

**ANALISA STARTING MOTOR INDUKSI DENGAN METODE  
Y/ $\Delta$ .AUTOTRAFO DAN ROTOR REAKTOR MENGGUNAKAN *PROGRAM*  
*ETAP POWERSTATION* DI PT.DELTA SURYA TEXTILE PURWODADI  
PASURUAN**

**SKRIPSI**



Disusun Oleh :

**IMAM WAHYUDI**  
**NIM. 0712008**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1  
KONSENTRASI TEKNIK ENERGI LISTRIK  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
2012**

---

## LEMBAR PERSETUJUAN

**ANALISIS STARTING MOTOR INDUKSI DENGAN METODE  
Y/ $\Delta$ , AUTOTRAFO DAN ROTOR REAKTOR MENGGUNAKAN PROGRAM  
ETAP POWERSTATION DI PT. DELTA SURYA TEXTILE PURWODADI  
PASURUAN**

### SKRIPSI

*Disusun dan diajukan untuk melengkapi dan memenuhi persyaratan  
guna mencapai gelar Sarjana Teknik*

**Disusun oleh :**

**IMAM WAHYUDI**

**NIM : 07.12.008**

**Mengetahui,**

**Ketua Program Studi Teknik Elektro S-1**

**Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT**

**NIP.Y. 1018800189**

**Diperiksa dan Disetujui,**

**Dosen Pembimbing I**

**Dosen Pembimbing II**

**Ir.M.Abdul Hamid.MI**  
**NIP.Y.1018800188**

**Bambang Prio Hartono,ST.MT**  
**NIP.Y.1028400082**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1  
KONSENTRASI TEKNIK ENERGI LISTRIK  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
2012**

## SURAT PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Imam Wahyudi  
NIM : 07.12.008  
Program Studi : Teknik Elektro – S1  
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik

Dengan ini menyatakan bahwa Skripsi yang saya buat adalah hasil karya sendiri, tidak merupakan plagiasi dari karya orang lain. Dalam Skripsi ini tidak memuat karya orang lain, kecuali dicantumkan sumbernya sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat, dan apabila di kemudian hari ada pelanggaran atas surat pernyataan ini, saya bersedia menerima sanksinya.

Malang, September 2012

Yang membuat pernyataan,


Imam Wahyudi

Nim: 07.12.008

## KATA PENGANTAR

Segala puji kami panjatkan kehadirat Allah SWT, karena berkat rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul *ANALISIS STARTING MOTOR INDUKSI DENGAN METODE Y/Δ,AUTOTRAFO DAN ROTOR REAKTOR MENGGUNAKAN PROGRAM ETAP POWERSTATION DI PT. DELTA SURYA TEXTILE PURWODADI PASURUAN*

Penulisan dan Analisa Skripsi ini merupakan salah satu syarat yang harus dipenuhi untuk memperoleh gelar sarjana teknik pada jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Nasional Malang.

Tak lupa penulis sampaikan penghargaan dan rasa terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyusun laporan ini sehingga dapat terselesaikan dengan baik, khususnya kepada :

1. Bapak Ir. Soeparno Djiwo, MT. selaku Rektor ITN Malang.
2. Bapak Ir. Sidik Noertjahjono, MT. selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri ITN Malang
3. Bapak Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro, ITN Malang.
4. Bapak Ir.M.Abdul Hamid,MT selaku Dosen Pembimbing I.
5. Bapak Bambang Prio Hartono,ST,MT selaku Dosen Pembimbing II.
6. Bapak Awan Uji Krismanto, ST, MT. selaku Dosen Konsultasi Judul.
7. Bapak Budi Selaku Teknik kelistrikan Di PT DELTA SURYA TEXTILE PURWODADI PASURUAN.
8. Bapak Suhut Selaku kepala Teknisi Di PT DELTA SURYA TEXTILE PURWODADI PASURURUAN.

