

# PERANCANGAN SOFT STARTING MOTOR INDUKSI TIGA FASA DENGAN POWER ELEKTRONIK MENGGUNAKAN *SILICON CONTROLLED RECTIFIER (SCR)*

Tjahja Odianto

Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri-ITATS  
tjahjaodianto@yahoo.com

## Abstrak

Aplikasi dari bidang elektronika daya di industri sangat luas, antara lain mencakup bidang speed control motor untuk keperluan power supply DC, power supply AC, lighting control (dimmer) dan lain-lain. Salah satu aplikasinya adalah metode memperkecil arus start motor induksi. SCR adalah salah satu switch elektronika yang cukup banyak digunakan di industri. Pada penelitian ini SCR difungsikan sebagai saklar yang dibentuk seperti metode Y- $\Delta$  sehingga nantinya memperkecil arus start pada motor induksi. Dengan SCR dapat menghilangkan efek bunga api yang biasa terjadi pada kontaktor yang akan mempengaruhi komponen-komponen yang terhubung dengannya dari aspek pengaruh fisik lainnya. Dengan metode ini, untuk motor induksi 0,5 pk dapat diperoleh arus start 2,2 Amp. Dengan menggunakan komponen alat elektronika daya pada era teknologi sekarang akan memberikan banyak keuntungan baik dari segi teknis maupun ekonomis.

**Kata Kunci :** SCR, Soft Starting, Power elektronik.

## Abstract

Application from area electronics power at industrial very vast, among others include area speed control motor for power supply dc, power supply ac, lighting control (member) and others. one of thy the application method decries current start induction motor. SCR one of the switch electronics quite a lot used at industrial. in this skripsi is SCR functioned as electric switch that formed to like method Y- $\Delta$  so that later decry current start in induction motor. With SCR can cause the loss of fireworks effect usually happen in contactor that will influence than components linked with him either from another physical influence aspect. and by using power electronics tool component in this technology era so will give many profits either from technical aspect and economical aspect.

**Keyword:** SCR, Soft Starting, Electronic power.

## Latar Belakang Masalah

Pada masa ini banyak Industri yang bermunculan, dimana dari industri-industri tersebut banyak menggunakan motor sebagai penggerak mesin-mesin produksi. Motor yang banyak digunakan yaitu motor induksi rotor sangkar yang berdaya besar.

Terutama pada kondisi saat start, motor memerlukan daya yang besar karena arus startnya tinggi sekali walaupun terjadi pada waktu yang cukup singkat. Arus yang besar dapat diperkecil sehingga daya yang terjadi semakin kecil dengan tanpa mengesampingkan kelancaran kerja motor itu sendiri.

Dari sekian banyak sistem start motor yang ada, yang paling banyak digunakan adalah :

- Sistem start motor star-delta dengan menggunakan power elektronik.
- Sistem start motor star-delta dengan menggunakan cara manual.
- Sistem start motor dengan menggunakan tahanan.
- Sistem start motor dengan menggunakan auto transformator.

Dari keempat sistem start motor tersebut masing-masing memiliki kelebihan dan kekurangan baik secara teknis maupun ekonomis.

Sasaran skripsi ini adalah untuk merancang suatu alat bantu starting pada motor induksi tiga fasa dengan menggunakan rangkaian power elektronik berupa Silikon Controlled Rectifier (SCR) yang nantinya akan dapat diperoleh starting motor yang halus, kerugian daya yang kecil dan dapat meningkatkan faktor daya.

## PERUMUSAN MASALAH

Sehubungan dengan hal ini yang telah dikemukakan diatas, maka permasalahan pada system pengaturan motor AC yang menggunakan sistem star-delta dengan cara manual akan memiliki arus start 4-7 kali arus nominalnya, oleh karena itu dengan menggunakan SCR (Silikon Controlled Rectifier) diharapkan bias membatasi arus start motor dan dapat menghasilkan putaran motor yang halus pada saat start. Pada saat start secara manual pada motor 3 fasa, 0,5 hp diperoleh sebesar 2,5 Ampere.

## BATASAN MASALAH

Dalam penyusunan dan pembahasan skripsi ini akan dilakukan pembatasan-pembatasan masalah agar didalam pembahasan tidak menyimpang dari inti masalah maka dalam skripsi ini ditekankan pada perencanaan dan pembuatan alat soft starting motor dengan menggunakan

SCR dan batasan motor yang digunakan yaitu motor induksi 3 fasa, 0,5 hp.

