

PEMBUATAN SOFT STARTING DAN DYNAMIC BRAKING PADA MOTOR INDUKSI 1 FASA ½ HP DENGAN KAPASITOR BERBASIS MIKROKONTROLLER AT89S51

Ellam Riyadi
L2F 302 479

Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang

Abstrak

Motor induksi secara umum dapat distarting dengan menghubungkan motor secara langsung ke jala-jala ataupun dengan mengatur tegangan input pada motor tersebut. Bila motor induksi saat dihidupkan secara langsung akan menarik arus yang cukup besar. Arus mula yang besar ini dapat mengakibatkan drop tegangan pada saluran sehingga akan mengganggu peralatan lain yang dihubungkan pada saluran yang sama.

Dengan penggunaan metode soft starting, tegangan dan arus awal dapat dikurangi atau di atur. Metode ini menggunakan variabel tegangan yang dapat ubah dalam waktu sesaat. Jika pada waktu start, tegangan akan diatur dibawah tegangan nominal, sehingga arus motor saat starting akan rendah hingga akhirnya mencapai kecepatan dan tegangan nominalnya. Metode soft stater ini tersusun atas komponen SCR (Silicon Control Rectifier) dengan konfigurasi konverter AC-AC anti paralel yang pemicuannya dilakukan oleh sebuah mikrokontroler AT89S51

Untuk pengereman motor induksi satu fasa pada Tugas Akhir ini menggunakan pengereman dinamik (dynamic braking) yang efektif dilakukan dengan cara menginjeksikan arus dari tegangan searah pada kumparan motor setelah hubungan motor dilepaskan dari sumber tegangan bolak-balik yang memberikan torsi pengereman pada motor. Proses interlocking tegangan bolak-balik ke tegangan searah dikontrol oleh mikrokontroler AT89S51

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Secara umum motor induksi dapat distart dengan menghubungkan motor secara langsung ke rangkaian pencatu ataupun dengan cara *soft starting* yaitu dengan mengatur tegangan masukan atau *input* pada motor, sehingga arus awal motor tidak terlalu tinggi.

Terdapat beberapa metode *starting* untuk mengatur tegangan masukan antara lain dengan menggunakan tahanan primer (*primary-resistance stater*) ataupun dengan metode pengasutan autotransformator (*autotransformer stater*) yang tujuannya untuk menghindari arus pengasutan yang terlalu tinggi pada motor. Dari metode *staring* tersebut pengoperasiannya dilakukan secara manual ataupun secara magnetik. Untuk membuat *starting* secara elektronik diperlukan suatu perangkat elektronika daya yang dapat bekerja untuk mengatur tegangan. Pengaturan tegangan ini dapat dilakukan dengan cara memberikan sinyal picu SCR secara bergantian sehingga menciptakan suatu gelombang positif dan negatif. Sinyal sulut pada SCR ini dihasilkan oleh sebuah mikrokontroler AT89S51 yang merupakan rangkaian pengatur dari alat pengaturan tegangan ini.

Untuk pengereman putaran motor induksi satu fasa dapat dirancang secara dinamik yaitu dengan menginjeksikan tegangan searah pada kumparan motor setelah hubungan motor dilepaskan dari sumber tegangan bolak-balik. Pelepasan tegangan bolak-balik ke tegangan searah menggunakan relai yang bekerja secara *interlock* dengan dikontrol oleh mikrokontroler.

1.2 Tujuan

Tujuan yang hendak dicapai pada pembuatan tugas akhir ini adalah :

1. Mempelajari cara penggunaan mikrokontroler AT89S51 untuk memicu SCR pada pengasutan

atau *starting* motor induksi satu fasa.

2. Memahami prinsip kerja *soft starting* pada motor induksi satu fasa menggunakan komponen SCR (*Silicon Control Rectifier*)
3. Menguji dan menganalisa *soft starting* pada motor induksi satu fasa
4. Memahami prinsip kerja *dynamic braking* pada motor induksi satu fasa.

