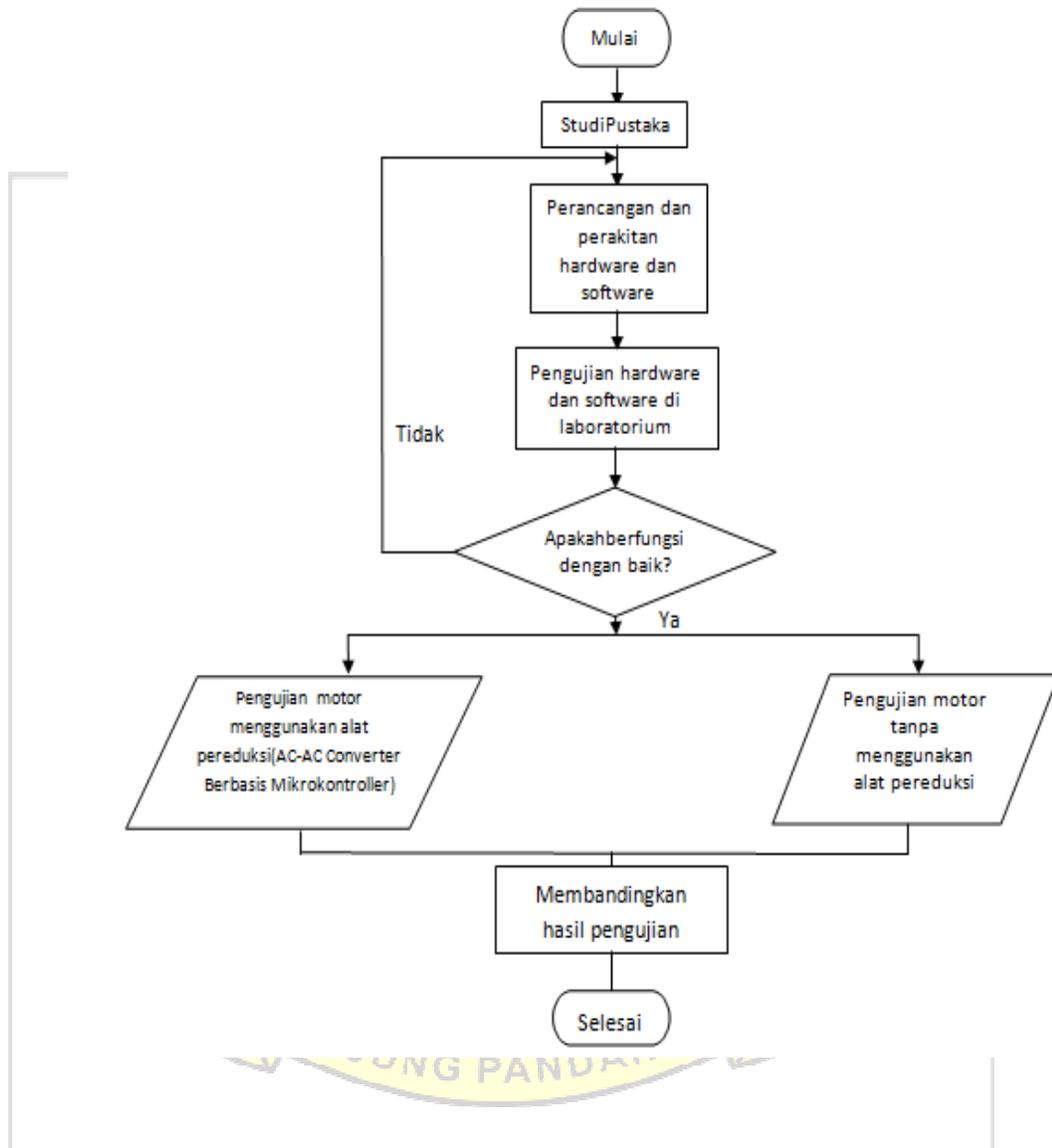
- a) Menyiapkan peralatan yang akan digunakan.
- b) Memeriksa kondisi alat yang akan digunakan.
- c) Memeriksa rangkaian kemudian menyesuaikan dengan gambar skema.
- d) Menjalankan motor tanpa menggunakan rangkaian pereduksi.
- e) Mencatat hasil pengukuran yang di tampilkan oleh alat ukur pada tabel yang telah dibuat.

2) Dengan menggunakan rangkaian pereduksi arus asut

- a) Menyiapkan peralatan yang akan digunakan.
- b) Memeriksa kondisi alat yang akan digunakan.
- c) Memeriksa rangkaian kemudian menyesuaikan dengan gambar skema.
- d) Menjalankan motor dengan menggunakan rangkaian pereduksi.
- e) Mencatat hasil pengukuran yang di tampilkan oleh alat ukur pada tabel yang telah dibuat.

b. Prosedur penelitian

Proses penelitian dapat dilihat pada flowchart dibawah ini.



Gambar 37. Flowchart prosedur penelitian

Dalam pengujian ini kami akan membandingkan secara umum antara hasil yang dicapai jika menggunakan alat pereduksi arus asut yang kami buat (AC-AC Converter berbasis mikrokontroller) dengan hasil pengujian motor secara langsung tanpa menggunakan alat pereduksi.

E. Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data pada penelitian ini dilakukan dengan cara melakukan pengujian alat reduksi arus asut motor induksi 1 fasa dengan menggunakan alat-alat ukur seperti voltmeter, amperemeter, dan lain-lain. Pengumpulan data ini dilakukan dengan cara merekam data pengujian, kemudian memindahkan ke table yang telah dibuat.

F. Teknik Pengolahan/Analisa Data

Teknik pengolahan atau analisa data yang dilakukan adalah dengan cara memasukan data ke dalam table kemudian menganalisa berdasarkan grafik.

BAB IV

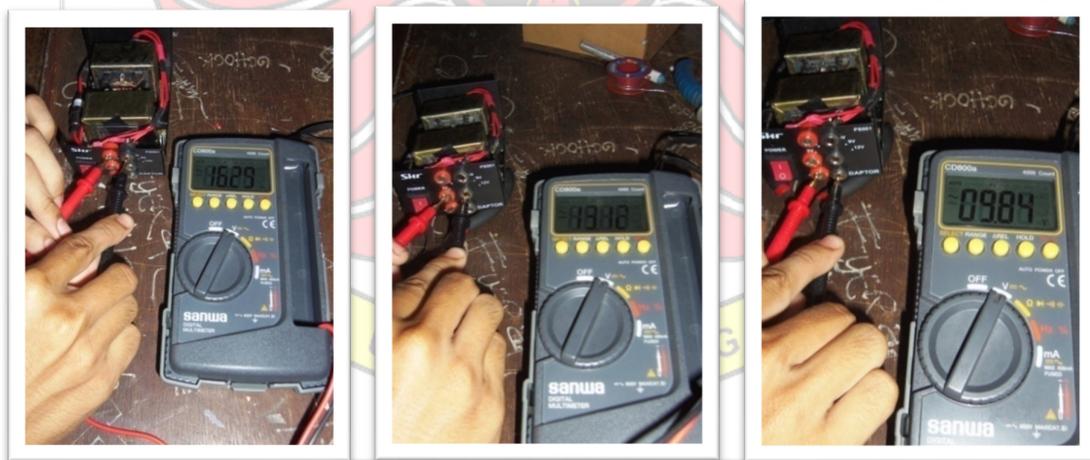
HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil

Hasil pengujian dilakukan dengan dua tahap yaitu pengujian parsial dan pengujian integrasi. Dalam pengujian parsial dilakukan beberapa pengujian alat meliputi.