**TUJUAN**

Adapun tujuan dari pembahasan proposal skripsi yang saya ajukan ini yaitu untuk memperkecil arus start yang terjadi pada motor induksi pada waktu motor starting.

**RELEVANSI**

Dengan selesainya pembuatan skripsi ini, maka diharapkan dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat dipergunakan pada industri yang menggunakan motor sebagai penggerak mesin produksi untuk menggunakan system start motor yang paling ekonomis dan efisien.

**TINJAUAN PUSTAKA**

Pemakaian motor induksi pada berbagai industri sangatlah umum dikarenakan oleh berbagai keunggulan yang dipunyai oleh motor tersebut. Sedangkan pengaturan untuk kecepatan putarnya dapat dilakukan dengan berbagai cara, dalam pembahasan kali ini yaitu menggunakan cara pengaturan motor dengan menggunakan frekuensi dari tegangan yang dicatukan pada motor. Untuk pengendalian dari tegangan yang dicatukan pada motor digunakan suatu rangkaian inverter dengan teknik sinusoidal pulse with modulation. (wirawan, 1999)

Pengaturan motor induksi dapat dilakukan dengan menggunakan beberapa metode control, namun control konvensional seperti PI (proporsional integral) atau PID (proporsional integral differensial) sering menimbulkan kesulitan dalam pemodelan matematis. Skripsi ini akan

**METODE YANG DIPAKAI**

Metode yang dipakai dalam program tugas akhir ini adalah mengadakan percobaan panel control pada motor induksi 3 fasa di laboratorium Konversi Energi listrik yaitu :

1. Mengaplikasikan motor induksi 3 fasa.

meneliti mengenai pengaturan putaran motor induksi dengan menggunakan fuzzy. Sedangkan dasar pemikirannya berdasarkan pada konsep fuzzy yang tidak menuntut pemodelan matematis yang dalam kenyataannya cukup rumit, namun berdasarkan informasi dari operator yang sudah berpengalaman. (Sulistyantoro, 1997).

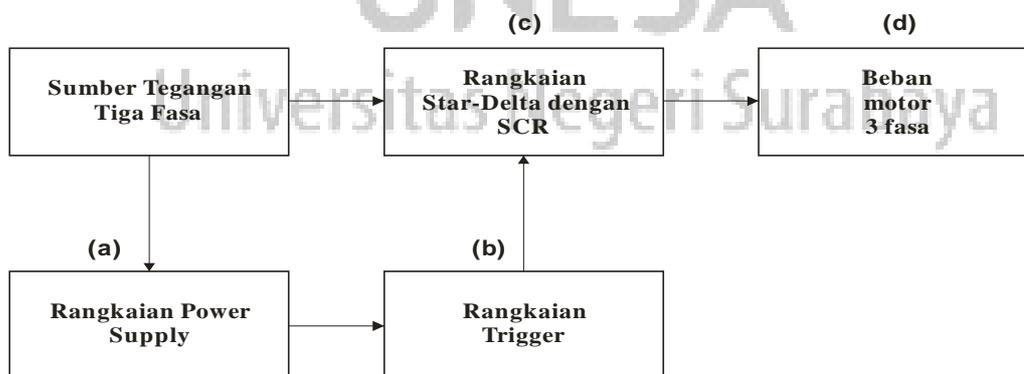
Aplikasi dari bidamng elektronika daya diindustri sangat luas, salah satunya yaitu untuk pengturan arus exitasi pada generator sinkron. Tugas akhir ini membuat dan merancang soft switching yaitu dengan menggunakan transistor. Soft swichng ini digunakan sebagai arus masuk dan diharapkan dapat mengurangi efek bunga api yang disebabkan karena adanya gesekan dari saklar kontraktor. Dengan menggunakan soft swiching ini akan banyak memberikan keuntungan baik dari segi teknis maupun dari segi ekonomis. (Soedjarwo, 2001)

Thyristor merupakan salah satu tipe devais semikonduktor daya yang paling penting dan telah digunakan secara ekstensif pada rangkaian elektronika daya. Thyristor biasanya digunakan sebagai saklar,beroperasi antara keadaan non konduksi ke konduksi dan memiliki batasan dan karakteristik tertentu. (Rashid, 1999).