1.3 Pembatasan Masalah

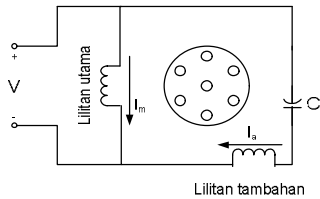
1. Mengulas respon motor induksi 1 fasa berkapasitas kecil ½ HP 220 V 1,7 A 50 Hz terhadap *soft starting* yang dilakukan dengan mengatur tegangan pada *input* dengan menggunakan mikrokontroler AT89S51
2. Perancangan rangkaian injeksi tegangan searah dan pelepasan dari sumber tegangan bolak balik dari pengereman motor induksi satu fasa.
3. Tidak membahas harmonisa
4. Beban motor nol

II. DASAR TEORI

2.1 Motor Induksi

Motor induksi satu fasa merupakan motor arus bolak-balik (AC) yang berfungsi sebagai penggerak. Secara struktural jenis yang paling umum dari motor induksi satu fasa adalah motor sangkar bajing. Motor induksi satu fasa sebenarnya tidak mempunyai torsi awal saat dihidupkan, tetapi bila lilitan stator satu fasa dieksitasi dan rotor diputar dengan alat pembantu, konduktor rotor akan memotong medan stator dan menyebabkan dibangkitkannya ggl dalam rotor tersebut. Alat pembantu yang digunakan untuk memutar rotor motor induksi satu fasa disesuaikan dengan torsi pada saat dihidupkan dan torsi pada saat bekerja yang diperlukan oleh beban. Kapasitor adalah alat pembantu yang digunakan untuk memisahkan fasa arus rotor

terhadap arus stator sebesar 90 derajat listrik, sehingga dinamakan motor jenis kapasitor seperti diperlihatkan pada gambar 2.1



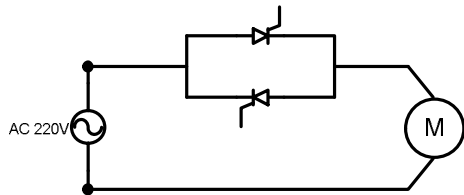
Gambar 2.1 Motor dengan kapasitor

Kecepatan motor induksi satu fasa sangat dipengaruhi oleh banyaknya kutub pada statornya dan frekuensi sumber tegangan yang dirumuskan sebagai berikut

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

2.2 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 supply 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. Pada gambar 2.2 adalah gambar rangkaian dasar *soft starting*:



Gambar 2.2 Rangkaian dasar *Soft Starting*

2.3 Dynamic Braking

Dynamic braking merupakan suatu cara pengereman dengan cara menginjeksikan arus searah pada kumparan stator sehingga akan mengembangkan medan stasioner untuk menurunkan tegangan pada rotor. Oleh karena kumparan rotor terhubung singkat, arus yang mengalir menghasilkan medan magnet. Medan magnet akan berputar dengan kecepatan yang sama dengan rotor tetapi dengan arah yang berlawanan untuk menjadikan stasioner terhadap stator. Interaksi medan resultan dan gerak gaya magnet rotor akan mengembangkan torsi yang berlawanan dengan torsi motor sehingga pengereman terjadi

Untuk mencapai torsi pengereman yang tinggi, belitan pada motor harus diberi eksitasi penuh. Intensitas pengereman pada eksitasi konstan tergantung dari arus yang diberikan pada armature dan dengan menentukan tahanan R_b . Untuk menghitung tahanan pada *dynamic braking* dapat

dicari dengan dasar penurunan tegangan pada armature (e.m.f motor)

$$E = I(R_{arm} + R_b) \quad (2.2)$$

Tahanan untuk *dynamic braking* adalah

$$R_b = \frac{E}{I} - R_{arm} \quad (2.3)$$

dimana :

E = tegangan pada saat *dynamic braking*

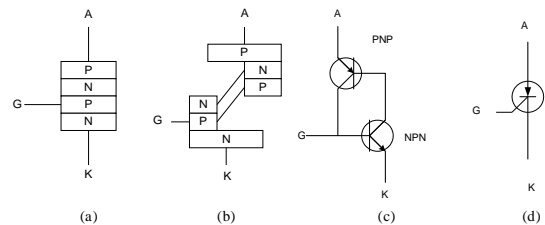
I = arus pada saat *dynamic braking*

R_{arm} = tahanan motor

R_b = tahanan *braking*

2.4 SCR (Silicon Controlled Rectifier)

SCR (*Silicon Controlled Rectifier*) adalah suatu komponen elektronika yang biasanya digunakan sebagai saklar. Salah satu keuntungan dari komponen ini adalah kemampuannya dalam mengalirkan daya ratusan watt hanya membutuhkan mili bahkan mikro watt sinyal picu Struktur SCR, pendekatan struktur PNPN terhadap transistor, susunan transistor yang membentuk SCR dan lambang dari SCR dapat dilihat pada gambar 2.3 dibawah ini



Gambar 2.3 Silicon Controlled Rectifier .