1. Pengujian rangkaian penyearah jembatan penuh satu fasa

Pengujian rangkaian penyearah jembatan penuh satu fasa dilakukan dengan cara memberikan tegangan sumber dari jala-jala PLN 220 Volt, kemudian tegangan tersebut diturunkan menggunakan trafo step down menjadi 9 Volt, 12 Volt, dan 15 Volt. Pengujian output tegangan trafo step down dapat dilihat pada gambar 38 berikut:



(a)

(b)

(c)

Gambar 38. Pengujian output tegangan trafo step down (a). tegangan 15 Vac,(b). tegangan 12 Vac, dan (c). tegangan 9 Vac

Untuk pengujian penyearah jembatan penuh satu fasa dengan input tegangan 9,84 Vac, output rectifier adalah 11,89 Vdc . Pengujian dapat di lihat pada gambar 39 berikut:



Gambar 39. Pengujian penyearah jembatan penuh satu fasa untuk 12 Vdc

Untuk pengujian penyearah jembatan penuh satu fasa dengan input tegangan 11,89 Vac, output rectifier adalah 14,95 Vdc . Pengujian dapat dilihat pada gambar 40 berikut:



Gambar 40. Pengujian penyearah jembatan penuh satu fasa untuk 15 Vdc

Dalam pengujian yang telah dilakukan sebagai perbandingan tegangan output pengukuran dibandingkan dengan tegangan output teori yang di peroleh berdasarkan persamaan berikut.

Dik : $V_s = 9,84 \text{ Vac}$

$f = 50 \text{ Hz}$

$V_m = V_s \sqrt{2}$

$R = 20$

$C = 2200$

$V_{out} \text{ pengujian} = 11,89 \text{ Vdc}$

Dit : V_{dc} dan %error = ?

$$V_{dc} = V_m - \frac{V_r(pp)}{2} = V_m - \frac{V_m}{4fRC}$$

$$V_{dc} = 9,84 \times \sqrt{2} - \frac{9,84 \times \sqrt{2}}{4 \times 50 \times 20 \times 2200}$$

$$= 13,9159$$

Sehingga % error yang diperoleh untuk tegangan keluaran dari penyearah adalah :

$$\%error = \left| \frac{V_{out\ teori} - V_{out\ pengujian}}{V_{out\ teori}} \right| \times 100 \%$$

$$\%error = \left| \frac{13,9159 - 11,89}{13,9159} \right| \times 100 \%$$

$$\%error = 14,56 \%$$

Tabel 3. Keluaran Penyearah jembatan satu fasa

No	Vin	Vout pengujian	Vout teori	% error
1	9,84	11,89	13,92	14,56
2	11,89	14,95	16,82	4,84

2. Pengujian rangkaian DAC dan Op-Amp

Rangkaian DAC (Digital Analog Converter) ini berfungsi untuk merubah nilai dari satuan digital menjadi satuan analog. Dalam hal ini DAC digunakan sebagai tegangan kontrol untuk menentukan besarnya sudut penyulut pada AC-AC Konverter. Sedangkan Op-Amp berfungsi untuk penguatan output tegangan DAC. Penguatan Op-Amp dibuat dengan penguatan sebesar 2 kali, dimana tegangan output DAC hanya 4,98 Volt dan tegangan kontrol yang digunakan dalam Ac-Ac converter mempunyai range antara 0 sampai dengan 10 Volt. Pengujian ini dilakukan dengan cara memprogram mikrokontroller untuk memberi inputan pulsa 5 Volt pada DAC sebanyak 8 bit. Dalam pengujian ini data inputan di atur 15 sampai 255 dengan 15 step. Hasil pengujian dilihat pada table 4.

Dalam pengujian yang dilakukan sebagai perbandingan tegangan output pengukuran dengan output teori dapat diperoleh dengan persamaan .

a. Vout teori DAC dan % eror Vout DAC

Diketahui : Vref (input DAC) = 5 Volt

Nilai desimal = 15

n = 8

Ditanyakan : Vout teori dan %error Vout DAC = ?

Penyelesaian :

$$V_o \text{ teori} = V_{\text{ref}} \times \left(\frac{\text{nilai desimal}}{2^n} \right)$$

$$= 5 \text{ Volt} \times \left(\frac{15}{2^8} \right)$$

$$= 5 \text{ Volt} \times \left(\frac{15}{256} \right)$$

$$= 0,293 \text{ Volt}$$

$$\% \text{error} = \frac{(V_{\text{out teori}} - V_{\text{out pengujian}})}{V_{\text{out teori}}} \times 100\%$$

$$= \frac{(0,293 - 0,37) \text{ Volt}}{0,293 \text{ Volt}} \times 100\%$$

$$= -26,28$$

b. Vout teori Op-Amp dan %error Vout Op-Amp

Diketahui : input Op-Amp = 0,29

R1 = 100

Rf = 100

Ditanyakan : Vout teori dan %error Vout Op-Amp

Penyelesaian :

$$\begin{aligned}
 V_o &= V_{in} \times \left(1 + \frac{R_1}{R_f}\right) \\
 &= 0,29 \times \left(1 + \frac{100}{100}\right) \\
 &= 0,58 \text{ Volt}
 \end{aligned}$$

$$\%error = \frac{(V_{out \text{ teori}} - V_{out \text{ pengujian}})}{V_{out \text{ teori}}} \times 100\%$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{(0,58 - 0,77)}{0,58} \times 100\% \\
 &= 32\%
 \end{aligned}$$

Tabel 4. Pengujian dan analisa data DAC R/2R tanpa Op-Amp

No	Desimal	Vout Pengujian (Volt)	Vout teori (Volt)	%error
1	15	0,37	0,29	-26,28
2	30	0,78	0,59	-33,12
3	45	1,03	0,88	-17,19
4	60	1,53	1,17	-30,56
5	75	1,62	2,05	-10,59
6	90	1,89	2,34	-7,52
7	105	2,14	2,64	-4,35
8	120	2,48	2,34	-5,81
9	135	2,99	2,64	-13,39
10	150	3,15	2,93	-7,52
11	165	3,56	3,23	-10,48
12	180	3,58	3,51	-1,83
13	195	4,15	3,81	-8,96
14	210	4,40	4,10	-7,27
15	225	4,42	4,39	-0,58
16	240	4,71	4,69	-0,48
17	255	4,97	4,98	0,21