Pengontrolan tegangan AC, yaitu dimana sebuah saklar thyristor dihubungkan antara sumber AC dan beban. Aliran daya dapat dikontrol oleh variasi nilai rms dari tegangan AC yang dipakai oleh beban. Jenis pengontrol ini disebut sebagai rangkaian pengontrol tegangan AC. Aplikasi yang sering digunakan yaitu: Pemanas industri, pengubah tab pada trafo beban, control lampu, pengontrol kecepatan motor induksi, dan pengontrol magnet AC. Pada pengontrol tegangan AC ini ada dua jenis pengontrol yang biasa digunakan : kontro on-off dan kontrol sudut fasa. (Rashid, 1993).

2. Pembuatan panel pengasutan bintang segi tiga dengan secara power elektronik menggunakan Silikon Controlled Rectifier.

Sistem pengoperasian panel control :



Gambar Blok diagram Sistem

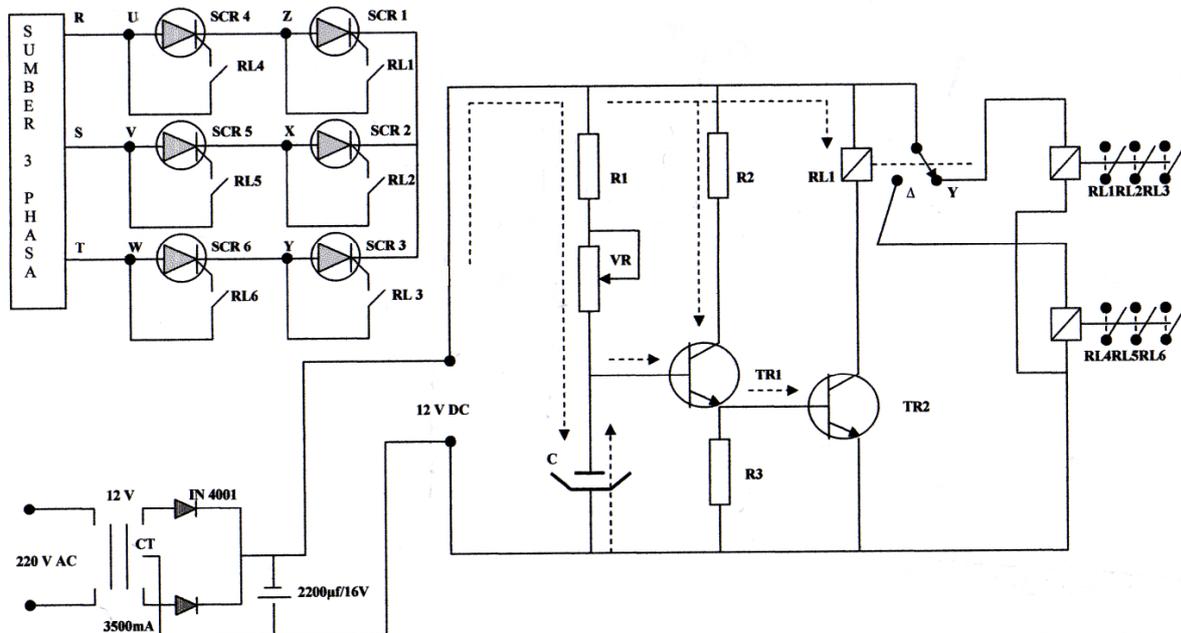
Penjelasan dari gambar berikut :

- 1) Sumber tegangan tiga fasa R-S-T 380 V dihubungkan pada kotak utama kontaktor 1, kontaktor 2, kontaktor 3.
- 2) Blok (a), merupakan rangkaian power supply yaitu rangkaian yang menghasilkan output DC yang diperlukan oleh rangkaian control timer trigger SCR sebesar 12V DC.
- 3) Blok (b), merupakan rangkaian control timer trigger SCR yaitu rangkaian control waktu penyulutan di SCR. Pada rangkaian ini waktu yang dibutuhkan untuk memindahkan rangkaian Y ke  $\Delta$  dapat diatur dengan cara mengatur besarnya arus yang mengalir ke kapasitor dengan variable resistor atau mengatur besarnya kapasitas dari kapasitor.
- 4) Blok (c), merupakan rangkaian control SCR Y- $\Delta$  yaitu rangkaian utama untuk mengatur motor agar

arus startnya dapat diperkecil. SCR dirangkai sedemikian rupa sehingga menyerupai rangkaian metode Y- $\Delta$ . Rangkaian ini membutuhkan tegangan AC 220 V tiga fasa pada kedua terminal utama (MT1 dan MT2) dan baru bekerja mengalirkan arus bila gate dari SCR telah disulut.