- (a) Struktur dasar
- (b) Struktur SCR yang didekatkan pada dua transistor.
- (c) Lambang dua transistor yang dibentuk oleh dua transistor .
- (d) Lambang SCR

2.5 Mikrokontroler AT89S51

Mikrokontroler ini mempunyai spesifikasi sebagai berikut: 4 kbytes *flash memory*, *in system programming (ISP)*, 32 I/O yang dapat diprogram, 128 x 8 bit RAM internal, 2 buah timer/counter 16 bit

Mikrokontroler berfungsi untuk mengatur keseluruhan proses pemucuan SCR dan sebagai pengatur proses *interlocking* saat *dynamic braking*

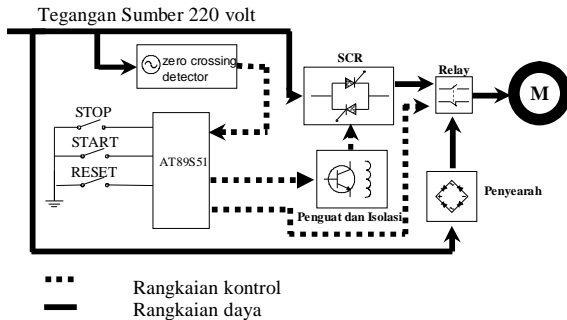
III. PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

3.1 Perancangan Perangkat Keras

Peralatan *soft starting* dan *dynamic braking* pada motor induksi satu fasa dibuat dengan spesifikasi sebagai berikut

Daya	: ½ HP
Tegangan sumber	: 200/220 Volt
Arus	: 1,7 Ampere
Kecepatan putar	: 3000 rpm

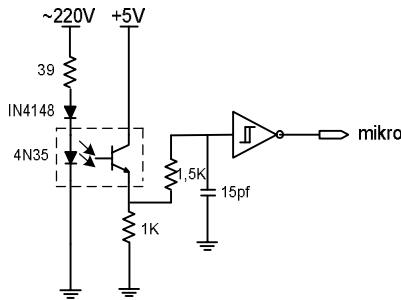
diagram kerja perangkat keras yang menggambarkan aliran kontrol dan aliran daya pada alat yang dibuat terdapat Gambar 3.1 dibawah ini



Gambar 3.1 Diagram kerja perangkat keras

3.1.1 Zero Crossing Detector

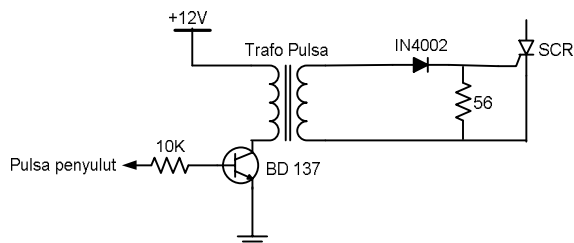
Zero crossing detector ini digunakan untuk mendeteksi seberangan nol (*zero crossing*) pada gelombang sinus AC 220 Volt. Seberangan nol yang dideteksi adalah peralihan dari positif menuju negatif dan peralihan dari negatif menuju positif.



Gambar 3.2. Skema rangkaian deteksi frekuensi jala-jala

3.1.2 Rangkaian Isolasi dan Penguat

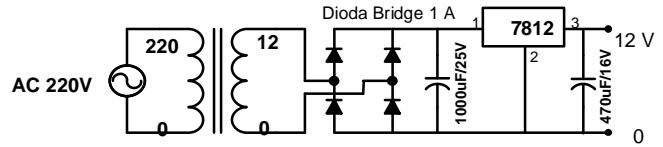
Alat ini bekerja dengan menggunakan trafo isolasi. Trafo isolasi sebenarnya adalah sebuah trafo pulsa yang berfungsi untuk menyulut SCR sekaligus memisahkan dengan tegangan jala-jala. Penyulutan SCR yang diberikan mikrokontroler dengan periode kecil kemudian akan diumpangkan ke komponen trafo isolasi (trafo pulsa) yang terlebih dahulu dikuatkan oleh transistor BD137, seperti diperlihatkan pada gambar 3.3