Tabel 5. Pengujian dan analisa data DAC R/2R dengan Op-Amp

No	Desimal	Vout Pengujian (Volt)	Vout teori (Volt)	%error
1	15	0,77	0,59	-31,41
2	30	1,49	1,17	-27,15
3	45	1,93	1,76	-9,80
4	60	2,47	2,34	-5,39
5	75	3,11	2,93	-6,15
6	90	3,66	3,52	-4,11
7	105	4,17	4,10	-1,67
8	120	5,21	4,69	-11,15
9	135	5,35	5,27	-1,45
10	150	5,76	5,86	1,70
11	165	6,47	6,45	-0,38
12	180	6,80	7,03	3,29
13	195	7,38	7,62	3,11
14	210	7,94	8,20	3,21
15	225	8,42	9,79	4,20
16	240	8,85	9,38	5,60
17	255	9,05	9,96	9,15

3. Pengujian rangkaian AC-AC Konverter

Pengaturan tegangan yang display ke motor menggunakan rangkaian AC-AC konverter. Rangkaian tersebut dapat mengatur tegangan sesuai sudut penyulutan yang masuk ke TRIAC yaitu 0° sampai 180° dengan tegangan output 0 Volt sampai 220 volt.

Pengujian rangkaian AC-AC konverter dilakukan dengan menggunakan beban lampu pijar 100 watt dengan input tegangan sebesar 220 Volt. Pengujian rangkaian AC-AC konverter dilakukan dengan memberih sinyal desimal 255 sampai 0 dengan pengurangan 15 step. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 6 berikut.

Tabel 6. Hasil pengujian rangkaian AC-AC konverter

No.	Tegangan kontrol (Volt)	Desimal	Sudut penyulutan	Vin (Volt)	Vout pengujian (Volt)
1	9,05	255	13,86	235	149,9
2	8,85	240	26,82		150,3
3	8,42	225	34,74		151,1
4	7,94	210	44,46		154,8
5	7,38	195	55,98		159,6
6	6,80	180	65,88		163,8
7	6,47	165	75,06		169,6
8	5,76	150	93,78		175,5
9	5,35	135	96,3		182,6
10	5,21	120	103,68		188,7
11	4,17	105	116,46		195,5
12	3,66	90	122,4		202,9
13	3,11	75	132,84		210,3
14	2,47	60	142,92		218,2
15	1,93	45	151,56		221,7
16	1,49	30	159,3		226,4
17	0,77	15	162,9		230,5

4. Pengujian Rangkaian Driver Relay

Pengujian rangkaian relay dilakukan dengan menset pada mikrokontroller. Relay akan bekerja ketika kontrol dinyalakan untuk menyambungkan sumber tegangan ke motor induksi melalui rangkaian AC-AC konverter dan bekerja kembali ketika keluaran DAC sudah mencapai desimal 15 untuk menyambungkan sumber tegangan ke motor induksi tanpa melewati rangkaian AC-AC konverter .

Sedangkan untuk pengujian integrasi dilakukan pengujian secara menyeluruh alat reduksi arus asut pada star up motor induksi satu fasa.

1. Pengujian tanpa menggunakan alat pereduksi arus asut pada start up motor (DOL).

Pengujian motor tanpa menggunakan alat pereduksi arus asut dilakukan dengan cara menyambungkan langsung motor induksi ke jala-jala PLN . Data hasil pengujian dapat dilihat pada table 7 berikut ini.

Tabel 7. Hasil Pengujian tanpa menggunakan alat pereduksi (DOL)

No	Vin	Arus starting (A)	Arus Steady (A)
1	232	2,4	1,6

2. Pengujian menggunakan alat pereduksi arus asut pada start up motor.

Data pengujian menggunakan alat pereduksi arus asut pada start up motor dapat dilihat pada tabel 8 berikut.

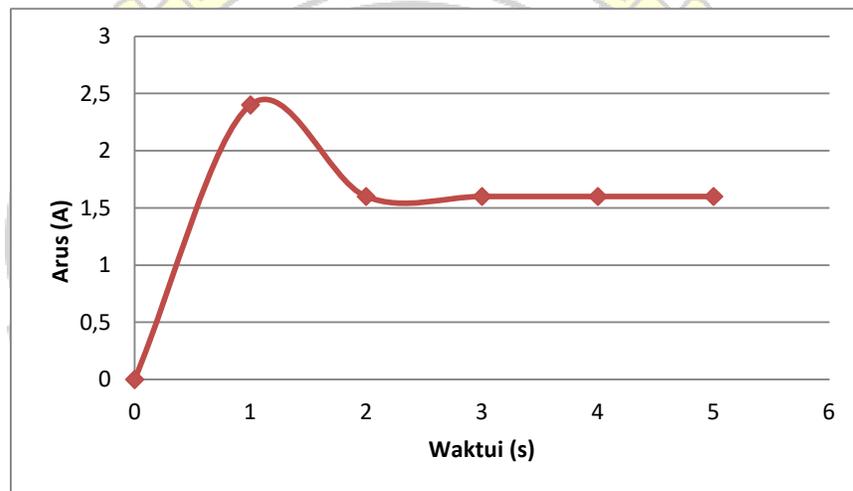
Tabel 8. Hasil Pengujian menggunakan alat pereduksi arus asut pada start up

No	Desimal	V _{out} DAC	V _{out} AC-AC Konverter	Arus
1	255	0,77	174,8	1,4
2	240	1,49	180,7	1,4
3	225	1,93	182,8	1,4
4	210	2,47	162,7	1,5
5	195	3,11	176,7	1,65
6	180	3,66	185,2	1,7
7	165	4,17	190,5	1,75
8	150	5,21	193,3	1,9
9	135	5,35	197,7	2
10	120	5,76	153,7	1,5
11	105	6,47	162,8	1,55
12	90	6,80	185,2	1,7
13	75	7,38	192,9	1,9
14	60	7,94	195,7	2,1
15	45	8,42	202,2	2,25
16	30	8,85	202,6	2,25
17	15	9,05	203,1	2,3
18	0	0	0	0
19	Bypass/Relay		233,3	1,65
		I _{start} = 2,25	T _{Steady} = 1,65	