9. Seluruh dosen-dosen teknik Elektro ITN Malang yang telah membantu dalam memberikan solusi dalam konsultasi laporan PKN.
10. Segenap keluarga yang telah memberikan semangat dan doa restu terutama Papa Drs.Taselim dan Mama Dra.Parinah.
11. Semua pihak yang telah membantu demi terselesaikannya penyusunan skripsi ini.

Kami menyadari akan adanya kekurangan-kekurangan dalam penulisan laporan ini karena keterbatasan wawasan dan pengetahuan kami. Untuk itu kami mengharapkan kritik dan saran membangun dari semua pihak agar dapat lebih baik di masa yang akan datang. Akhirnya kami berharap semoga laporan ini bermanfaat bagi semua pihak.

Malang, Agustus 2012

Penulis

## DAFTAR ISI

Lembar Persetujuan .....	i
Abstrak .....	ii
Kata Pengantar .....	iii
Daftar Isi .....	iv
Daftar Gambar .....	vi
Daftar Tabel .....	vii
Daftar Grafik .....	viii

### **BAB I PENDAHULUAN**

1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Pembahasan .....	2
1.4 Batasan Masalah .....	2
1.5 Metodologi Penelitian .....	3
1.6 Sistematika Pembahasan .....	3

### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

2.1 Teori Dasar Motor Induksi .....	5
2.2 Kontruksi Motor Induksi .....	5
2.2.1. Stator .....	6
2.2.2. Rotor .....	6
2.3 Medan Magnet Putar .....	7
2.4 Prinsip Kerja Motor Induksi .....	8
2.4.1 Slip dan Frekuensi Arus Rotor .....	9
2.5 Rangkaian Ekuivalen .....	10
2.5.1 Rangkaian Ekuivalen Stator .....	11
2.5.2 Rangkaian Ekuivalen Rotor .....	11
2.6 Operasi Motor Induksi .....	14
2.6.1 Performa Steady State .....	14
2.6.2 Performa Transient .....	14
2.7 Efisiensi .....	16
2.8 Umum .....	17

2.9 Metode – metode Start.....	17
2.9.1 Metode Start-Delta .....	17
2.9.2 Metode Autotrafo.....	18
2.9.3 Metode Reaktor/resistor seri .....	19
2.10 Peralatan Yang digunakan .....	19
2.10.1 Kontaktor .....	19
2.10.2 Relay .....	20
2.10.3 Timer.....	20
2.10.4 Lampu tanda .....	21
2.11 Peralatan Pengaman .....	21
2.11.1 Fuse .....	21
2.11.2 Thermal Over Load.....	23
2.11.3 Miniatur Circuit Breker (MCB).....	23

### **BAB III PEMODELAN SIMULASI *SOFWERE ETAP POWERSTATION***

3.1 Simulasi Sofwere ETAP Powerstation .....	26
3.1.1 Operasi Nyata Secara Virtual ( <i>Virtual Reality Operation</i> ).....	26
3.2.2 Data Gabungan Total ( <i>Total Intergration of Data</i> ) .....	26
3.3.3 Kesederhanaan Dalam Memasukkan Data .....	26
3.2 Pemodelan Kedalam <i>Sofwere ETAP Powerstation</i> .....	27

### **BAB IV ANALISA DAN HASIL SIMULASI STARTING MOTOR INDUKSI**

4.1 Analisa Dan Hasil Simulasi Starting Motor .....	32
4.2 Single Line Diagram Simulasi Pada <i>ETAP Powerstation</i> di PT DELTA SURYA TEXTIL.....	32
4.2.1 Data Motor yang dibahas adalah motor Spare 1 dengan spesifikasi .....	37
4.2.2 Hasil Tanpa Pengasutan Pada Motor Spare 1 Acceleration Menggunakan Program <i>ETAP Powerstation</i> .....	37
4.2.3 Hasil Pengasutan Start-Delta Pada Motor Spare 1 Acceleration Menggunakan Program <i>ETAP Powerstation</i> .....	37
4.2.4 Hasil Pengasutan Autotrafo Pada Motor Spare 1 Acceleration Menggunakan Program <i>ETAP Powerstation</i> .....	38
4.3 Analisa Motor Spare 1 .....	38