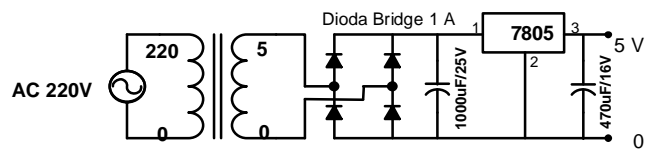
Gambar 3.3. Rangkaian pada trafo isolasi

3.1.3 Penyearah (Rectifier)

Rangkaian penyearah gelombang penuh dengan menggunakan transformator step down pada gambar 3.4 menghasilkan tegangan fasa ke netral 12 Volt, yang digunakan untuk menyuplai rangkaian isolasi dan penguat, sedangkan pada gambar 3.5 menghasilkan tegangan fasa ke netral sebesar 5 Volt yang digunakan untuk menyuplai mikrokontroler dan rangkaian *Zero Crossing detector*.



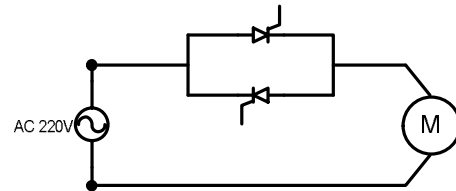
Gambar 3.4 Catu daya 12 V



Gambar 3.5 Catu daya 5 V

3.1.4 Rangkaian dasar Soft Starting

Pada rangkaian *soft starting* yang dirancang, SCR yang digunakan adalah BT 151 dengan spesifikasi teknik $V_{RRM} - 500-800$ V, $I_{T(RMS)} = 12$ A, $I_{T(AV)} = 7,5$ A, struktur dasar dari untuk *soft starting* dapat dilihat pada gambar 3.6

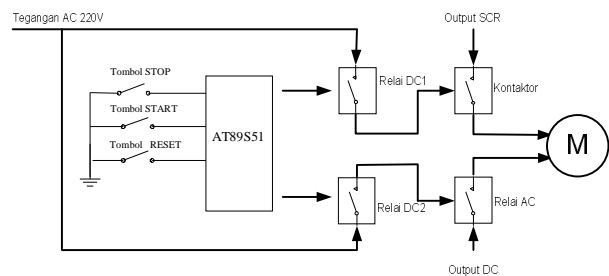


Gambar 3.6 Rangkaian SCR converter AC-AC anti parallel

Dua SCR yang disusun dalam konverter AC-AC anti paralel memungkinkan untuk menambah atau mengurangi tegangan dan arus pada motor dengan mengubah sudut pemicuan yang mana sinyal pemicuan dikontrol oleh mikrokontroler AT89S51.

3.1.5 Rangkaian Dynamic Braking

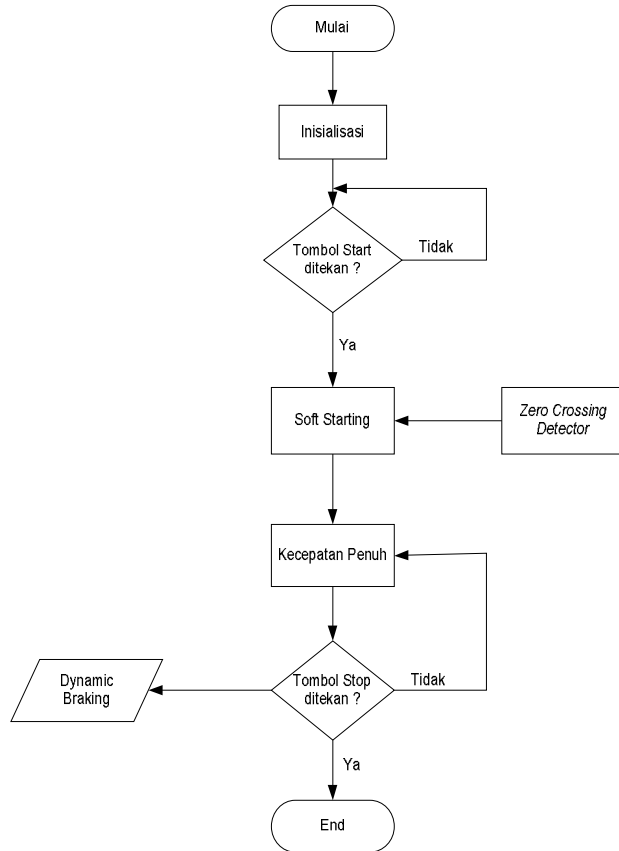
Pengereman secara dinamik dilakukan dengan cara menginjeksikan arus dari suatu sumber tegangan searah pada belitan motor, setelah serangkaian stator motor dilepaskan dari sumber tegangan bolak-baliknya. Pada gambar 3.7 diperlihatkan kerja dari relai saat pengereman. Antara relai DC1 dan relai DC2 bekerja secara *interlocking*