B. Pembahasan

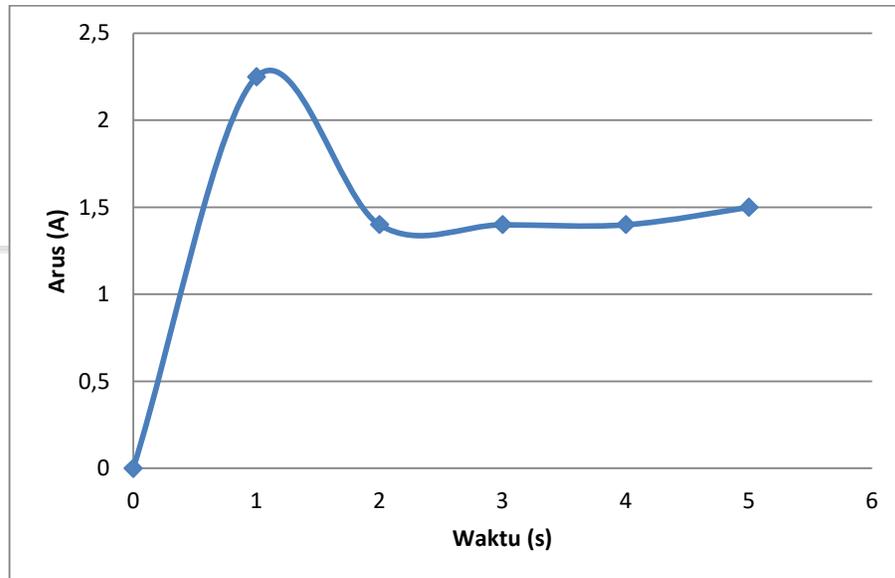
Salah satu cara mengurangi arus asut pada start up motor induksi satu fasa dengan cara mengontrol sudut fasa dengan menggunakan AC-AC konverter. Dengan menggunakan AC-AC konverter arus start motor dapat diredam sebesar 0,15 A dari arus starting motor tanpa menggunakan alat pereduksi arus asut.

1. Grafik hubungan antara arus (A) dan waktu (s)



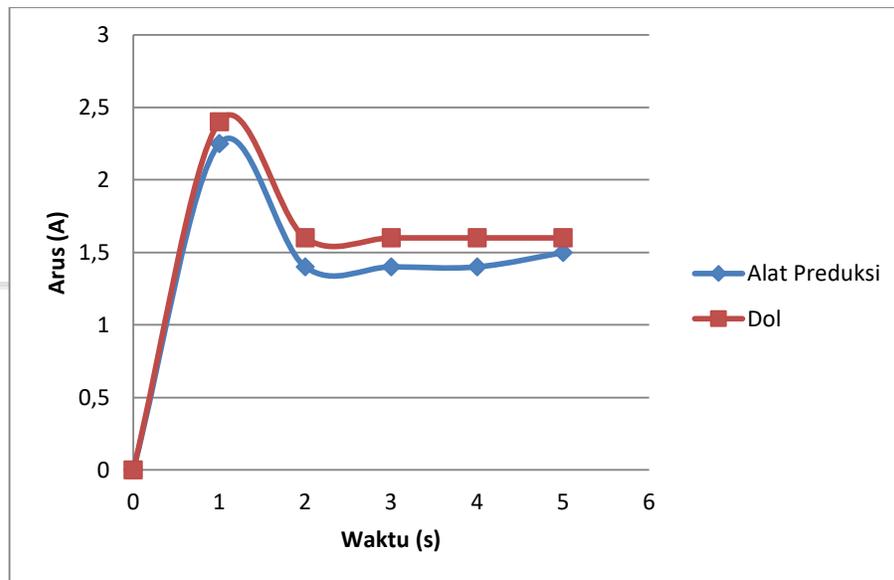
Gambar 41. Grafik hubungan antara waktu pengujian dengan arus starting pada pengujian motor induksi tanpa menggunakan alat pereduksi arus asut (DOL)

Pada Gambar 41 untuk pengujian motor induksi tanpa menggunakan alat pereduksi (DOL) dilakukan selama 5 detik, diperoleh hasil pengujian yang dapat dilihat bahwa arus starting motor induksi sebesar 2,4 Amper. Dan memiliki arus steady sebesar 1,6 Amper.



Gambar 42. Grafik hubungan antara waktu pengujian dengan arus starting pada pengujian motor induksi menggunakan alat pereduksi arus asut

Pada Gambar 42 untuk pengujian motor induksi satu fasa menggunakan alat pereduksi arus asut, diperoleh arus starting awal 2,25 A kemudian arus turun pada detik 2 dengan arus 1,4 A. Kemudian arus naik secara perlahan-lahan.



Gambar 43. Grafik perbandingan pengujian motor induksi tidak (DOL) dan menggunakan alat pereduksi arus asut

Pada grafik perbandingan diatas dapat dilihat bahwa dengan menggunakan alat pereduksi arus asut, arus startingnya lebih kecil dibandingkan dengan arus starting tanpa menggunakan alat (Metode DOL). Arus starting tanpa menggunakan alat pereduksi arus asut (Metode DOL) sebesar 2,4 A dengan arus steady 1,6 sedangkan dengan menggunakan alat pereduksi arus asut sebesar 2,25 A dengan arus steady 1,5 A .

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

1. Dengan menggunakan alat produksi arus asut pada start up motor induksi satu fasa yang telah dibuat mampu mengatur sudut pemicuan TRIAC sehingga pada starting awal motor induksi satu fasa, arus dapat diatur kurang dari arus starting tanpa menggunakan alat (DOL).
2. Besarnya arus starting awal menggunakan alat pereduksi sebesar 2,25 A, sedangkan tanpa alat pereduksi arus strating awalnya 2,4 Amper.
3. Pada perancangan AC-AC konverter TRIAC yang digunakan berkapasitas 10 A.

B. Saran

1. Untuk penelitian yang sama sebaiknya menggunakan TRIAC yang kapasitasnya harus lebih besar.
2. Untuk penelitian yang sama sebaiknya memprogram pada mikrokontroller dengan memberikan jeda antara meng-on-kan kontrol dan men-on-kan motor. Agar kontrol dapat bekerja dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

Anonim. 2008., **Motor Listrik**. <http://dunia-listrik.blogspot.com/2008/12/motor-listrik.html>. Diakses Pada Tanggal 6 februari 2014.

Anonim. 2008., **Pengantar Mikrokontroler**.
<http://polong.wordpress.com/2008/03/19/pengantar-mikrokontroler/>. Diakses pada tanggal 7 Februari 2014.

Anonim. 2011., **Jenis-jenis mikrokontroler**.
<http://inbroshare.blogspot.com/2011/10/jenis-jenis-mikrokontroler.html>.
Diakses pada tanggal 10 Februari 2014.

Anonim. 2011., **Motor Listrik AC 1 Fasa**
<http://www.electronicglobal.com/2011/09/motor-listrik-ac-1-fasa.html>.
Diakses pada tanggal 11 Februari 2014.

Anonim. 2013., **Fungsi IC TCA 785**. <http://diditnote.blogspot.com/2013/02/ic-tca-785.html>. Diakses pada tanggal 11 Februari 2014.

Anonim. 2013., **Motor Listrik**. id.wikipedia.org/wiki/Motor_listrik. Diakses pada tanggal 11 Februari 2014.

Fewson, Denis.1998.*Introduction To Power Electronic*.Arnold.

Hidayat, Rahmat. 2013., **Pengaturan Kecepatan Putaran Motor Induksi 1 Fasa Berbasis Mikrokontroler ATMEGA8535**, Dalam Jurnal Elektronik Universitas Pakuan Bogor [Online], 10 halaman. Tersedia:
[http://ejournal.unpak.ac.id/download.php?file=mahasiswa&id=701&name=RAHMAT+HIDAYAT+\(054108011\)+\(OK\).pdf](http://ejournal.unpak.ac.id/download.php?file=mahasiswa&id=701&name=RAHMAT+HIDAYAT+(054108011)+(OK).pdf) . Diakses Pada Tanggal 7 Februari 2014.

