

SKRIPSI

**PENGUJIAN KARATERISTIK PENGASUTAN MOTOR
INDUKSI 3 FASA ROTOR SANGKAR MENGGUNAKAN
METODE SOFT STARTING**

**Diajukan untuk memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan
Pendidikan Tingkat Sarjana (S1)**



Oleh:

Fahrul Rozi

G1D006036

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BENGKULU
2014**

MOTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO

- ✧ *Boleh jadi kamu membenci sesuatu, padahal ia amat baik bagimu, dan boleh jadi (pula) kamu menyukai sesuatu, padahal ia amat buruk bagimu, Allah mengetahui, sedang kamu tidak mengetahui. (Q.S Al-Baqarah 216)*
- ✧ *Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan. Maka apabila kamu telah selesai (dari suatu urusan), kerjakanlah dengan sungguh-sungguh (urusan) yang lain. (Q.S Al-Insyirah 6-7)*

PERSEMBAHAN

- ✧ *Alhamdulillah, atas rahmat dan hidayah-Nya, saya dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik, Karya sederhana ini ku persembahkan untuk:*
- ✧ *Ibu dan Bapakku, yang telah mendukungku, memberiku motivasi dalam segala hal serta memberikan kasih sayang yang teramat besar yang tak mungkin bisa ku balas dengan apapun.*
- ✧ *Adek-Adeku (Fadel Dan Aini).*
- ✧ *Teman-Teman Seperjuangan Yang Yang Tak Dapat Saya Sebutkan Satu Persatu Yang Telah Duluan Wisudah Namun Selalu Memberikan Motifasi Dan Semangat Dalam Mengerjakan Skripsi Ini.*
- ✧ *Best Friend Forever Ebri S.T., Riko Febrian S.T., Diki Hardimurtala S.T., Suparjo S.T., Haris Febrianto, Ronika Edinta Sitepu, Doni Suhendra Yang Selalu Ada Dalam Suka Dan Duka.*
- ✧ *Terspesial Buat Kekasih Hati Yang Selalu Marah-Marah Kolo Saya Gak Ngerjain Skripsi Neni Oktavianti Amd.Gz.*
- ✧ *Almamaterku.*

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Dengan ini saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan
judul :

PENGUJIAN KARATERISTIK PENGASUTAN MOTOR INDUKSI 3 FASA ROTOR SANGKAR MENGGUNAKAN METODE SOFT STARTING

Sejauh yang saya ketahui bukan merupakan hasil duplikasi dari skripsi dan/atau karya ilmiah lainnya yang pernah dipublikasikan dan/atau pernah dipergunakan untuk mendapatkan gelar kesarjanaan di Perguruan Tinggi atau instansi manapun, kecuali bagian yang sumber informasinya dicantumkan sebagaimana mestinya.

Bengkulu, Juli 2014

Fahrul Rozi
G1D006036

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT, atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya bagi penulis sehingga penulis mampu menyelesaikan proses penyusunan skripsi yang merupakan salah satu prasyarat untuk meraih gelar Sarjana Pendidikan Sains.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini tidak lepas dari adanya kerjasama dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu dengan segenap kerendahan hati pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak berikut.

1. Bapak Dr. Ridwan Nurazi, S.E, M.Sc Selaku Rektor Universitas Bengkulu.
2. Bapak Khairul Amri, S.T., M.T. Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Bengkulu.
3. Bapak Irnanda Priyadi, S.T.,M.T. Selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Universitas Bengkulu.
4. Bapak Alex Surapati, S.T.,M.T. Pembimbing Utama yang memberikan banyak bimbingan dalam penyusunan skripsi ini.
5. Ibu Yuli Rodiah, S.T.,M.T. Selaku pembimbing pendamping dan juga pembimbing akademik yang telah membimbing saya selama masa studi Di Teknik Elektro.
6. Bapak dan Ibu dosen yang telah membekali penulis dengan ilmu-ilmu dan pengalaman-pengalaman, serta staf karyawan di lingkungan Universitas Bengkulu.
7. Semua pihak yang tidak mungkin disebutkan satu persatu yang telah memberikan kontribusinya dalam membantu pelaksanaan penelitian ini.

Semoga segala bantuan yang telah diberikan kepada penulis menjadi amalan yang akan mendapatkan balasan dari Allah SWT. Di akhir kata, penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi berbagai pihak.

Bengkulu, Juli 2014

Penulis

DAFTAR ISI

	<i>Halaman</i>
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN MOTTO DAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	viii
ABSTRAK	xi
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Batasan masalah	2
1.4 Tujuan	2
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Motor Induksi	4
2.2 Rangkaian Pengganti Motor Induksi	7
2.3 Pengujian Motor Induksi 3 Fasa	7
2.4 Starting motor induksi 3 fasa	8
2.5 Thyristor	12
2.6 <i>Soft Starting</i>	12
2.7 Sistem Pengasutan	14
2.8 Drop Tegangan Saat Pengasutan Motor Induksi 3 Fasa.....	17
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Metode Penelitian	18
3.2 Objek Penelitian	18
3.3 Waktu Dan Tempat Pengujian	18
3.4 Metode Pembuatan	19
	vii

3.5	Alat dan Bahan	19
3.6	Rangkaian <i>clock</i>	21
3.7	Rangkaian reset	21
3.8	Rangkaian SCR (<i>silicon controlled rectifier</i>).....	22
3.9	Metode pengujian	22
3.10	Langka kerja	24
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN		
4.1	Pengujian Rangkaian Sistem Minimum	25
	1. Pengujian Motor Induksi Dengan Auto Trafo	26
	2. Pengujian Motor Induksi Dengan Metode <i>Soft Starting</i>	27
4.2	Perhitungan Nilai Rugi-rugi Rotasi Motor	34
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN		
5.1	Kesimpulan	39
5.2	Saran	39
DAFTAR PUSTAKA		40
LAMPIRAN		

DAFTAR GAMBAR

	<i>Halaman</i>
Gambar 2.1. Motor Induksi (<i>Automated Buildings</i>)	4
Gambar 2.2. Rangkaian Ekiivalen Motor Induksi	7
Gambar 2.3. Rangkain Ekiivalen Motor Induksi Tanpa Beban	8
Gambar 2.4 Diagram <i>Direct On Line Starter</i>	9
Gambar 2.5 Diagram <i>Starting</i> Dengan <i>Autotransformer Starter</i>	10
Gambar 2.6 Diagram <i>Starting</i> Metode <i>Way- Delta</i>	11
Gambar 2.7 Diagram <i>Starting</i> Metode <i>Soft Starting</i>	11
Gambar 2.8 Bentuk Keluaran Gelombang	12
Gambar 2.9 (a) Struktur dasar <i>Thyristor</i> (b)Simbol <i>Thyristor</i>	12
Gambar 3.1 gambar perancangan alat	20
Gambar 3.2 Rangkaian <i>Clock</i>	21
Gambar 3.3 Rangkaian Reset	22
Gambar 3.4 SCR BT 151	22
Gambar 3.5 Rangkaian Pengujian Tamba Beban	23
Gambar 3.6 <i>Soft Starting</i>	23
Gambar 3.7 Auto Trafo	23
Gambar 4.1. <i>Listing</i> Pengujian Rangkaian Sistem Minimum	25
Gambar 4.2 Percobaan Auto Trafo	26
Gambar 4.3 Percobaan <i>Soft starting</i>	27

DAFTAR TABEL

	<i>Halaman</i>
Tabel 3.1. Data Spesifikasi Motor Induksi 3 Fasa A4300	18
Tabel 4.1 Data pengukuran auto trafo dengan persentase tegangan	26
Tabel 4.2 Data pengukuran <i>soft starting</i> dengan periode waktu.....	28
Tabel 4.3 Perhitungan rugi-rugi rotasi motor pada auto trafo	35
Tabel 4.4 Perhitungan rugi-rugi rotasi motor pada <i>soft starting</i>	37