- 5) Blok (d), merupakan beban sebuah motor 3 fasa yang akan diperkecil arus startnya dengan menggunakan rangkaian star-delta dengan elektronika daya.

a) Perencanaan Sistem Komponen Yang Digunakan



Gambar Rangkaian Perencanaan Komponen

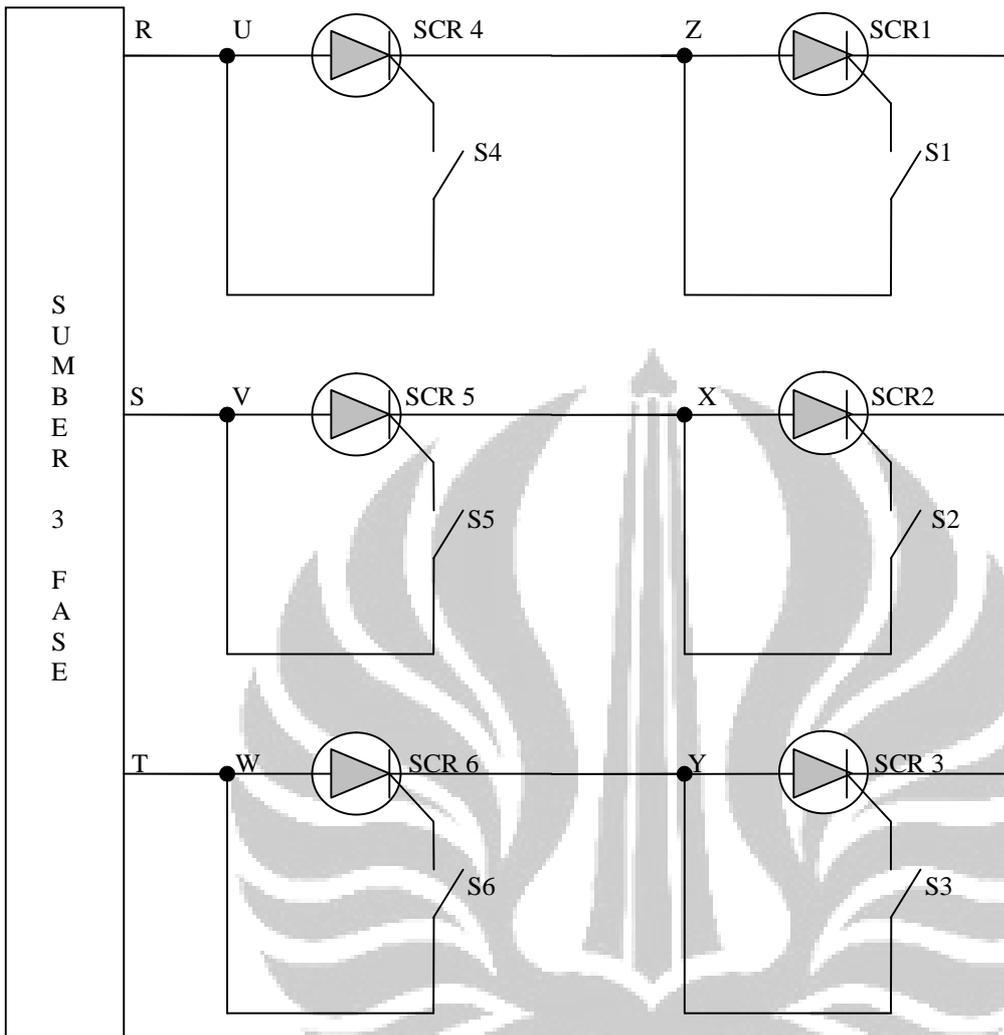
**DATA MOTOR INDUKSI**

Motor yang dipergunakan adalah motor induksi 3 fasa. Merupakan motor jenis rotor sangkar. Kapasitas dari motor sebesar 3 HP. Motor ini akan diperkecil arus startnya dengan menggunakan rangkaian diatas.