Korniawan, Andri. 2011. **Rancang Bangun Rotary Dryer Sebagai Pengering Padi Berbasis Mikrokontroler**. Jurusan Teknik Elektro Industri Politeknik Elektronika Negeri Surabaya Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Parekh, Rakesh. 2003. AC Induction Motor Fundamentals. USA: Microchip Tech. Inc.

Primatama, A., dkk. 2013. **Perancangan *Soft Starter* Motor Induksi Satu Fasa Dengan Metode *Close Loop* Menggunakan Mikrokontroler Arduino.** dalam jurnal elektronik Universitas Brawijaya [Online], 6 halaman. Tersedia: <http://elektro.studentjournal.ub.ac.id/index.php/teub/article/download/64/34>. Diakses pada tanggal 19 Maret 2014

S Permana, Putra. 2013., **Rangkaian TCA 785.** <http://itismine28.blogspot.com/2013/10/rangkaian-tca-785.html>. Diakses pada tanggal 11 Februari 2014.



L

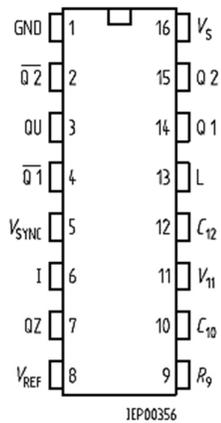
A



N

Lampiran 1 Datatheet

Datasheet TCA 785



Pin Configuration
(top view)

Pin Definitions and Functions

Pin	Symbol	Function
1	GND	Ground
2	Q ₂	Output 2 inverted
3	Q _U	Output U
4	Q ₂	Output 1 inverted
5	V _{SYNC}	Synchronous voltage
6	I	Inhibit
7	Q _Z	Output Z
8	V _{REF}	Stabilized voltage
9	R ₉	Ramp resistance
10	C ₁₀	Ramp capacitance
11	V ₁₁	Control voltage
12	C ₁₂	Pulse extension
13	L	Long pulse
14	Q ₁	Output 1
15	Q ₂	Output 2
16	V _s	Supply voltage

Absolute Maximum Ratings

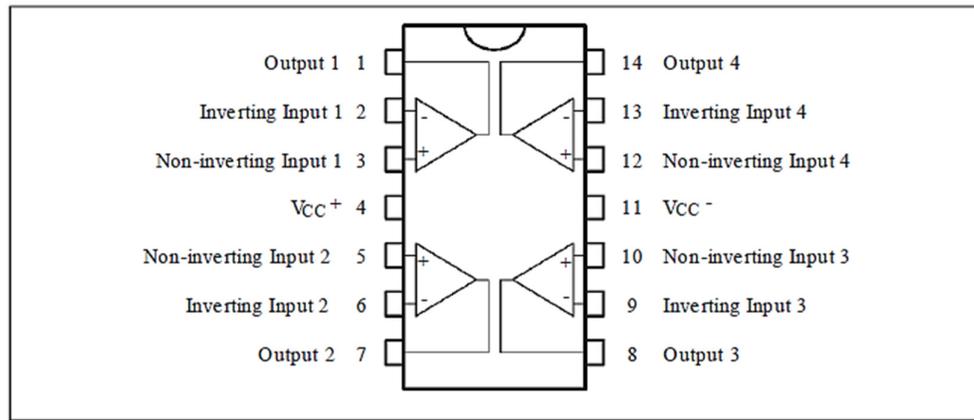
Parameter	Symbol	Limit Values		Unit
		min.	max.	
Supply voltage	V _s	- 0.5	18	V
Output current at pin 14, 15	I _Q	- 10	400	mA
Inhibit voltage	V ₆	- 0.5	V _s	V
Control voltage	V ₁₁	- 0.5	V _s	V
Voltage short-pulse circuit	V ₁₃	- 0.5	V _s	V
Synchronization input current	V ₅	- 200	± 200	μA
Output voltage at pin 14, 15	V _Q		V _s	V
Output current at pin 2, 3, 4, 7	I _Q		10	mA
Output voltage at pin 2, 3, 4, 7	V _Q		V _s	V
Junction temperature	T _j		150	°C
Storage temperature	T _{stg}	- 55	125	°C
Thermal resistance system - air	R _{th SA}		80	K/W

Operating Range

Supply voltage	V_s	8	18	V
Operating frequency	f	10	500	Hz
Ambient temperature	T_A	- 25	85	°C

Datasheet LM324

PIN CONNECTIONS (top view)



ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter	LM124	LM224	LM324	Unit
V_{cc}	Supply Voltage	±16 or 32			V
V_i	Input Voltage	-0.3 to +32			V
V_{id}	Differential Input Voltage - (*)	+32	+32	+32	V
P_{tot}	Power Dissipation	500	500	500	mW
		-	400	400	mW
-	Output Short-circuit Duration - (note 1)	Infinite			
I_{in}	Input Current - (note 6)	50	50	50	mA
T_{oper}	Operating Free Air Temperature Range	-55 to +125	-40 to +105	0 to +70	°C
T_{stg}	Storage Temperature Range	-65 to +150	-65 to +150	-65 to +150	°C

Datasheet IC Regulator 78XX (05/12/15)

Connection Diagrams

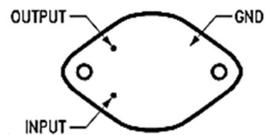


Figure 1. Metal Can Package
TO-3
Aluminum
Bottom View

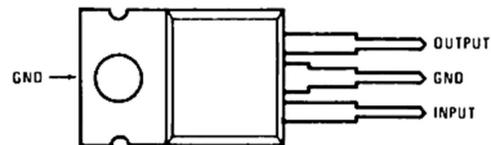


Figure 2. Plastic Package
TO-220 (NDE)
Top View
See Package Number NDE0003B

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS⁽¹⁾⁽²⁾

Input Voltage ($V_O = 5V, 12V$ and $15V$)		35V
Internal Power Dissipation ⁽³⁾		Internally Limited
Operating Temperature Range (T_A)		0°C to $+70^\circ\text{C}$
Maximum Junction Temperature	(TO-3 Package)	150°C
	(NDE Package)	150°C
Storage Temperature Range		-65°C to $+150^\circ\text{C}$
Lead Temperature (Soldering, 10 sec.)	TO-3 Package	300°C
	TO-220 Package NDE	230°C

- (1) Absolute Maximum Ratings indicate limits beyond which damage to the device may occur. For ensured specifications and the test conditions, see Electrical Characteristics.
- (2) If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the Texas Instruments Sales Office/Distributors for availability and specifications.
- (3) Thermal resistance of the TO-3 package is typically 4°C/W junction to case and 35°C/W case to ambient. Thermal resistance of the TO-220 package (NDE) is typically 4°C/W junction to case and 50°C/W case to ambient.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS LM78XXC⁽¹⁾

$0^\circ\text{C} \leq T_j \leq 125^\circ\text{C}$ unless otherwise noted.