Gambar 3.7 Diagram kerja relai

3.2 Perancangan Perangkat Lunak

Sebelum melakukan pemrograman, terlebih dahulu dibuat *flowchart* dari pembuatan *soft starting* dan *dynamic braking*



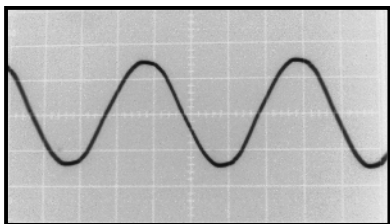
Gambar 3.8 *Flowchart* program *soft starting* dan *dynamic braking*

Dari *flowchart* di atas, maka dapat dibuat program dalam bahasa *assembly* yang akan diisikan ke mikrokontroler.

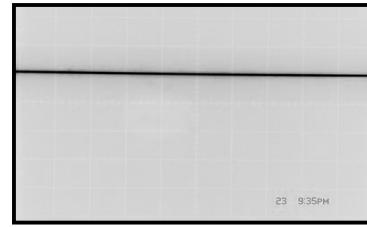
IV. PENGUJIAN DAN ANALISA

Pengujian Sumber Tegangan

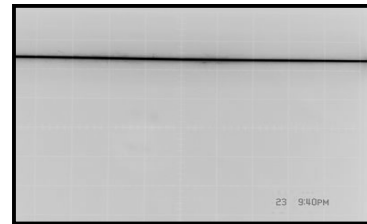
Pengujian sumber tegangan dengan menggunakan osiloskop menghasilkan keluaran seperti pada gambar berikut:



Gambar 4.1 Gelombang sumber tegangan rangkaian daya (220 Vac)



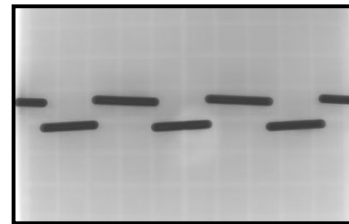
Gambar 4.2 Keluaran penyearah gelombang penuh (5 volt)



Gambar 4.3 Keluaran penyearah gelombang penuh (12 volt)

Pengujian *Zero crossing detector*

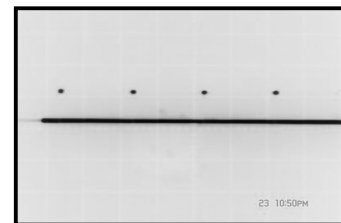
Zero crossing detector dimaksudkan untuk mengetahui seberangan dari positif menuju negatif dan peralihan dari negatif menuju positif. Mikrokontroler akan mendeteksi sebrangan dari positif ke negative tersebut.



Gambar 4.4. Keluaran gelombang *zero crossing detector*

Pengujian keluaran mikrokontroler

Salah satu fungsi mikrokontroler AT89S51 yang digunakan adalah untuk menghasilkan sinyal kontrol yang berupa sinyal pemicuan yang akan mengontrol SCR. Dengan adanya pengaturan pemicuan pada SCR, sehingga arus awal pada motor induksi satu fasa dapat dibatasi

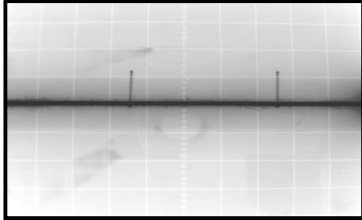


Gambar 4.5 Sinyal keluaran Mikrokontroler

Pengujian Keluaran Penguat dan Isolasi

Besar tegangan puncak sinyal keluaran Mikrokontroler adalah 5 Volt dan besarnya arus berkisar sekitar 10 mA. Sedangkan SCR akan berfungsi sebagai saklar bila tegangan dan arus pemicu dioperasikan pada daerah saturasi (untuk tipe SCR

BT 151) adalah 10 – 12 Volt dan arus transien berkisar 0,1 A. Untuk keperluan tersebut sinyal harus ditingkatkan untuk memenuhi kriteria pemacu SCR yang digunakan, sehingga perlu adanya penguat sinyal.