Berikut spesifikasi motor tersebut:  
 Output : 0,5 HP: 0,373 KW

RPM : 1400 rpm/min  
 Volt : 220/380 V  
 F : 50 HZ  
 Amps : 1,9 / 1,1 A  
 Cont :  $\Delta$  / Y  
 Jumlah kutup ( p ) = 2 pasang

## 1. Rangkaian start delta dengan menggunakan SCR



Gambar Rangkaian star delta dengan SCR

Sumber tegangan 3 fasa dari PLN akan dimanfaatkan oleh rangkaian ini, setelah gate dari SCR telah disulut dengan tegangan. Rangkaian ini adalah rangkaian utama karena rangkaian ini yang difungsikan untuk menggantikan peralatan mekanik berupa kontaktor. Rangkaian ini terdiri dari 6 buah SCR dengan ukuran 10P46M NEC 10A/600V yang disusun seperti gambar diatas.

Secara prinsip kerja dari rangkaian pada gambar 3.3 adalah sebagai berikut, apabila sumber tegangan 3 fasa telah terhubung pada rangkaian dan rangkaian control trigger SCR telah di ON kan maka SCR yang disusun sesuai dengan susunan "Y" akan langsung ON karena gate SCR telah diberi tegangan langsung. Maka beban motor bekerja pada arus start yang telah diperkecil. Benerapa detik kemudian penyulutan gate akan berpindah pada rangkaian susunan "Δ" dan secara otomatis rangkaian yang pertama OFF dan yang kedua ON sehingga beban motor bekerja pada putaran dan arus nominal. Penggunaan SCR pada skripsi ini disesuaikan

dengan kapasitas pembebanan dari motor. Untuk itu SCR yang dipergunakan mempunyai kapasitas daya maksimal 0,5 HP. Ini dimaksudkan untuk menghindari kerusakan pada SCR bila dibebani lebih.

### Rangkaian Power Suplay

Rangkaian power supply ini cukup sederhana hanya terdiri dari beberapa komponen yakni trafo, dioda dan kapasitor. Berikut ini sekilas tentang komponen-komponen tersebut.

#### a). Transformator

Tranformator adalah alat yang berfungsi meneruskan energi listrik dari satu rangkaian ke rangkaian yang lain dengan besaran tegangan atau arus berubah tetapi frekuensinya tetap dengan prinsip induksi elektro magnetic. Tranformator yang dipergunakan pada tugas akhir ini adalah tranformator tap tengah (centre tap transformator) yaitu trafo yang mempunyai tiga keluaran dari sekunder ke beban yaitu 2 buah tegangan supply dan 1 tap tengah. Penggunaan trafo

ini untuk mendapatkan tegangan keluaran ke beban yang mempunyai gelombang yang penuh. Sesuai dengan fungsinya trafo pada rangkaian ini akan berfungsi merubah besaran listrik AC 220 V menjadi 12V DC yang dipergunakan untuk rangkaian timer.

b). Dioda

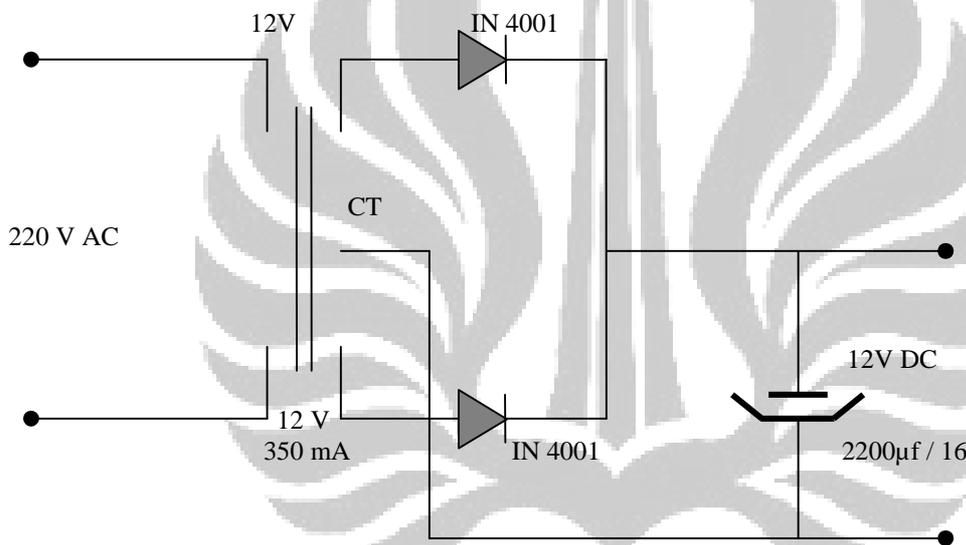
Piranti semi konduktor dua electrode yang mempunyai electrode tipe P dan electrode tipe N disebut dioda semi konduktor, dioda junction (sambungan), penyearah semi konduktor. Sesuai dengan fungsinya dioda pada rangkaian ini adalah untuk menyearahkan tegangan yang keluar dari trafo. Dioda yang dipergunakan ada dua. Keluarannya akan berbentuk fullwave atau gelombang penuh karena menggunakan trafo tap tengah dan keluaran ini yang nantinya akan dibuat DC murni dengan menggunakan filter (kapasitor).