Output Voltage			5V			12V			15V			Units	
Input Voltage (unless otherwise noted)			10V			19V			23V				
Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max		
V_O	Output Voltage	$T_J = 25^\circ\text{C}, 5\text{ mA} \leq I_O \leq 1\text{ A}$	4.8	5	5.2	11.5	12	12.5	14.4	15	15.6	V	
		$P_D \leq 15\text{ W}, 5\text{ mA} \leq I_O \leq 1\text{ A}$	4.75		5.25	11.4		12.6	14.2		15.7	V	
		$V_{\text{MIN}} \leq V_{\text{IN}} \leq V_{\text{MAX}}$			($7.5 \leq V_{\text{IN}} \leq 20$)			($14.5 \leq V_{\text{IN}} \leq 27$)			($17.5 \leq V_{\text{IN}} \leq 30$)	V	
ΔV_O	Line Regulation	$I_O = 500\text{ mA}$	$T_J = 25^\circ\text{C}$	3	50		4	120		4	150	mV	
			ΔV_{IN}		($7 \leq V_{\text{IN}} \leq 25$)			($14.5 \leq V_{\text{IN}} \leq 30$)			($17.5 \leq V_{\text{IN}} \leq 30$)	V	
			$0^\circ\text{C} \leq T_J \leq +125^\circ\text{C}$		50			120			150	mV	
		$I_O \leq 1\text{ A}$	ΔV_{IN}		($8 \leq V_{\text{IN}} \leq 20$)			($15 \leq V_{\text{IN}} \leq 27$)			($18.5 \leq V_{\text{IN}} \leq 30$)	V	
			$T_J = 25^\circ\text{C}$		50			120			150	mV	
			$0^\circ\text{C} \leq T_J \leq +125^\circ\text{C}$		25			60			75	mV	
ΔV_O	Load Regulation	$T_J = 25^\circ\text{C}$	$5\text{ mA} \leq I_O \leq 1.5\text{ A}$		10	50		12	120		12	150	mV
			$250\text{ mA} \leq I_O \leq 750\text{ mA}$			25			60			75	mV
			$5\text{ mA} \leq I_O \leq 1\text{ A}, 0^\circ\text{C} \leq T_J \leq +125^\circ\text{C}$			50			120			150	mV

Datasheet Transistor C828

Symbol	Value	Unit
V_{CBO}	30	V
	45	
V_{CEO}	25	V
	45	
V_{EBO}	7	V
I_{CP}	100	mA
I_C	50	mA
P_C	400	mW
T_j	150	$^\circ\text{C}$
T_{stg}	$-55 \sim +150$	$^\circ\text{C}$

Symbol	Condition	min.	typ.	max.	Unit
V_{CBO}	$I_C = 10 \mu A, I_E = 0$	30			V
		45			
V_{CEO}	$I_C = 2 mA, I_B = 0$	25			V
		45			
V_{EBO}	$I_E = 10 \mu A, I_C = 0$	7			V
h_{FE}^*	$V_{CE} = 5 V, I_C = 2 mA$	130		520	
f_T	$V_{CB} = 10 V, I_E = -2 mA$		220		MHz
V_{BE}	$V_{CB} = 5 V, I_C = 10 mA$			0.8	V
$V_{CE(sat)}$	$I_C = 50 mA, I_B = 5 mA$		0.14		V
NF	$V_{CE} = 5 V, I_C = 0.2 mA,$ $R_g = 2 k\Omega, f = 1 kHz$		6		dB

Datasheet MOC3021

MAXIMUM RATINGS ($T_A = 25^\circ C$ unless otherwise noted)

Rating	Symbol	Value	Unit
--------	--------	-------	------

INFRARED EMITTING DIODE

Reverse Voltage	V_R	3	Volts
Forward Current — Continuous	I_F	60	mA
Total Power Dissipation @ $T_A = 25^\circ C$ Negligible Power in Triac Driver Derate above $25^\circ C$	P_D	100	mW
		1.33	mW/ $^\circ C$

OUTPUT DRIVER

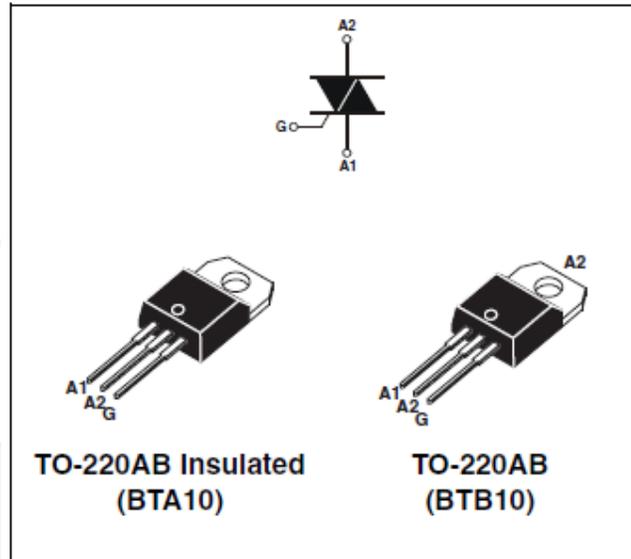
Off-State Output Terminal Voltage	V_{DRM}	400	Volts
Peak Repetitive Surge Current (PW = 1 ms, 120 pps)	I_{TSM}	1	A
Total Power Dissipation @ $T_A = 25^\circ C$ Derate above $25^\circ C$	P_D	300	mW
		4	mW/ $^\circ C$

TOTAL DEVICE

Isolation Surge Voltage(1) (Peak ac Voltage, 60 Hz, 1 Second Duration)	V_{ISO}	7500	Vac(pk)
Total Power Dissipation @ $T_A = 25^\circ C$ Derate above $25^\circ C$	P_D	330	mW
		4.4	mW/ $^\circ C$
Junction Temperature Range	T_J	-40 to +100	$^\circ C$
Ambient Operating Temperature Range(2)	T_A	-40 to +85	$^\circ C$
Storage Temperature Range(2)	T_{stg}	-40 to +150	$^\circ C$
Soldering Temperature (10 s)	T_L	260	$^\circ C$

1. Isolation surge voltage, V_{ISO} , is an internal device dielectric breakdown rating. For this test, Pins 1 and 2 are common, and Pins 4, 5 and 6 are common.
2. Refer to Quality and Reliability Section in Opto Data Book for information on test conditions.