ABSTRAK

Soft starting adalah metode lain untuk motor induksi 3 fasa yang dapat diatur waktunya. *Soft starting* pada motor induksi 3 fasa menghasilkan *soft start* dan *soft stop* yang terkendali. *Soft starting* motor induksi 3 fasa hampir sama dengan metode auto trafo, namun terdapat perbedaan pada rugi-rugi, dan nilai *slip*, pada auto trafo terdapat *slip* rata-rata mendekati 50 % sedangkan untuk *soft starting* nilai *slip* semakin kecil karena periode waktu dapat dilihat pada waktu tunda 5-13 detik dengan nilai *slip* berkisar antara 60 % hingga 23 %. Semakin besar periode waktu tunda *soft starting* maka *slip* yang dihasilkan semakin kecil, sedangkan nilai rugi-rugi pada auto trafo mencapai 138 watt sedangkan untuk metode *soft starting* hanya berkisaran 79 watt.

Kata Kunci : *Motor induksi, auto trafo, soft starting,*.

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi di masa sekarang sangat pesat pertumbuhannya itu terlihat dari semakin banyaknya industri-industri yang berdiri dan memproduksi alat-alat teknologi masa kini. Motor-motor induksi sangat penting penggunaannya sebagai alat bantu penggerak peralatan lain seperti pada industri perakitan alat-alat transportasi, perakitan alat berat maupun pada industri pertambangan motor induksi sangat dibutuhkan, paling banyak digunakan dalam industri dengan skala besar maupun kecil dan di dalam rumah tangga alasannya adalah bahwa karakteristiknya hampir sesuai dengan kebutuhan dunia industri, pada umumnya dalam kaitannya dengan harga, kesempurnaan, pemeliharaan, dan kestabilan kecepatan

Motor induksi (*asinkron*) ini pada umumnya hanya memiliki satu suplai tenaga yang mengeksitasi belitan stator, belitan rotornya tidak terhubung langsung dengan sumber tenaga listrik, melainkan belitan ini dieksitasi oleh induksi dari perubahan medan magnetik yang disebabkan oleh arus pada belitan stator. Hampir semua motor AC yang digunakan adalah motor induksi, terutama motor induksi tiga fasa yang paling banyak dipakai di perindustrian.

Motor induksi tiga fasa sangat banyak dipakai sebagai penggerak di perindustrian karena banyak memiliki keuntungan, tetapi ada juga kelemahannya. Keuntungan motor induksi tiga fasa yaitu kokoh dan kuat, murah dan dapat diandalkan, efisiensi yang tinggi pada keadaan kerja normal, dan perawatannya mudah, sedangkan kelemahannya berupa arus pengasutan awal yang mencapai lima hingga tujuh kali dari arus nominal kerja motor beban penuh, terutama untuk motor berdaya besar.

Arus pengasutan awal yang besar dapat mengakibatkan penurunan tegangan sistem dan mengganggu kerja sistem peralatan lain dalam satu saluran, seperti peralatan-peralatan elektronik, sehingga diperlukan suatu metode pengasutan dengan pengurangan tegangan pada motor induksi yang bertujuan untuk mengurangi arus pengasutan awal.

Soft starting adalah suatu cara penurunan tegangan *starting* dari motor induksi AC. *Soft starting* merupakan metode *starting* yang prinsipnya sama dengan *starting* motor menggunakan *primary resistance* yang disertai dengan suplai tegangan ke motor, arus masuk dalam *stator* sama dengan arus keluar. *Soft starting* terdiri dari komponen *thyristor* untuk mengontrol aliran arus yang masuk ke motor, sehingga tegangan akan masuk secara bertahap dan akhirnya penuh.

Soft starting bertujuan untuk mendapatkan *start* yang terkendali, sehalus mungkin serta terproteksi dan mencapai kecepatan nominal yang konstan sehingga mendapatkan arus *starting* rendah. Diharapkan tegangan dan arus dari sumber tenaga dapat mengalir masuk kedalam motor AC secara bertahap, sehingga tidak memerlukan arus pengasutan yang besar.

1.2 Perumusan Masalah

1. Bagaimana prinsip kerja *soft starting* dengan komponen daya SCR (*silicon control rectifier*) menggunakan mikrokontroler Atmega16 ?
2. Apakah hasil yang di dapat dari metode *soft starting* dibanding metode lainnya pada motor induksi 3 fasa ?

1.3 Batasan Masalah

1. Analisa dibatasi pada respon motor induksi 3fasa rotor sangkar terhadap *soft starting* yang dioperasikan pada motor induksi 3 fasa.
2. Membandingkan hasil pengujian *soft starting* dengan metode *auto trafo*.
3. Tidak membahas tentang harmonisasi yang terjadi.

1.4 Tujuan

1. Merancang rangkaian *soft starting* untuk dioperasikan pada motor induksi 3 fasa.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

Pada penelitian mahasiswa Universitas Diponegoro, beberapa metode *starting* tradisional motor induksi diantaranya adalah DOL (*direct on line*), Y- Δ , auto-trafo, dan primari resistor, yang dalam pelaksanaannya masih menarik arus *start* yang besar, terlebih pada *starting* DOL, pada *starting Way-Delta*, perpindahan dari *way* ke *delta* ternyata juga menyebabkan hentakan yang cukup keras pada motor, jika ini terus dilakukan dikhawatirkan motor akan cepat mengalami kerusakan. Primari resistor adalah metode dengan mensekikan tahanan dengan sumber tegangan dengan maksud untuk menahan atau mengurangi arus *start* yang masuk kedalam motor, tetapi jika terjadi lonjakan tegangan yang melebihi tahanan tidak cukup untuk membendung arus lebih yang lewat karena tahanan (R) tidak otomatis bertambah nilainya seiring dengan naiknya tegangan, untuk motor yang berdaya besar tentu arus *start* juga akan semakin besar, sehingga untuk motor dengan daya diatas 30 atau 50 hp tidak dianjurkan menghidupkan motor secara langsung [1].

Analisis kedip tegangan (*voltage sags*) akibat pengasutan motor induksi dengan berbagai metode pengasutan, dimana pengasutan motor induksi masih belum mendapatkan hasil yang maksimal, disini penggunaan metode *starting* masih belum mendapatkan hasil yang baik [2].

Pengasutan motor induksi 3 fasa dengan metode tahanan mula, metode ini biasa diterapkan hanya pada motor yang memiliki kapasitas rendah dan beban-beban yang ringan, karena penambahan tahanan pada sisi belitan rotor menyebabkan berkurangnya arus rotor sedangkan arus pada stator naik, sehingga cenderung meningkatkan torsi rotor [3].

Pembuatan *soft starting* dan *dynamic braking* pada motor induksi 1 fasa ½ hp dengan kapasitor berbasis mikrokontroler AT89S5, disini tujuan dari penelitian ini melihat respon motor saat pengereman dengan waktu yang ditentukan dari arus DC yang di injeksikan pada motor [4].