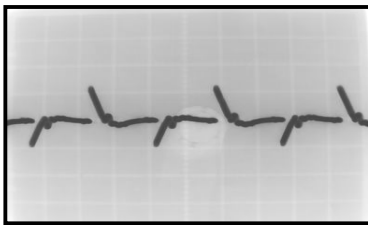


Gambar 4.6 Sinyal keluaran isolator dan penggerak SCR

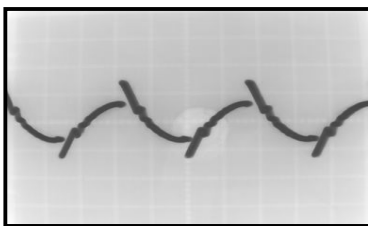
Pengujian Soft Starting

Untuk menguji *soft starting* pada tugas akhir ini adalah dengan melihat sinyal keluaran dari SCR dengan osiloskop. Pada tugas akhir ini *soft starting* yang dirancang adalah selama 20 detik. Untuk menguji bagaimana sinyal keluaran yang dihasilkan dan besarnya arus starting pada motor induksi satu fasa ini dilakukan serta membandingkannya dengan *soft starting* selama 5 dan 10 detik.

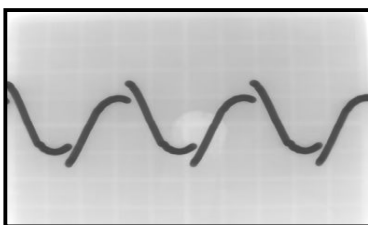
Pengujian Starting 20 detik



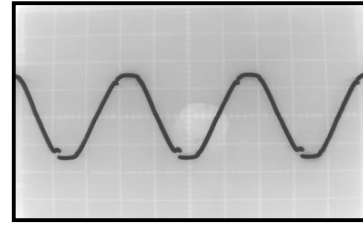
(a) Detik ke-5



(b) Detik ke-10



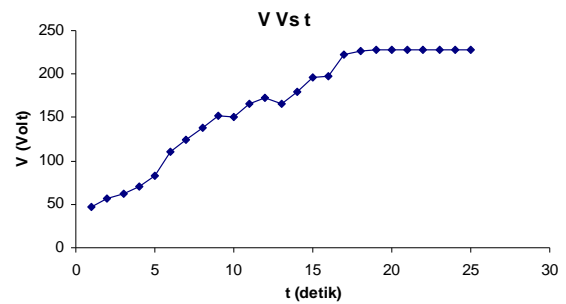
(c) Detik ke-15



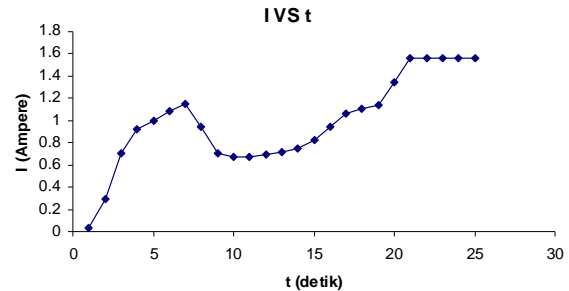
(c) Detik ke-20

Gambar 4.7 Tahapan pemenuhan sinyal sinus pada *starting* 20 detik

Dari pengukuran tegangan dan arus pada *starting* 20 detik didapat sebuah grafik perbandingan dari V vs t dan I vs t



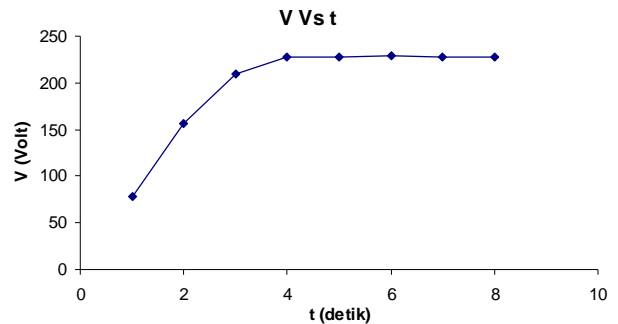
Gambar 4.8a Grafik V vs t pada periode *starting* 20 detik