Datasheet BTA10



Absolute Maximum Rating

Symbol	Parameter	Value	Unit	
$I_{T(RMS)}$	RMS on-state current (full sine wave)	TO-220AB $T_c = 105^\circ\text{C}$	10	A
		TO-220AB Ins. $T_c = 95^\circ\text{C}$		
I_{TSM}	Non repetitive surge peak on-state current (full cycle, T_j initial = 25°C)	F = 50 Hz $t = 20$ ms	100	A
		F = 60 Hz $t = 16.7$ ms	105	
I^2t	I^2t Value for fusing	$t_p = 10$ ms	55	A^2s
di/dt	Critical rate of rise of on-state current $I_G = 2 \times I_{GT}$, $t_r \leq 100$ ns	F = 120 Hz $T_j = 125^\circ\text{C}$	50	$\text{A}/\mu\text{s}$
V_{DSM}/V_{RSM}	Non repetitive surge peak off-state voltage	$t_p = 10$ ms $T_j = 25^\circ\text{C}$	$V_{DSM}/V_{RSM} + 100$	V
I_{GM}	Peak gate current	$t_p = 20$ μs $T_j = 125^\circ\text{C}$	4	A
$P_{G(AV)}$	Average gate power dissipation	$T_j = 125^\circ\text{C}$	1	W
T_{stg}	Storage junction temperature range		- 40 to + 150	$^\circ\text{C}$
T_j	Operating junction temperature range		- 40 to + 125	

**Lampiran 2 Foto Pengerjaan dan Pengujian Alat/Kompenen
Pengujian Trafo**



Pemasangan casing trafo



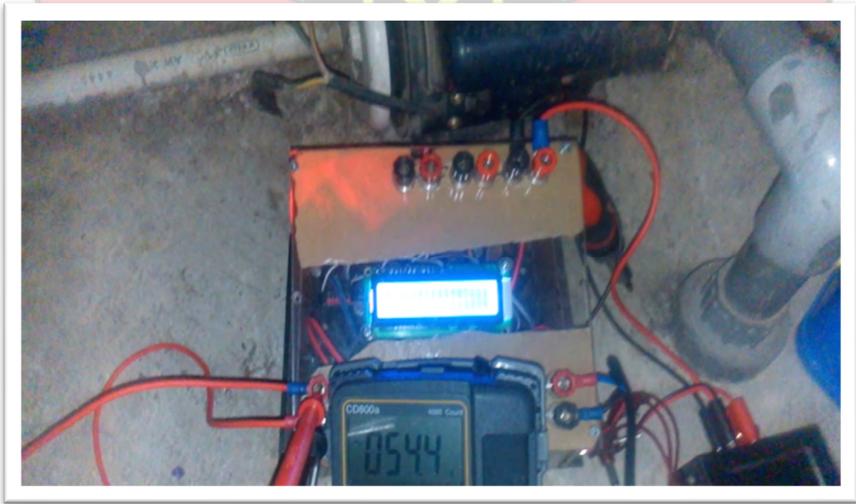
Pengujian Ac-Ac Konverter



Pengetesan Alat pada salah satu motor induksi



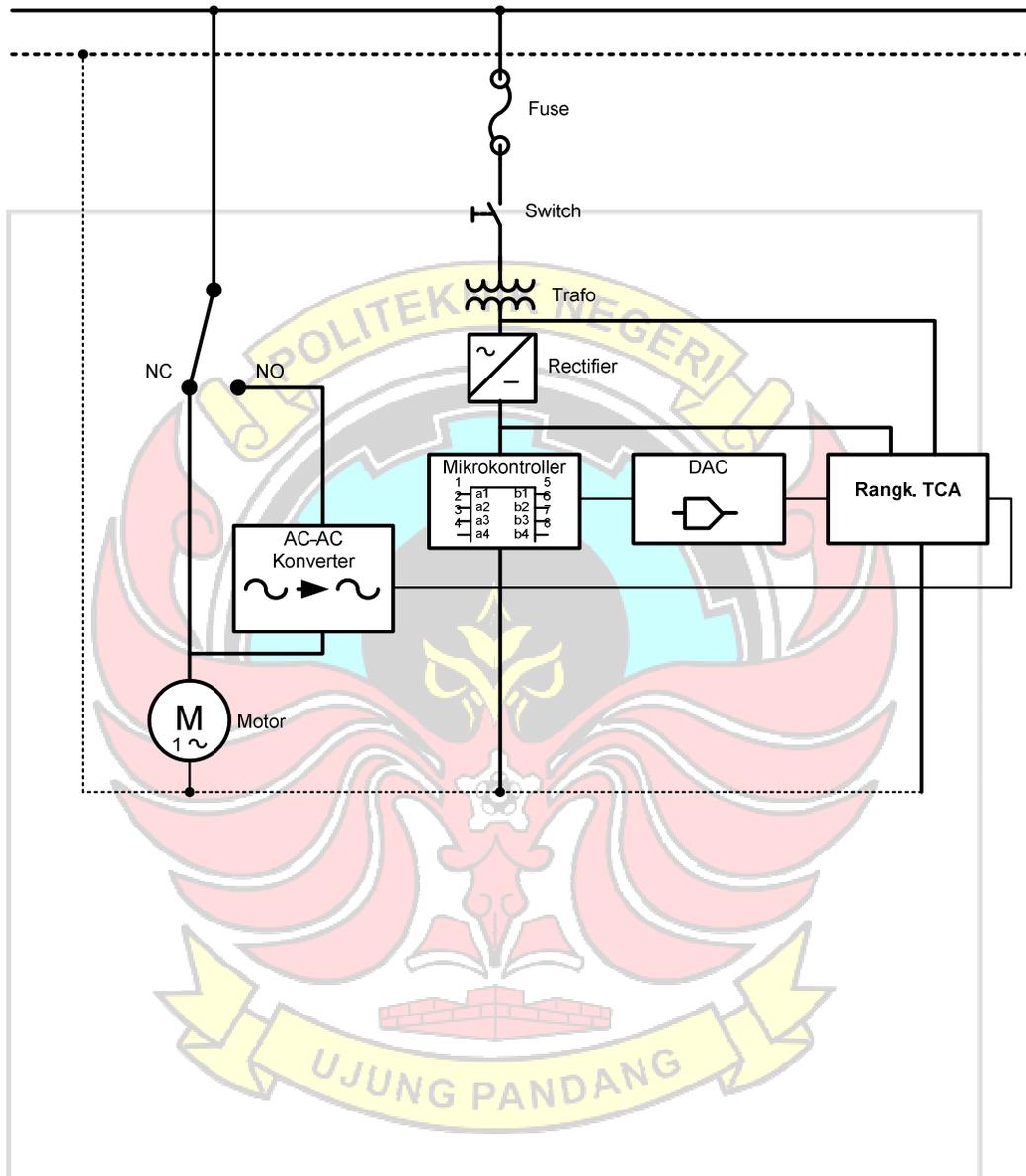
Pengetesan Alat pada motor induksi/motor kapasitor(pompa)



Pengujian dan pengambilan hasil percobaan alat pereduksi



Lampiran 3 Gambar Rangkaian Daya dan Rangkaian Kontrol



Lampiran 4 Daftar Komponen Alat Pereduksi Arus Asut

1. Daftar komponen rangk. Rectifier

- Trafo stepdown 500 mA (12v, 15v, 18v)
- Dioda 1n4002
- Elco 2200 μ f / 25V
- Ic regulator LM78xx (7812, 7815)
- Pin header