Metode pengasutan yang lebih baik dari metode sebelumnya, metode pengasutan yang digunakan yaitu, metode *soft starting*. *Soft starting* adalah suatu

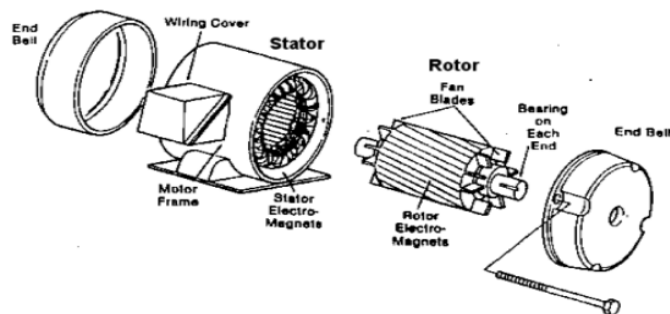
cara penurunan tegangan *starting* dari motor induksi AC. *Soft starting* merupakan metode starting yang prinsipnya sama dengan *starting* motor menggunakan *primary resistance* yang diseri dengan suplai tegangan ke motor, arus masuk dalam *stater* sama dengan arus keluar. *Soft starting* terdiri dari komponen *thyristor* untuk mengontrol aliran arus yang masuk ke motor, sehingga tegangan akan masuk secara bertahap dan akhirnya penuh. *Soft starting* bertujuan untuk mendapatkan *start* yang terkendali, sehalus mungkin serta terproteksi dan mencapai kecepatan nominal yang konstan sehingga mendapatkan arus *starting* rendah. Diharapkan tegangan dan arus dari sumber tenaga dapat mengalir masuk kedalam motor AC secara bertahap, sehingga tidak memerlukan arus pengasutan yang besar [5].

2.1 Motor Induksi

Motor induksi merupakan motor yang paling umum digunakan pada berbagai peralatan industry. karena rancangannya yang sederhana, murah dan mudah didapat, dan dapat langsung disambungkan ke sumber daya AC.[5].

a. Komponen

Motor induksi memiliki dua komponen listrik utama, yang dapat dilihat pada Gambar 2.1



Gambar 2.1. Motor Induksi (*Automated Buildings*)

1. Stator

Stator merupakan bagian yang diam. Stator dibuat dari sejumlah *stampings* dengan *slots* untuk membawa gulungan tiga fasa. Gulungan ini dilingkarkan untuk sejumlah kutub. Gulungan diberi spasi geometri sebesar 120 derajat.

2. Rotor

Rotor merupakan bagian yang bergerak/berputar.

b. Klasifikasi motor induksi

1. Motor induksi satu fasa. Motor ini hanya memiliki satu gulungan stator, beroperasi dengan pasokan daya satu fasa, memiliki sebuah rotor sangkar tupai, dan memerlukan sebuah alat untuk menghidupkan motornya. Sejauh ini jenis motor ini merupakan jenis motor yang paling umum digunakan dalam peralatan rumah tangga, seperti kipas angin, mesin cuci, dan pengering pakaian dan untuk penggunaan 3 hingga 4 Hp.
2. Motor induksi tiga fasa. Medan magnet yang berputar dihasilkan dari pasokan sumber tiga fasa yang seimbang. Motor tersebut memiliki kemampuan daya yang tinggi, dapat memiliki kandang tupai atau gulungan rotor (walaupun 90% memiliki rotor kandang tupai), dan penyalaan sendiri. Diperkirakan bahwa sekitar 70% motor di industri menggunakan jenis motor ini. Sebagai contoh, pompa, Kompresor, *belt conveyor*, jaringan listrik, dan *grinder*. Tersedia dalam ukuran 1/3 sampai ratusan Hp.

c. Kecepatan motor induksi

Motor induksi bekerja sebagai berikut. Listrik dipasok ke stator yang akan menghasilkan medan magnet. Medan magnet ini bergerak dengan kecepatan sinkron disekitar rotor. Arus rotor menghasilkan medan magnet kedua, yang berusaha untuk melawan medan magnet stator, yang menyebabkan rotor berputar.

d. Prinsip kerja motor induksi 3 fasa

Motor induksi merupakan motor arus bolak-balik (AC) yang paling luas digunakan. Penamaannya berasal dari kenyataan bahwa arus rotor motor ini bukan diperoleh dari sumber tertentu, tetapi merupakan arus yang terinduksi sebagai akibat adanya perbedaan relatif antara putaran rotor dengan medan putar (*Rotating Magnetic field*) yang dihasilkan oleh arus stator[6].

Apabila ketiga belitan stator diberikan masing-masing diberi tegangan dari sumber tiga fasa, maka akan timbul medan magnet yang berputar dengan kecepatan sinkron.

$$n_s = \frac{120f}{p} \quad (2.1)$$

dengan:

n_s = Kecepatan medan putar stator (rpm)

f = Frekuensi jaringan (Hz)

p = Jumlah kutub

medan putar tersebut akan memotong konduktor rotor hingga terbangkit tegangan induksi. Karena konduktor rotor dihubung singkat, maka akan mengalir arus dalam konduktor rotor. Arus rotor ini berada dalam medan magnet dari stator menurut hukum *Lorenz* akibatnya timbul gaya/torka. Bila gaya ini cukup untuk menggerakkan rotor maka ia akan berputar dengan kecepatan:

$$n_r = (1 - s) n_s \quad (2.2)$$

dengan:

n_r = Kecepatan putar rotor (rpm)

s = Slip putaran

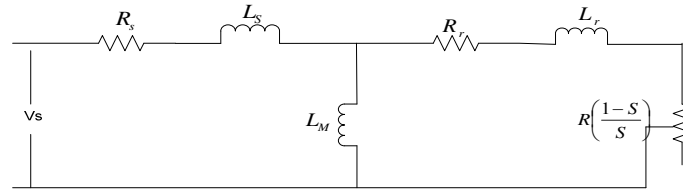
karena tegangan induksi hanya akan terbangkitkan jika terjadi perpotongan antar medan putar dengan konduktor rotor maka kecepatan rotor tidak dapat menyamai kecepatan medan putar stator, harus ada selisih dimana kecepatan rotor (n_r) harus lebih rendah dari kecepatan medan putar (kecepatan sinkron n_s). Perbedaan kecepatan ini disebut *slip* (s) dan dinyatakan dengan:

$$s = \frac{n_s - n_r}{n_s} \times 100\% \quad (2.3)$$

adanya perbedaan kecepatan medan putar dan rotor ini sehingga mesinnya disebut mesin tak sinkron/serempak.

2.2 Rangkaian Pengganti Motor Induksi

Kerja motor induksi seperti kerja transformator yaitu berdasarkan prinsip induksi elektromagnet. Oleh karena itu, motor induksi dapat dianggap sebagai transformator dengan rangkaian sekunder yang berputar. Sehingga rangkaian motor induksi dapat dilukiskan seperti pada Gambar 2.2. Dalam keadaan rotor berputar, frekwensi arus rotor dipengaruhi oleh *slip* ($f_2 = sf_1$). Karena tegangan induksi dan reaktansi kumparan rotor merupakan fungsi frekuensi, maka harga tahanannya juga dipengaruhi oleh *slip*[6]



Gambar 2.2. Rangkaian Ekivalen Motor Induksi

2.3 Pengujian Motor Induksi 3 Fasa

Pengujian Tanpa Beban

Percobaan tanpa beban dilakukan untuk menentukan nilai parameter ($X_1 + X_m$) yaitu nilai reaktansi bocor stator dan reaktansi magnetisasi motor serta dapat menentukan nilai rugi-rugi rotasi motor (P_r). Untuk mendapatkan nilai parameter-parameter ini maka besaran yang perlu diukur pada saat pengujian tanpa beban adalah nilai arus tanpa beban (I_0) dan nilai tegangan tanpa beban (V_0) serta nilai resistansi stator (R_s). Sehingga dengan diketahui besaran-besaran inti maka nilai ($X_1 + X_m$) dapat dihitung dengan menggunakan rumus [5]

$$X_1 + X_m = \sqrt{\left(\frac{V_0}{I_0}\right)^2 \cdot \sqrt{3} - R_s^2} \quad (2.4)$$

dengan:

X_1 = Reaktansi bocor stator (Ohm)

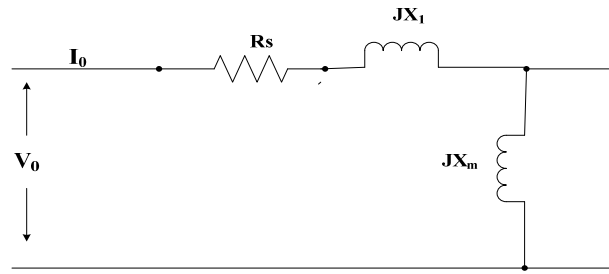
X_m = Reaktansi magnetisasi motor (Ohm)

V_0 = Tegangan motor saat tanpa beban (Volt)

I_0 = Arus motor saat tanpa beban (Amper)

R_s = Resistansi stator (Ohm)

Dan rangkaian pengganti motor induksi saat pengujian tanpa beban seperti pada Gambar 2.3



Gambar 2.3. Rangkain Ekuivalen Motor Induksi Tanpa Beban

Untuk menghitung nilai rugi-rugi rotasi motor (P_r) dihitung dengan menggunakan rumus:

$$P_r = \sqrt{3} \cdot V_0 \cdot I_0 - (I_0^2 \cdot R_s) \quad (2.5)$$

dengan:

P_r = Rugi-rugi rotasi motor (Watt)

V_0 = Tegangan motor saat tanpa beban (Volt)

I_0 = Arus motor saat tanpa beban (Amper)

R_s = Resistansi stator (ohm)

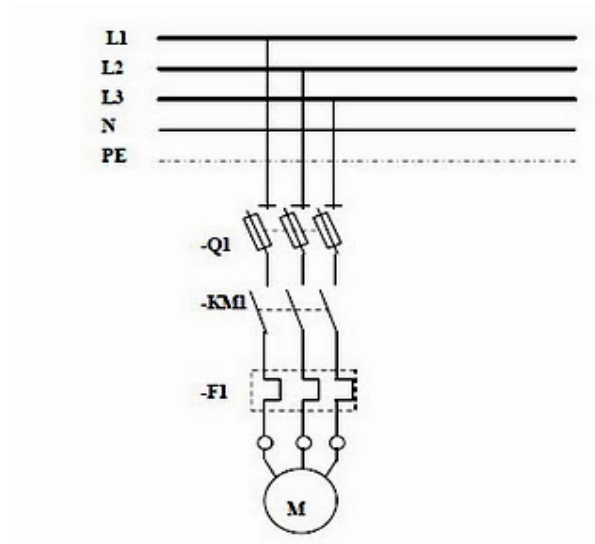
2.4 Starting motor induksi 3 fasa

Pada motor induksi yang diam apabila tegangan normal diberikan ke stator, maka akan ditarik arus yang besar oleh belitan primernya. Motor induksi saat dihubung langsung akan menarik arus 5 sampai 7 kali dari arus beban penuh dan hanya menghasilkan torsi 1,5 dan 2,5 kali torsi beban penuh. Arus mula yang besar ini dapat mengakibatkan drop tegangan pada saluran, sehingga akan mengganggu pada peralatan lain yang dihubungkan pada saluran yang sama. Untuk mengurangi besarnya arus *starting* pada motor induksi, ada beberapa cara atau metode starting yang biasa digunakan diantaranya[4]

a. Starting dengan metode *direct on line*

Direct On Line merupakan *starting* langsung. Penggunaan metoda ini sering dilakukan untuk motor-motor AC yang mempunyai kapasitas daya yang kecil. Pengertian penyambungan langsung disini, motor yang akan dijalankan

langsung di *swich* on ke sumber tegangan jala-jala sesuai dengan besar tegangan nominal motor. Artinya tidak perlu mengatur atau menurunkan tegangan pada saat *starting*, arus *starting* sama dengan arus hubung singkat. Rangkaian *starting* DOL ini dapat dilihat pada Gambar 2.4.



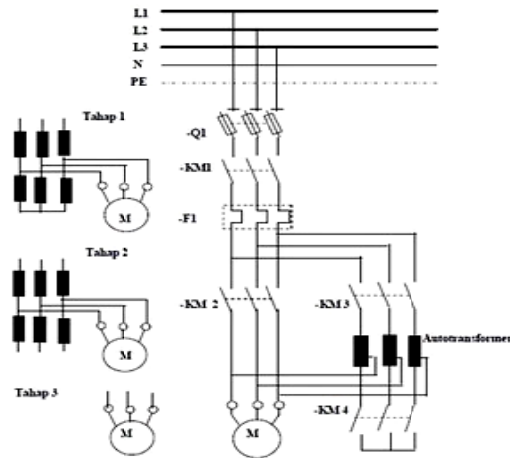
Gambar 2.4 Diagram *Direct On Line Starter*

Starter ini terdiri dari *Breaker* sebagai proteksi hubung singkat, Magnetik *Contactor*, *Over Current Relay* dan komponen control seperti *push button*, MCB dan *pilot lamp*. Kontrol Start dan Stop dilakukan dengan *push button* yang mengontrol tegangan pada *coil contactor*. Sementara itu output OCR terangkai secara seri sehingga jika OCR trip, maka output OCR akan melepas tegangan ke *coil contactor*. Komponen penyusun starter ini harus mempunyai *ampacity* yang cukup besar. Perlu diperhitungkan juga arus saat start motor, demikian juga ukuran *range overloadnya*.

b. Starting dengan metode auto trafo

Metode ini dapat dilakukan dengan menggunakan dua buah auto trafo yang terhubung open *delta* atau tiga buah auto trafo yang terhubung bintang. melalui auto trafo tegangan yang melalui terminal motor dapat diturunkan selama priode start. Apabila motor telah jalan atau berputar kurang dari 80 %, dari kecepatan normal maka hubungan suplai dari auto trafo di putus dan diganti dengan suplai langsung dari jala-jala. Hubungan open *delta* banyak

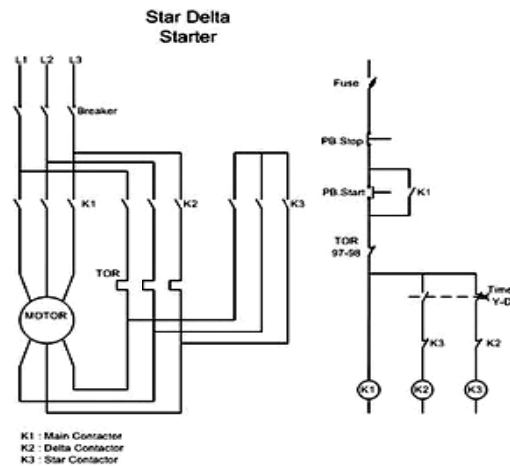
digunakan karena lebih murah meskipun arus tidak seimbang pada periode *starting*, hal ini tidaklah menjadi persoalan karena ketidak seimbangan arus hanyalah 15% dan keseimbangan arus akan seimbang setelah kondisi berputar tercapai. Metode ini dapat dilihat seperti pada Gambar 2.5



Gambar 2.5 Diagram *Starting* Dengan *Autotransformer Starter*

c. *Starting* dengan metode *way-delta*

Digunakan apabila motor dalam kondisi normal belitan statornya terhubung *delta*. Metode ini terdiri dari dua langkah, yaitu pertama saklar yang terhubung ke motor secara bintang saat *start*, dan kedua terhubung secara *delta* saat motor sudah berputar. Pada Gambar 2.6 dapat dilihat *starting* ini mengurangi lonjakan arus dan torsi pada saat *start*.