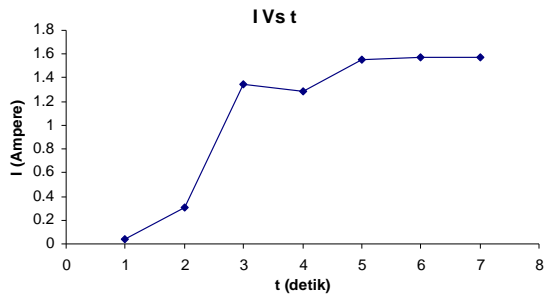
Gambar 4.8b Grafik I vs t pada periode *starting* 20 detik

Pengujian Starting 5 detik

Dari pengukuran tegangan dan arus pada *starting* 5 detik didapat sebuah grafik perbandingan dari V vs t dan I vs t



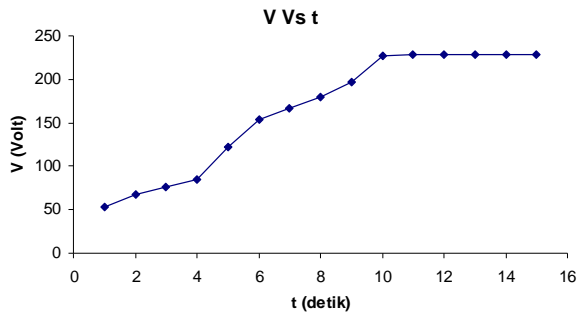
Gambar 4.9a Grafik V vs t pada periode *starting* 5 detik



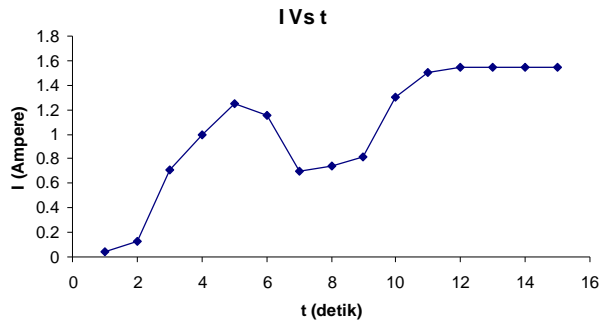
Gambar 4.9b Grafik Ivs t pada periode *starting* 5 detik

Pengujian *Starting* 10 detik

Dari pengukuran tegangan dan arus pada *starting* 10 detik didapat sebuah grafik perbandingan dari V vs t dan I vs t



Gambar 4.10a Grafik V vs t pada periode *starting* 10 detik



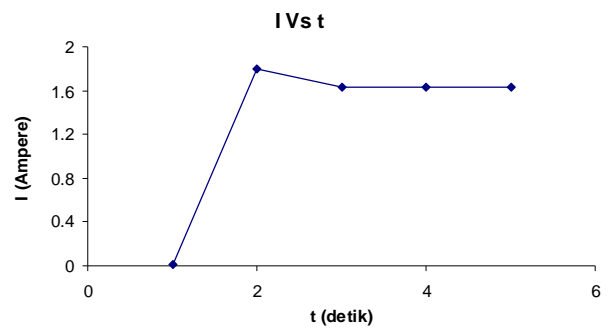
Gambar 4.10b Grafik I vs t pada periode *starting* 10 detik

Pengujian *Starting* DOL (*Direct On Line*)

Metode *starting* DOL (*Direct On Line*) merupakan metode *starting* yang menghubungkan secara langsung sumber tegangan jala-jala. Dari hasil pengukuran motor induksi satu fasa didapat hasil sebagai berikut:

Tabel 4.4 Data pengukuran *Starting* DOL:

Ist	Iss	Vst	Vss	RPM
1.80	1,63	228	228	2945



Gambar 4.11 Grafik I vs t pada periode *starting* DOL

Pengujian *Dynamic Braking*

Pengujian *dynamic braking* pada motor induksi satu fasa dilakukan dengan memberikan injeksi arus searah pada motor hingga terjadi pengereman. Lamanya injeksi arus searah tergantung dari besarnya injeksi arus searah tersebut