2. Daftar komponen rangk. Driver relay

- Relay DC 5V (SPDT)
- Resistor 100K Ω
- Transistor c828
- Dioda 1n4002

3. Daftar komponen rangk. DAC & R2R

- Pin header
- Resistor 100K Ω
- Resistor 47K Ω
- Resistor 100 Ω
- IC LM324

4. Daftar komponen rangk. TCA

- Resistor 10K Ω
- Resistor 220K Ω
- Resistor 22K Ω
- Resistor 2,2K Ω
- Resistor 56 Ω
- Trimpot 100K Ω
- Kapasitor 0,47 μ F
- Kapasitor 2,2 μ F
- Kapasitor 0,1 μ F
- Kapasitor 47nF
- Kapasitor 150pF
- IC TCA 785
- OptoCoupler MOC3021

5. Daftar komponen rangk. AC-AC converter

- Resistor 360 Ω
- Resistor 330 Ω
- Resistor 39 Ω
- Kapasitor 0,01 μ F
- TRIAC BTA10

Lampiran 5 Bahasa Pemrograman

/******

This program was produced by the
CodeWizardAVR V2.05.3 Standard
Automatic Program Generator
© Copyright 1998-2011 Pavel Haiduc, HP InfoTech s.r.l.
<http://www.hpinfotech.com>

Project :

Version :

Date : 23/10/2014

Author : tyery08

Company : embeeminded.blogspot.com

Comments:

Chip type : ATmega16

Program type : Application

AVR Core Clock frequency: 12.000000 MHz

Memory model : Small

External RAM size : 0

Data Stack size : 256

*****/

```
#include <mega16.h>
```

```
#include <stdio.h>
```

```
#include <delay.h>
```

```
int dac;
```

```
unsigned char buff[16];
```

```
char timer,start;
```

```
// Alphanumeric LCD functions
```

```
#include <alcd.h>
```

```
// Timer1 overflow interrupt service routine
```

```
interrupt [TIM1_OVF] void timer1_ovf_isr(void)
```

```
{
```

```
// Reinitialize Timer1 value
```

```
TCNT1H=0xD23A >> 8;
```

```
TCNT1L=0xD23A & 0xff;
```

```
// Place your code here
```

```
timer++;
```

```
}
```

```
#define ADC_VREF_TYPE 0x60
```

```
// Read the 8 most significant bits
```

```
// of the AD conversion result
```

```
unsigned char read_adc(unsigned char adc_input)
```

```
{
```

```
ADMUX=adc_input | (ADC_VREF_TYPE & 0xff);
```

```
// Delay needed for the stabilization of the ADC input voltage
```

```
delay_us(10);
```

```

// Start the AD conversion
ADCSRA=0x40;
// Wait for the AD conversion to complete
while ((ADCSRA & 0x10)==0);
ADCSRA=0x10;
return ADCH;
}
// Declare your global variables here
void main(void)
{
// Declare your local variables here
// Input/Output Ports initialization
// Port A initialization
// Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In Func1=In
Func0=Out
// State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T State2=T State1=T State0=0
PORTA=0x00;
DDRA=0x01;
// Port B initialization
// Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In Func1=In
Func0=In
// State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T State2=T State1=T State0=T
PORTB=0x00;
DDRB=0x00;
// Port C initialization
// Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In Func1=In
Func0=In
// State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T State2=T State1=T State0=T
PORTC=0x00;
DDRC=0x00;
// Port D initialization
// Func7=Out Func6=Out Func5=Out Func4=Out Func3=Out Func2=Out
Func1=Out Func0=Out
// State7=0 State6=0 State5=0 State4=0 State3=0 State2=0 State1=0 State0=0
PORTD=0x00;
DDRD=0xFF;
// Timer/Counter 0 initialization
// Clock source: System Clock
// Clock value: Timer 0 Stopped
// Mode: Normal top=0xFF
// OC0 output: Disconnected
TCCR0=0x00;
TCNT0=0x00;
OCR0=0x00;
// Timer/Counter 1 initialization
// Clock source: System Clock

```

```

// Clock value: Timer1 Stopped
// Mode: Normal top=0xFFFF
// OC1A output: Discon.
// OC1B output: Discon.
// Noise Canceler: Off
// Input Capture on Falling Edge
// Timer1 Overflow Interrupt: Off
// Input Capture Interrupt: Off
// Compare A Match Interrupt: Off
// Compare B Match Interrupt: Off
TCCR1A=0x00;
TCCR1B=0x05;
TCNT1H=0xD2;
TCNT1L=0x3A;
ICR1H=0x00;
ICR1L=0x00;
OCR1AH=0x00;
OCR1AL=0x00;
OCR1BH=0x00;
OCR1BL=0x00;
// Timer/Counter 2 initialization
// Clock source: System Clock
// Clock value: Timer2 Stopped
// Mode: Normal top=0xFF
// OC2 output: Disconnected
ASSR=0x00;
TCCR2=0x00;
TCNT2=0x00;
OCR2=0x00;
// External Interrupt(s) initialization
// INT0: Off
// INT1: Off
// INT2: Off
MCUCR=0x00;
MCUCSR=0x00;
// Timer(s)/Counter(s) Interrupt(s) initialization
TIMSK=0x04;
// USART initialization
// USART disabled
UCSRB=0x00;
// Analog Comparator initialization
// Analog Comparator: Off
// Analog Comparator Input Capture by Timer/Counter 1: Off
ACSR=0x80;
SFIOR=0x00;

```

```

// ADC initialization
// ADC Clock frequency: 93.750 kHz
// ADC Voltage Reference: AVCC pin
// ADC Auto Trigger Source: ADC Stopped
// Only the 8 most significant bits of
// the AD conversion result are used
ADMUX=ADC_VREF_TYPE & 0xff;
ADCSRA=0x87;
// SPI initialization
// SPI disabled
SPCR=0x00;
// TWI initialization
// TWI disabled
TWCR=0x00;
// Alphanumeric LCD initialization
// Connections are specified in the
// Project\Configure\Compiler\Libraries\Alphanumeric LCD menu:
// RS - PORTC Bit 0
// RD - PORTC Bit 1
// EN - PORTC Bit 2
// D4 - PORTC Bit 4
// D5 - PORTC Bit 5
// D6 - PORTC Bit 6
// D7 - PORTC Bit 7
// Characters/line: 16
lcd_init(16);
dac=0;
while (1)
{
// Place your code here
printf(buff,"DAC : %d %d",dac,timer);
lcd_gotoxy(0,1);
lcd_puts(buff);

if(timer>5)
{
lcd_clear();
timer=0;
dac+=15;
}

if(dac>=255)
{
dac=255;
PORTA.0=0;
lcd_gotoxy(0,0);
}
}

```

```
lcd_putsf("TCA Non-Aktif");  
}  
else  
{  
PORTA.0=1;  
lcd_gotoxy(0,0);  
lcd_putsf("TCA Aktif");  
}
```

```
PORTD=dac;  
}
```