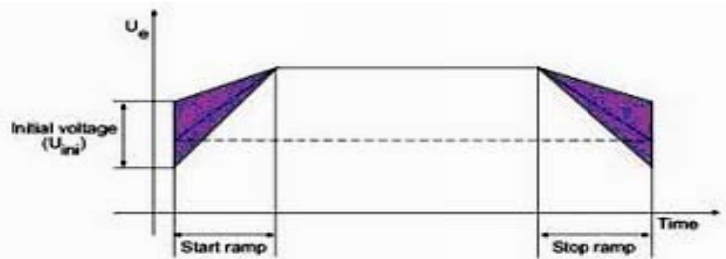


Gambar 2.6 Diagram *Starting* Metode *Way- Delta*

Rangkaian *why-delta* diatas tersusun atas 3 buah contactor yaitu *Main Contactor*, *Star Contactor* dan *Delta Contactor*, timer untuk pengalihan dari *Star* ke *delta* serta sebuah *overload relay*. Gulungan stator hanya menerima tegangan sekitar 0,578 (seper akar tiga) dari tegangan *line*. Jadi arus dan torsi yang dihasilkan akan lebih kecil dari pada *dol Starter*. Setelah mendekati *speed* normal starter akan berpindah menjadi terkoneksi secara *delta*. Starter ini akan bekerja dengan baik jika saat *start* motor tidak terbebani dengan berat.

d. Starting dengan metode *soft starting*

Soft starting dipergunakan untuk mengatur/ memperhalus *start* dari elektrik motor. Prinsip kerjanya adalah dengan mengatur tegangan yang masuk ke motor. Pada Gambar 2.7, pertama-tama motor hanya diberikan tegangan yang rendah sehingga arus dan torsi pun juga rendah. Pada level ini motor hanya sekedar bergerak perlahan dan tidak menimbulkan kejutan. Selanjutnya tegangan akan dinaikan secara bertahap sampai ke nominal tegangannya dan motor akan berputar dengan kondisi RPM yang nominal.



Gambar 2.7 Diagram Starting Metode *Soft Starting*

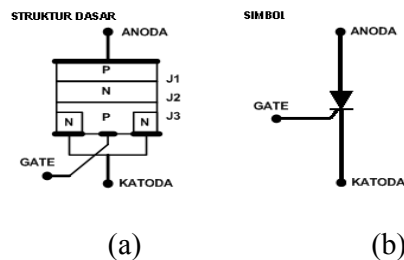
Komponen utama *soft starting* adalah *thyristor* dan rangkaian yang mengatur *trigger thyristor*. Seperti pada Gambar 2.8, output *thyristor* dapat di atur via pin *gate* nya. Rangkaian tersebut akan mengontrol level tegangan yang akan dikeluarkan oleh *thyristor*, *thyristor* yang terpasang bisa pada 2 fasa atau 3 fasa.



Gambar 2.8 Bentuk Keluaran Gelombang

2.5 Thyristor

Thyristor berasal dari bahasa Yunani yang berarti ‘pintu’. Dinamakan demikian karena sifat dari komponen yang mirip dengan pintu yang dapat dibuka dan ditutup untuk melewatkan arus listrik. Ciri - ciri utama dari sebuah *thyristor* adalah komponen yang terbuat dari bahan *semiconductor silicon*. *Thyristor* yang digunakan adalah SCR (*Silicon Controlled Rectifier*) yang merupakan komponen elektronika daya yang dapat digunakan sebagai sistem saklar. Salah satu keuntungan dari SCR adalah mampu mengalirkan daya ratusan watt dan hanya membutuhkan mili watt sinyal pemicuan. Bentuk utama dari *thyristor* dapat dilihat pada Gambar2.9.[1][7].

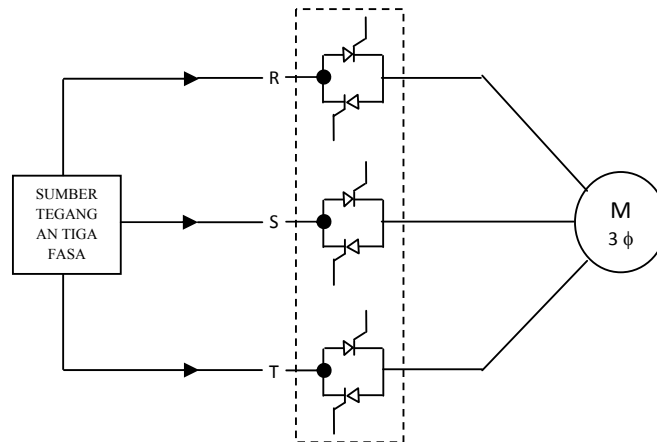


Gambar 2.9 (a) Struktur dasar *Thyristor* (b)Simbol *Thyristor*

2.6 Soft Starting

Soft starting adalah suatu cara penurunan tegangan *starting* dari motor induksi AC. *Soft starting* merupakan metode *starting* yang prinsipnya sama dengan *starting* motor menggunakan *primary resistance* yang diseri dengan suplai tegangan ke motor. Arus masuk dalam *stater* sama dengan arus keluar. *Soft starting* terdiri dari komponen *thyristor* untuk mengontrol aliran arus yang masuk ke motor, sehingga tegangan akan masuk secara bertahap dan akhirnya penuh.*Soft starting*

bertujuan untuk mendapatkan *start* yang terkendali, sehalus mungkin serta terproteksi dan mencapai kecepatan nominal yang konstan sehingga mendapatkan arus *starting* rendah. Pada Gambar 2.10 adalah gambar rangkaian dasar *soft starting* [5].



Gambar 2.10 Rangkaian Dasar *Soft Starting*[5]

Komponen SCR memblokir aliran arus dalam satu arah tetapi meneruskan arus dalam arah yang lainnya setelah menerima sinyal triger atau “penyulut “ yang disebut pulsa gerbang. Enam buah SCR disusun dalam konfigurasi apa yang disebut konverter AC-AC anti paralel. Dengan rangkaian kendali yang tepat dapat dicapai pengendalian arus motor atau waktu percepatan yaitu dengan mengenakan pulsa gerbang ke SCR pada waktu yang berbeda dalam setiap setengah siklus tegangan sumber. Jika pulsa gerbang dikenakan lebih dulu dalam setengah siklus, keluaran SCR tinggi. Jika pulsa gerbang dikenakan agak lambat dalam setengah siklus, keluarannya rendah. Maka tegangan masukan ke motor dapat diubah dari nol sampai sepenuhnya sampai periode start, sehingga motor melakukan percepatan dengan halus mulai dari nol sampai kecepatan penuh. *Soft starting* bertujuan untuk mendapatkan pengasutan yang terkendali dengan cara mengatur tegangan yang masuk pada stator secara bertahap.[1].

2.7 Sistem Pengasutan

Masalah-masalah yang muncul pada sistem pengasutan secara umum adalah arus awal yang terlalu besar dan momen awal yang sering terlalu kecil. Motor-motor pada sistem industri *modern* menjadi bertambah banyak. Beberapa

pertimbangan mengenai banyaknya antara lain adalah sebanding dengan bertambah besarnya kapasitas dari sistem tenaga industri yang bersangkutan, dimana pada saat pengasutannya kebanyakan motor induksi arus awalnya mencapai 5-7 kali besarnya arus nominal. Pengasutan motor induksi yang besar dapat menyebabkan adanya penurunan tegangan (*drop*) yang dapat mengganggu peralatan lain bahkan motor itu sendiri [2].

a. Kedip Tegangan (*Flicker*)

Kemungkinan yang sangat umum untuk diketahui dan dipelajari akibat dari pengasutan motor adalah kedip tegangan (*flicker*) yang dialami oleh suatu sistem tenaga dalam industri sebagai akibat langsung dari pengasutan motor induksi.

b. Sumber Pembangkit yang Terbatas

Sistem tenaga yang lebih kecil biasanya dilayani oleh sumber-sumber dengan kapasitas terbatas, yang pada umumnya tergantung pada masalah penurunan tegangan sebagai akibat dari pengasutan motor, terutama pengasutan motor besar. Sistem yang kecil juga sering mempunyai keterbatasan dalam pembangkitan, dimana nantinya akan menemui kesulitan apabila ada penambahan penurunan tegangan yang terjadi pada impedansi *transient* dari generator lokal pada saat selang pengasutan motor.