c). Kapasitor.

Kapasitor merupakan alat penyimpan muatan listrik yang dibentuk dari permukaan (piringan) yang berhubungan, tetapi dipisahkan oleh suatu penyekat. Kapasitor pada rangkaian ini akan difungsikan sebagai filter yang membuat keluaran dari trafo lebih murni DC, sehingga dapat dipergunakan dengan baik. Dari penjelasan komponen-komponen tersebut maka diperlukan beberapa komponen antara lain:

- Trafo CT = 350 mA/ 220 Volt ,
- Keluaran DC = 12V
- Dioda = 2 buah tipe IN4001 ,
- Kapasitor = 220 µF / 16 V

Yang kemudian disusun seperti pada gambar dibawah ini.



Gambar Rangkaian Power Supply

Table Pengujian Rangkaian Power Supply

NO	TEGANGAN INPUT	TEGANGAN OUTPUT
1	220 V	12 V
2	220 V	12 V
3	220 V	12 V

**Rangkaian Control Timer Trigger**

Sumber tegangan yang telah disearahkan sebesar 12 V DC dipergunakan oleh rangkaian ini. Rangkaian control timer trigger SCR ini merupakan rangkaian yang berfungsi mengendalikan rangkaian Star-Delta pada saat beroperasi, dimana waktu pentriggeran SCR akan ditentukan oleh besarnya arus yang melewati basis transistor dengan mengatur besarnya tahanan dengan potensiometer dari pengisian kapasitor.

Beberapa komponen yang dipergunakan adalah tahanan (resistor), variabel resistor, kapasitor transistor NPN dan relay. Berikut penjelasan tentang komponen tersebut :

1. Relay

Relay adalah komponen yang terdiri dari kumparan dan kontak-kontak Bantu yang fungsinya dapat membuka dan menutup apabila relay diberi tegangan. Relay pada skripsi ini difunrsikan untuk

mempermudah penyalan SCR secara bersamaan pada waktu yang sama. Sehingga SCR dapat disulut secara bersamaan.

2. Resistor dan varibel resistor.

Fungsi utama dari resistor yaitu memperkecil arus yang melewatinya. Dirangkaian ini resistor / tahanan akan difungsikan sebagai alat untuk memperkecil arus. Ada beberapa resistor yang menentukan besarnya arus yang lewat ke basis transistor sehingga mempengaruhi kecepatan pengisian dari kapasitor.