Tabel 4.5 Perbandingan waktu pengereman

Idc (Ampere)	Waktu Pengereman (detik)	Waktu Motor Berhenti (detik)
0,43	0,2	5,4
0,43	0,4	4,8
0,43	0,6	3,7
0,43	0,8	1,9
0,43	1	1

Tabel 4.6 Motor tanpa pengereman

Idc (Ampere)	Waktu Motor Berhenti (detik)	Keterangan
0	6,2	Tanpa pengereman

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN

Dari hasil pengujian dan analisa tugas akhir dengan judul Pembuatan *Soft Starting* dan *Dynamic Braking* Pada Motor Induksi 1 Fasa ½ HP Dengan Kapasitor Berbasis Mikrokontroler AT89S51 maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Perangkat keras dan perangkat lunak untuk kendali *soft starting* motor induksi 1 fasa yang telah dibuat mampu mengatur sudut pemucuan sehingga pada saat *soft starting*, arus awal motor induksi 1 fasa ½ HP dapat diatur kurang dari arus nominalnya, sedangkan tanpa *soft starting* mempunyai arus awal 1,8A
2. Lamanya waktu *starting* mempengaruhi arus awal pada motor, jika dibandingkan waktu *starting* antara 5 dan 10 detik, dapat terlihat bahwa *starting* 20 detik mempunyai arus awal yang terendah

3. Pada saat pengereman dinamik (*dynamic braking*), lamanya motor berhenti tergantung dari besarnya arus dc yang diinjeksikan pada motor.
4. Arus dc yang diinjeksikan pada motor sebesar 0,43 A dengan lamanya injeksi sekitar satu detik sehingga motor langsung berhenti.

5.2 Saran

- 1 Untuk *hardware* yang sama dapat ditambahkan sensor kecepatan yang dapat menampilkan kecepatan dari motor
- 2 Tugas akhir ini dapat dikembangkan lagi dengan mengaplikasikannya pada jenis motor lain atau tetap sama dengan motor induksi 1 fasa yang berkapasitas besar.

DAFTAR PUSTAKA

- [1], *Thyristor and Triac*, Philips Semiconductors, 1999.
- [2] Agfianto Eko Putra, *Belajar Mikrokontroler AT89C51/52/55 (teori dan aplikasi)*, Penerbit Gava Media, 2002.
- [3] A.E Fitzgerald, Charles Kingsley Jr, Stephen D Umans, Ir. Djoko Achyanto, Msc.EE, *Mesin-mesin Listrik*, Erlangga 1992
- [4] B.L. Theraja, *Electrical Technology*, Nirja Construction & Dev. Co. Ltd, 1980.
- [5] Drs. Parsumo R, *Elektronika Daya*, Politeknik Negeri Semarang, 1997.
- [6] Eugene C. Lister, Ir. Drs. Hanapi Gunawan, *Mesin dan Rangkaian Listrik 6th*, Erlangga 1988
- [7] Frank D Petruzella, *Industrial Electronics*, Mc Graw-Hill 1996
- [8] <http://www.atmel.com>.
- [9] M. Rashid, *Power Electronics Circuit, Device, and Application 2nd*, Prentice-Hall International Inc, 1988.
- [10] M. Chilikin, *Electric Drive*, Mir Publisher, Moscow 1970
- [11] M.V. Deshpande, *Electric Motor, Application and Control*, Y.P Chopra for A.H. Wheeler&Co.Ltd, 1990
- [12] Paulus Andi Nalwan, *Panduan praktis Teknik Antarmuka dan Pemrograman Mikrokontroler AT89C51*, Elek Media Komputindo, Jakarta, 2003.
- [13] Theodore Wildi, *Electrical Machines, Drives and Power Systems 3rd*, Prentice Hall Inc, New Jersey, 1997.
- [14] Vedam Subrahmanyam, *Electric Drives Concept and Application*, Tata Mc Graw- Hill Publishing Company Limited New Delhi
- [15] Zuhail, *Dasar Tenaga Listrik Dan Elektronika Daya*, Gramedia, 1995.

Menyetujui / mengesahkan:
Pembimbing

Pembimbing I

Pembimbing II

Ir Agung Warsito, DHET
NIP. 131 668 485

Mochammad Facta, ST. MT
NIP. 132 231 134



Ellam Riyadi L2F302479

Mahasiswa Jurusan Teknik Elektro,
Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
Semarang, dengan pilihan konsentrasi
Tenaga Listrik