Beberapa metode mengurangi kedip tegangan seminimal mungkin pada pengasutan motor adalah didasarkan pada kenyataan bahwa saat pengasutan motor, sebuah motor akan menarik arus *inrush* berbanding langsung dengan tegangan terminal, oleh karena itu tegangan yang lebih rendah menyebabkan motor membutuhkan arus yang lebih kecil dan dengan demikian mengurangi gejala kedip tegangan.

Pengasutan dengan auto trafo adalah satu-satunya cara yang paling efektif untuk mencapai penurunan tegangan selama pengasutan dengan standar 50%-80% dari harga tegangan nominal. Suatu studi pengasutan motor dapat digunakan untuk menentukan tegangan yang tepat dan arus *inrush* yang lebih rendah sehingga dapat diterima oleh tegangan sistem pembangkitan listrik selama pengasutan motor. Cara lain pengasutan dengan penurunan tegangan meliputi resistor atau reaktor pengasutan, pengasutan dengan *part winding* dan

pengasutan *way-delta*. Semua cara pengasutan diatas dapat diamati dengan studi pengasutan motor dan cara untuk pemakaian khusus dapat dipilih.

Cara lain untuk mengurangi arus *inrush* yang tinggi yang timbul pada saat pengasutan motor besar dan tetap dapat mempertahankan sistem adalah menggunakan cara pengasutan dengan kapasitor. Komponen induktif yang tinggi dari arus pengasutan reaktif normal akan dikompensir oleh kapasitor tambahan pada bus motor (hanya pada saat pengasutan motor). Pengasutan motor dapat melengkapi informasi untuk memilih ukuran optimal pada kapasitor pengasutan dan menentukan lamanya waktu untuk kapasitor itu mendapat energy, ini dapat juga diterapkan apakah kapasitor dan motor dapat dihubungkan dalam waktu yang bersamaan, atau karena kerugian tegangan yang melampaui batas yang diakibatkan oleh arus *transient* pengisian kapasitor yang menambah arus *inrush* motor, kapasitor harus dihubungkan sesaat lebih dulu dari motor.

Penggunaan alat dengan pengasutan kapasitor untuk membatasi *flicker* seminimal mungkin dapat menjadi mahal untuk mempertahankan tegangan pada level yang dapat diterima. Penggunaan pengaturan tap dari trafo distribusi dapat memecahkan secara ekonomis untuk masalah *flicker*. Dalam kombinasi dengan suatu studi aliran beban, studi pengasutan motor dapat dilengkapi informasi untuk membantu tegangan pada saat beban ringan, tidak melampaui batas terlalu tinggi.

Pengasutan motor dapat digunakan untuk membuktikan keberhasilan dari beberapa pemecahan masalah kedip tegangan sebaik-baiknya, dengan sebuah motor rotor belitan harga tahanan yang berbeda-beda disisipkan kedalam rangkaian motor berbagai variasi waktu selama selang pengasutan untuk mengurangi arus *inrush* maksimum pada beberapa yang dikehendaki, pengasutan motor dapat membantu dalam pemilihan harga arus dan momen optimal untuk pemakaian pada motor induksi dengan rotor belitan, apakah pengaturan tahanan-tahanan dihubungkan secara bertingkat melalui *relay* waktu atau secara terus menerus harga-harga tersebut dirubah dan dicapai melalui umpan balik pengaturan pengasutan dengan tahanan cairan.

Pengasutan motor-motor induksi tiga fasa, penting untuk dipelajari karena berhubungan antara motor dengan sistem tenaga listrik yang digunakannya. Masalah utama dalam pengasutan motor induksi adalah mengenai besarnya arus mula.

Supaya rotor dari suatu motor pada saat diasut dapat berputar, maka momen yang dihasilkan oleh motor harus lebih besar dari momen lawan pada poros yang disebabkan oleh kepentingan beban mekanis yang diputuskan olehnya, dalam banyak hal, dikehendaki momen mula sama dengan momen nominal ataupun lebih besar, besarnya arus mula untuk suatu jala-jala tertentu tidak boleh melebihi batas harga arus tertentu yang diizinkan, karena hal ini akan tergantung pada kemampuan daya yang tersedia.

c. Pengasutan Motor Induksi Rotor Sangkar

Pengasutan dapat dilakukan dengan berbagai cara yaitu dengan tegangan penuh, tegangan diturunkan atau arus *inrush* diturunkan. Pengasutan dengan tegangan diturunkan meliputi tipe-tipe : tahanan primer, *reactor* primer, auto trafo. Pengasutan dengan arus *inrush* diturunkan meliputi tipe-tipe: *part winding* dan *way-delta*.

d. Pengasutan Motor Induksi Rotor Belitan

Berbeda dengan motor induksi rotor sangkar, batasan arus adalah dilakukan dengan menyisipkan tahanan pada rangkaian rotor dari motor induksi rotor belitan. Momen pengasutan dapat berubah-ubah tergantung gesekan pada beban penuh sampai momen maksimum karena pemilihan yang tepat dari tahanan luar. Motor induksi rotor belitan mampu menghasikan momen beban penuh pada keadaan diam dengan keadaan arus beban penuh. Bila arus pengasutan rendah, momen pengasutan tinggi dan percepatan merata yang dibutuhkan rotor belitan, dalam hal ini hendaknya dipertimbangkan, kelengkapan dari konstruksi rotor, peralatan kontrol motor serta diperhitungkan instalasinya maka harga motor induksi rotor belitan lebih mahal dibandingkan dengan motor induksi rotor sangkar. Pengasutan motor induksi rotor belitan otomatis dapat dilakukan dengan tiga metode yaitu:

1. Percepatan Batas Arus
2. Percepatan Frekuensi Skunder
3. Percepatan Waktu Tertentu

2.8 Drop Tegangan Saat Pengasutan Motor Induksi 3 Fasa

Motor listrik AC (sangkar tupai dan sinkron), menarik arus *start* tegangan penuh sebesar 5-7 kali arus nominal beban penuh agar dapat memperoleh torsi *starting*/peng-asutan cukup untuk mulai berputar. Adanya arus *start* besar yang secara tiba-tiba ditarik dari sistem tenaga listrik dapat menyebabkan kedip tegangan sesaat. Akibat yang merugikan karena terjadinya kedip tegangan antara lain[2].

1. Torsi transien *shaft* pada motor, yang dapat menyebabkan *stress* yang berlebihan pada sistem mekanik.
2. *Drop* tegangan yang berlebihan, yang dapat menghambat akselerasi motor dari kondisi diam ke kecepatan penuhnya.
3. Mal-fungsi dari kinerja peralatan-peralatan lain, seperti : *relay*, kontaktor, peralatan elektronik, komputer (media penyimpan data), dan terjadinya *flicker* pada penerangan yang dapat mengganggu.