3. Transistor.

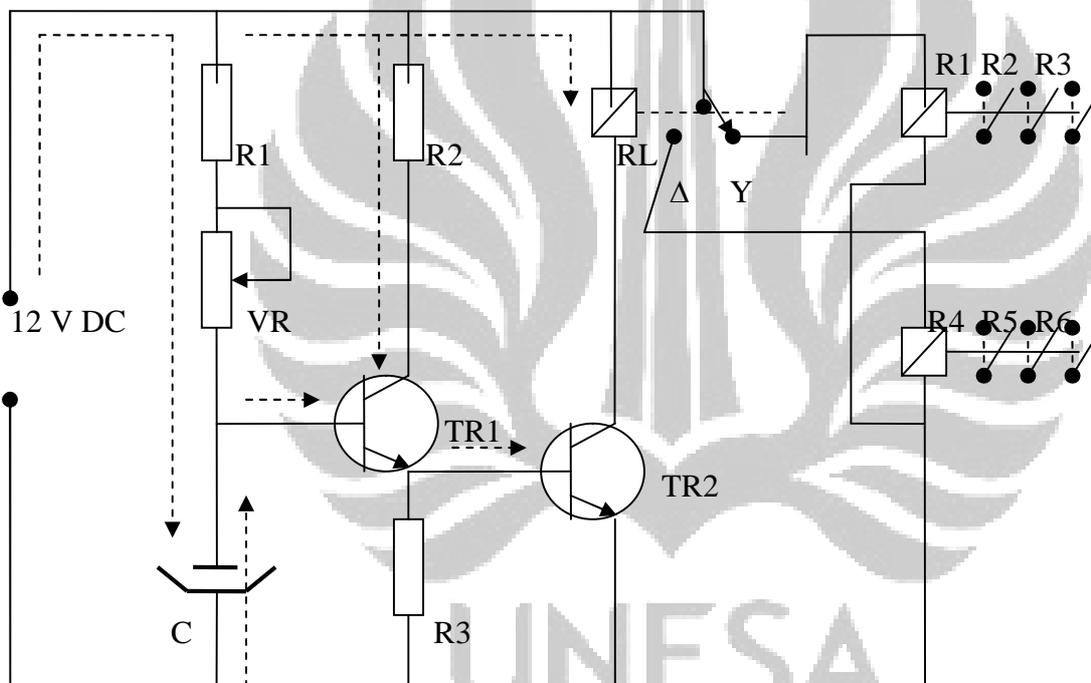
Transistor adalah piranti semi konduktor yang dapat menguatkan arus atau tegangan. Sesuai fungsinya pada rangkaian ini akan menguatkan arus dan tegangan yang lewat sehingga dapat menggerakkan relay. Transistor yang dipergunakan jenis NPN 2

buah sehingga akan memberikan penguatan yang cukup pada relay untuk menggerakkan kontaknya.

Dari penjelasan beberapa komponen tersebut, maka dibutuhkan beberapa komponen antara lain:

- a. Resistor :
  - ✓ 1 buah 480 K $\Omega$
  - ✓ 2 buah 1 K $\Omega$
- b. Transistor :
  - ✓ 1 buah tipe NPN 1815
  - ✓ 1 buah NPN C139
- c. Capacitor 1 buah ukuran  $\mu\text{F} / 16 \text{ V}$
- d. Potensiometer 1 buah ukuran 100 k $\Omega$
- e. Relay tipe 12 V DC

Kemudian setelah didapatkan beberapa komponen tersebut lalu komponen dirangkai seperti gambar dibawah ini.



Gambar Rangkaian control timer trigger

Prinsip kerja rangkaian, apabila rangkaian telah diberi sumber tegangan maka arus akan mengalir dan saat itu kapasitor sedang mengisi. Apabila tegangan pada Vc kapasitor sudah lebih besar dari tegangan Vc transistor 1

maka arus mengalir ke basis TR1. kemudian arus keluar dari TR1 dikuatkan lagi oleh TR2 yang kemudian relay menarik kontak.

Table Pengujian rangkaian timer trigger SCR

NO.	POSISI POTENSIOMETER	WAKTU PERPINDAHAN Y ke $\Delta$ (detik)
1	0 ( MINIMUM )	1
2	50 ( SETENGAH )	2
3	100 ( MAKSIMUM )	4

## Data Pengujian Alat Soft Starting Motor Induksi 3 Fasa

Tabel Data hasil pengujian

PENGUJIAN RANGKAIAN Y - Δ TANPA BEBAN							
KONDISI TIMER (%)	Y		Δ		Y - Δ		RPM
	Is	In	Is	In	Is	In	
100	1,6	0,5	4,2	1,2	2,2	1,2	1400

Perhitungan arus start motor induksi berdasarkan data pada motor .