Menurut standar IEEE 1159-1995, *IEEE Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality*, definisi *sag/kedip* adalah penurunan nilai rms tegangan atau arus pada frekuensi daya selama durasi waktu dari 0,5 *cycles* (0,01detik) sampai 1 menit. Dan rentang perubahan dari 0,1 sampai 0,9 *pu* pada harga rms besaran tegangan atau arus. Hal ini menyebabkan lepasnya (*trip*) peralatan-peralatan yang peka terhadap perubahan tegangan[8].

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Begitu luasnya penggunaan motor induksi maka banyak dilakukan berbagai penelitian untuk meningkatkan unjuk kerja dari motor induksi. Beberapa metode *starting* tradisional motor induksi diantaranya adalah DOL (*direct on line*), Y- Δ , auto trafo, dan primari resistor.

Dengan metode *soft starting*, diharapkan tegangan dan arus dari sumber tenaga dapat mengalir masuk kedalam motor secara bertahap, sehingga motor tidak menarik arus *starting* yang terlalu besar, sehingga motor aman dan dapat berumur lebih lama.

3.2 Objek Penelitian

Penelitian yang dilakukan menggunakan motor induksi tiga fasa dengan spesifikasi seperti ditunjukkan pada Tabel 3.1

Tabel 3.1. Data Spesifikasi Motor Induksi 3

No	Parameter	Nilai	Satuan
1	V nominal	220-380	Volt
2	Daya	0,4/625	Kw/VA
3	Frekwensi	50	Hz
4	Jumlah kutub	2	-

3.3 Waktu Dan Tempat Pengujian

Untuk mendapatkan data-data parameter motor induksi yang diperlukan dalam penulisan skripsi ini, penulis melakukan pengujian di laboratorium Teknik Elektro Universitas Bengkulu.

3.4 Metode Pembuatan

Metode pembuatan alat *soft starting* ini meliputi rangkaian mikrokontroler, kontrol pengendali penyulutan yang dirancang adalah berbasis mikrokontroler Atmega16, maksud dari kontrol ini adalah untuk mendapatkan pengaturan penyulutan(pulsa gerbang) SCR sesuai dengan yang diharapkan sehingga tujuan dari *soft starting* dapat tercapai. AVR merupakan seri mikrokontroler CMOS 8-bit buatan Atmel, berbasis arsitektur RISC (*Reduced Instruction Set Computer*). Hampir semua intruksi dieksekusi dalam satu siklus *clock*. AVR memiliki 32 register general *purpose*, *time/counter* fleksibel dengan mode *compare*, *interrupt internal* dan *eksternal*, serial UART, *programmable Watchdog Timer*, dan mode *power saving*, ADC dan PWM internal. AVR juga mempunyai *In-System Programmable Flash on-chip* yang mengizinkan memori program untuk diprogram ulang dalam sistem dengan menggunakan hubungan serial SPI. ATmega16. ATmega16 mempunyai *throughput* mendekati 1 MPS per MHZ mempunyai disainer sistem untuk mengoptimasi konsumsi daya persus kecepatan proses.

Soft starting ini dibuat dengan komponen daya SCR (*silicon control rectifier*), komponen SCR memblokir aliran arus dalam satu arah tetapi meneruskan arus dalam arah yang lainnya setelah menerima sinyal *triger* atau “penyulut“ yang disebut pulsa gerbang. Enam buah SCR disusun dalam konfigurasi apa yang disebut konverter AC-AC anti paralel. Dengan rangkaian kendali yang tepat dapat dicapai pengendalian arus motor atau waktu percepatan yaitu dengan mengenakan pulsa gerbang ke SCR pada waktu yang berbeda dalam setiap setengah siklus tegangan sumber, jika pulsa gerbang dikenakan lebih dulu dalam setengah siklus, keluaran SCR tinggi, jika pulsa gerbang dikenakan agak lambat dalam setengah siklus, keluarannya rendah. Maka tegangan masukan ke motor dapat diubah dari nol sampai sepenuhnya selama periode *start*, sehingga motor melakukan percepatan dengan halus mulai dari nol sampai ke kecepatan penuh.

3.5 Alat dan Bahan

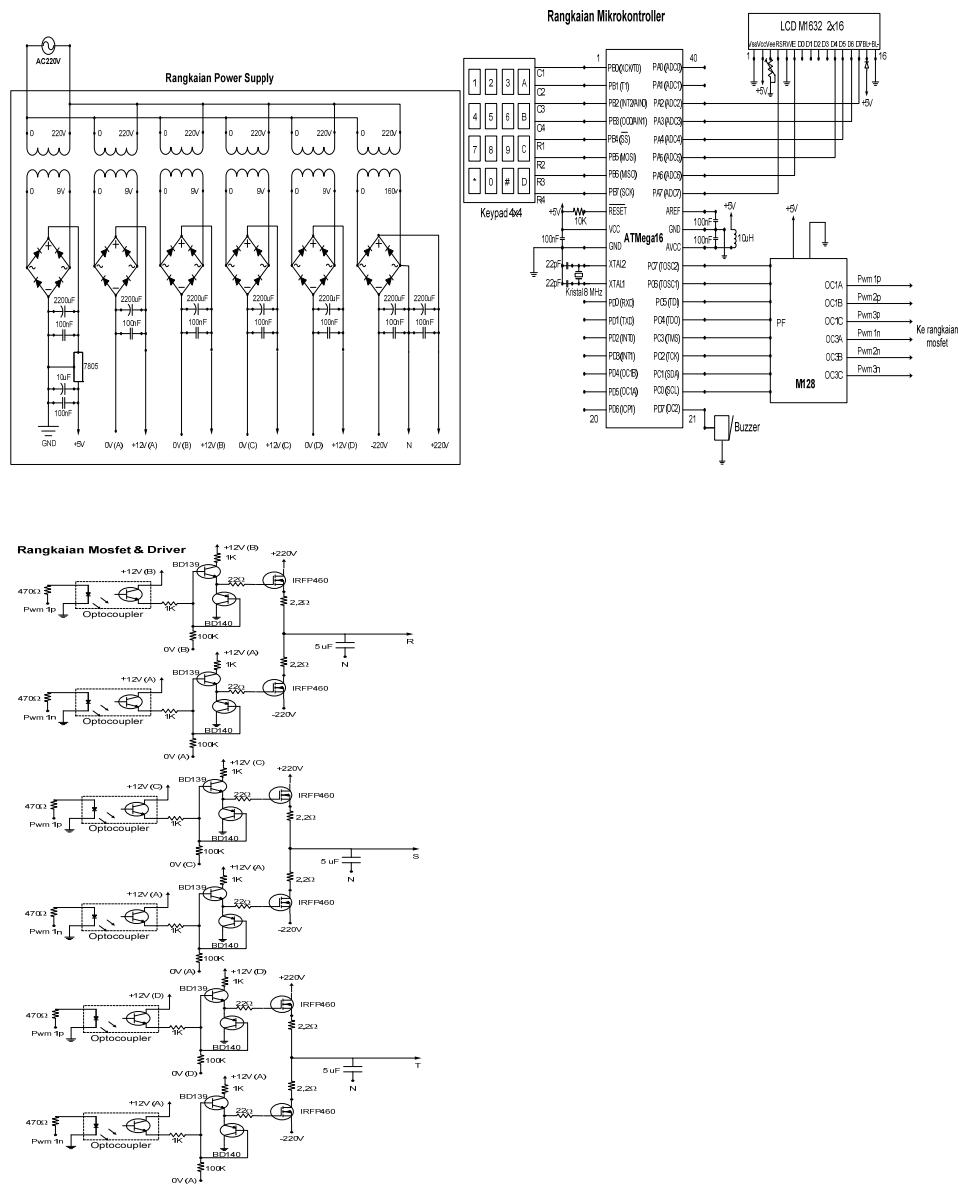
Perancangan perangkat keras (*hardware*) pada *soft starting* dapat dilihat pada Gambar3.1 yang meliputi catu daya DC, rangkaian sistim minimum Atmega16, rangkaian SCR penyearah jembatan penuh, dan rangkain mosfet dengan drivernya.