Data motor ;

Tegangan ( E ) : 220 / 380 Volt

Arus ( I ) : 1,9 / 1,1 Ampere

Daya : 0,5 Hp

Putaran ( n ) : 1400 r/min

Frekuensi ( f ) : 50 HZ

Jumlah kutup : 2 pasang , 4 kutup

Cos φ : 0,8

Maka : P out = 0,373 KW ( Daya keluaran motor )

n<sub>r</sub> = 1400 Rpm ( kecepatan motor )

cos φ = 0,8 ( faktor daya motor )

➤ Saat belitan terhubung bintang

Tegangan ( E<sub>2</sub> ) : 220 Volt

Arus ( I<sub>2</sub> ) : 1,9 Ampere

➤ Saat belitan stator terhubung segitiga

Tegangan ( V<sub>L</sub> ) : 380 Volt

Arus ( I<sub>L</sub> ) : 1,1 Ampere

Dari data diatas dapat kita hitung :

➤ Daya masukan motor

$$P_{in} = \sqrt{3} \cdot V_L \cdot I_L \cdot \cos \phi$$

$$= \sqrt{3} \cdot 380 \cdot 1,1 \cdot 0,8$$

$$= 0,578 \text{ KW}$$

➤ Daya keluaran motor

$$P_{out} = 0,373 \text{ KW}$$

Dari data tersebut maka dapat ditentukan harga-harga arus untuk arus nominal motor :

$$P_{3\text{phasa}} = \sqrt{3} \cdot V_L \cdot I_L \cdot \cos \phi$$

Dimana :

$$P_{3\text{phasa}} = \text{daya motor ( Watt )}$$

$$I_L = \text{arus motor ( Ampere )}$$

$$V_L = \text{tegangan motor ( Volt )}$$

$$\cos \phi = \text{factor daya}$$

➤ Maka arus yang mengalir ke motor adalah :

$$I_L = \frac{P_{input} \cdot 3\text{ph}}{\sqrt{3} \cdot V_L \cdot \cos \phi}$$

$$= \frac{0,578}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,8}$$

$$= \frac{0,578}{527,136} = 1,1 \text{ Ampere}$$

➤ Sehingga arus nominal pada motor ( hubungan Δ ) :

$$I_{n_m} = I_p$$

$$= \frac{1}{\sqrt{3}} I_L$$

$$= \frac{1}{\sqrt{3}} \times 1,1 \text{ A}$$

$$= 0,634 \text{ A}$$

Pada arus start motor yang ditimbulkan motor bila dijalankan secara langsung, maka arus mulanya akan menjadi 6 kali arus nominalnya.

$$I_{start} = 6 \times I_{n_m}$$

$$= 6 \times 0,634 \text{ A} = 3,8 \text{ A}$$

➤ Dan arus start pada hubungan Y adalah

$$I_{start} = 6 \times \frac{I_{nom}}{\sqrt{3}}$$

$$= 6 \times \frac{0,634}{\sqrt{3}}$$

$$= 2,2 \text{ A}$$

Dari pembahasan beberapa bab didepan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Dari hasil perhitungan arus start untuk motor induksi 3 fasa 0,5 pk maka dibutuhkan besar kapasitas arus SCR sebesar 6 ampere
2. Dari hasil diatas maka di rancang dan dibuat alat soft-start motor untuk motor induksi 0,5 pk dan dari percobaan tersebut didapat arus start sebesar 2,2 Ampere.
3. Dari hasil percobaan didapatkan bahwa arus start dengan hubungan bintang- segitiga lebih kecil dari pada dengan hubungan langsung.

## DAFTAR PUSTAKA

Abdul Kadir, Prof . Dr. Ir , *Mesin Tak Serempak* , Djembatan, Jakarta, 1981.

Djokko Achyanto, Ir, Msc. EE, dan A. E. Fitzgerald,  
*Mesin-Mesin Listrik*, edisi keempat, airlangga,  
Jakarta, 1990.

Lister, Mesin dan Rangkaian Listrik, edisi 6, Erlangga,  
Jakarta, 1988.

Muhammad H Rashid, *Elektronika Daya* jilid 1 , PT  
Prenhallindo, Jakarta, 1999.

R. Panjaitan, Drs, *Mesin Listrik Arus Bolak-Balik*,  
Tarsito, bandung, 1989

Soelaiman, Prof. Ts. MHD, *Mesin tak serempak*, Pradnya  
paramita, Jakarta, 1984.

Zuhal, Ir, *Dasar Tenaga Listrik*, ITB, Bandung, 1980.



UNESA

Universitas Negeri Surabaya