a. Diagram Blok Rancangan Alat *Soft Starting*



Gambar 3.1 Diagram Blok Alat

b. Rangkaian Sistem Keseluruhan Sistem

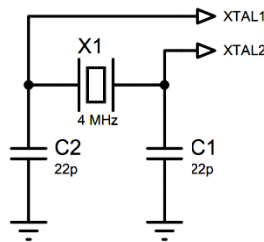


Gambar 3.1 Gambar Perancangan Alat

Dengan rangkaian pengendali yang tepat, dapat dicapai pengendalian arus motor atau waktu percepatan yaitu dengan menghubungkan pulsa gerbang ke SCR pada waktu yang berbeda dalam setiap setengah siklus sumber tegangan. Jika pulsa gerbang dikenakan lebih dulu dalam setengah siklus, keluaran SCR tinggi, jika pulsa gerbang dikenakan agak lambat dalam setengah siklus, keluaran SCR rendah, maka tegangan masukan ke motor dapat di ubah dari nol sampai sepenuhnya selama priode *start*, sehingga motor melakukan kecepatan dengan halus dari nol sampai kecepatan konstan.

3.6 Rangkaian Clock

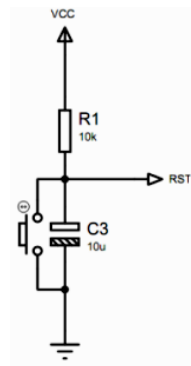
Kecepatan proses yang dilakukan mikrokontroler ditentukan oleh sumber *clock* yang mengendalikan mikrokontroler tersebut. Hal ini disebabkan karena rangkaian *clock* berfungsi sebagai *generator clock* yang digunakan untuk menjalankan mikrokontroler, inilah yang menentukan berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk setiap eksekusi instruksi program pada mikrokontroler. Rangkaian *clock* dapat dilihat pada Gambar 3.2



Gambar 3.2. Rangkaian Clock

3.7 Rangkaian Reset

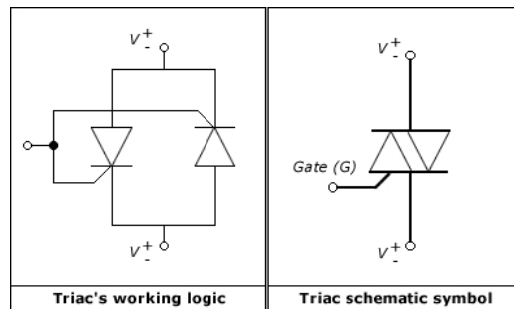
Rangkaian *reset* digunakan untuk mereset mikrokontroler sehingga proses bisa dijalankan mulai dari awal. Rangkaian yang digunakan adalah rangkaian *power off reset* yaitu *reset* yang terjadi pada saat sistem pertama kali mendapatkan Gnd atau logika 0. *Reset* juga dapat dilakukan secara manual dengan menekan tombol yang berupa *switch*. Adapun skematik dari rangkaian *reset* yang akan digunakan dapat dilihat pada Gambar 3.3



Gambar 3.3. Rangkaian Reset

3.8 Rangkaian SCR (*Silicon Controlled Rectifier*)

Rangkaian SCR pada soft start adalah SCR BT 151 dengan spesifikasi teknis VRRM 500-800 V, I_T (RMS) = 12A, I_T (AV) = 7,5A yang disusun dalam rangkaian penyearah gelombang penuh, dapat dilihat pada Gambar 3.4



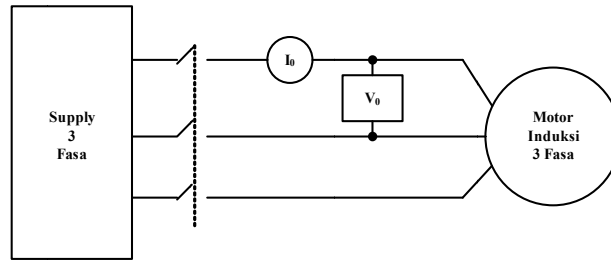
(a) rangkaian SCR

(b) simbol SCR

Gambar 3.4 SCR BT 151

3.9 Metode Pengujian

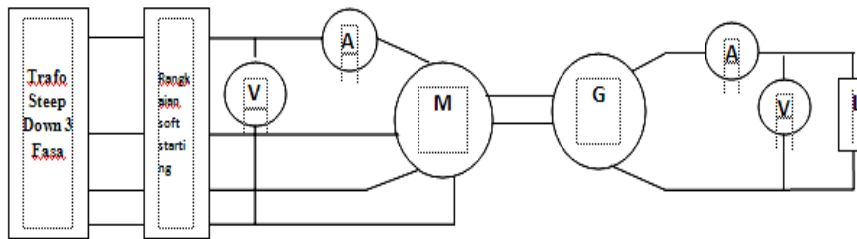
Penulis melakukan pengujian untuk pengumpulan data primer yang berhubungan dengan parameter-parameter atau spesifikasi motor induksi 3 fasa yang digunakan di Laboratorium Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Bengkulu. Gambar 3.5 menunjukkan diagram blok pengujian tanpa beban.



Gambar 3.5 Rangkaian Pengujian Tanpa Beban

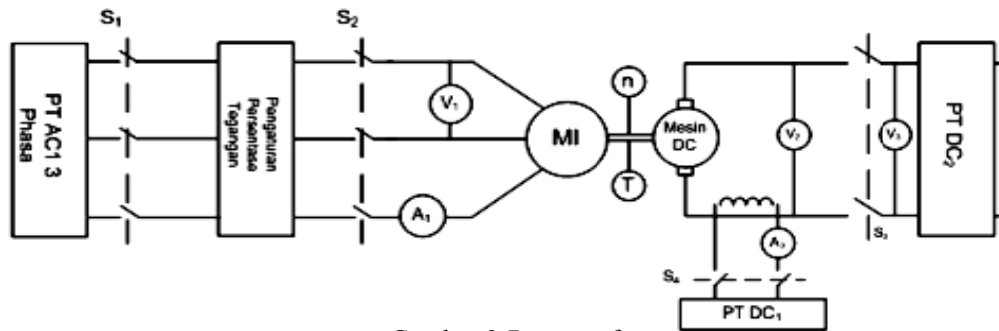
Pengujian yang dilakukan yaitu pengujian metode auto trafo yang akan dibandingkan hasilnya dengan pengujian metode soft starting. Pada Gambar 3.6 adalah rangkaian pengukuran metode soft starting.

1. Pengujian *Soft Starting*



Gambar 3.6 *Soft Starting*

2. Pengujian Motor Induksi Dengan Auto Trafo terlihat pada Gambar 3.7



Gambar 3.7 auto trafo

3.10 Langkah Kerja Penelitian

Langkah-langkah atau urutan kinerja dari pengujian metode soft starting yaitu pada saat di mulai, sistem akan menginisiasi settingan awal pada mikrokontroler. Kemudian pada LCD diatur waktu on dan waktu off untuk motor induksi. Setelah waktu diatur mikrokontroler akan menampilkan pada LCD waktu on dan waktu off. Disini waktu on di setting sesuai waktu yang kita inginkan, kemudian pada trippad akan mensetting waktu on untuk memerintahkan mikrokontroler menjalankan motor. Bila waktu on gagal maka nilai on dapat direset pada mikrokontroler dan disetting ulang. Bila data perintah benar maka pada tampilan LCD akan muncul nilai V, I dan RPM.