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 : Kontruksi Motor Induksi .....	5
Gambar 2.2 : Stator Tiga-Phasa Motor Induksi.....	6
Gambar 2.3 : a) Rotor Sangka .....	7
b) Rotor belitan .....	7
Gambar 2.4 : Medan Putar Pada Motor Induksi.....	7
Gambar 2.5 : Rangkaian Ekiivalen Stator .....	11
Gambar 2.6 : Rangkaian Ekiivalen Rotor .....	12
Gambar 2.7 : Rangkaian Ekiivalen Motor Induksi .....	13
Gambar 2.8 : Pengasutan Dengan Start-Delta .....	18
Gambar 2.9 : Pengasutan Dengan Autotrafo .....	18
Gambar 2.10 : Pengasutan Reaktor /Resistor Seri .....	19
Gambar 2.11 : Karakteristik Fuse .....	22
Gambar 3.1 : Tampilan Pemodelan Single Line Diagram Simulasi Software ETAP Powerstation.....	27
Gambar 3.2 : Pemodelan One-Line Diagram Simulasi PT.DELTA SURYA TEXTILE; PURWODADI PASURUAN .....	28
Gambar 3.3 : Inputan Data Name Plate Motor Kedalaman <i>Software ETAP</i> <i>Powerstation</i> .....	29
Gambar 3.4 : Menu Tool Motor Starting Study Case .....	30
Gambar 4.1 :Single Line Diagram MDP 1 .....	33
Gambar 4.2 :Single Line Diagram MDP 2 .....	34
Gambar 4.3 :Single Line Diagram MDP 3 .....	35
Gambar 4.4 :Single Line Diagram MDP 4 .....	36



## DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 : Data Motor Spare .....	37
Tabel 4.2 : Acceleration Hasil Tanpa Pengasutan Pada Saat Transient.....	37
Tabel 4.3 : Acceleration Hasil Tanpa Pengasutan Pada Saat Steady State.....	37
Tabel 4.4 : Acceleration Hasil Pengasutan Start-Delta Pada Saat Transient .....	37
Tabel 4.5 : Acceleration Hasil Pengasutan Start –Delta Pada Saat Steady State.....	38
Tabel 4.6 : Acceleration Hasil Pengasutan Autotrafo Pada Saat Transient .....	38
Tabel 4.7 : Acceleration Hasil Pengasutan Autotrafo Pada Saat Steady State .....	48
Tabel 4.8 : Hasil Analisa Komputasi Simulasi Peralatan Starting Motor Induksi.....	43

## DAFTAR GRAFIK

Grafik 4.1 : Kurva Arus (A) Starting Motor Terhadap Waktu .....	39
Grafik 4.3 : Kurva Arus Pengasutan Start-Delta Terhadap Waktu s.....	39
Grafik 4.4 : Kurva Arus Pengasutan Start-Delta Terhadap Waktu s.....	40

## BAB 1 PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pada motor induksi yang diam apabila tegangan normal diberikan ke stator maka akan ditarik arus yang besar oleh belitan primernya. Motor induksi saat dihidupkan secara langsung akan menarik arus 5 sampai 7 kali dari arus beban penuh dan hanya menghasilkan torsi 1,5 sampai 2,5 kali torsi beban penuh. Arus mula yang besar ini dapat mengakibatkan drop tegangan pada saluran sehingga akan mengganggu peralatan lain yang dihubungkan pada saluran yang sama. Untuk motor yang berdaya besar tentu arus starting juga akan semakin besar, sehingga untuk motor dengan daya diatas 30 atau 50 hp tidak dianjurkan menghidupkan motor secara langsung.

Beberapa metode starting tradisional motor induksi diantaranya adalah DOL (Direct On Line),  $Y/\Delta$ , auto-trafo, dan *primary resistor*, yang ternyata dalam pelaksanaannya masih menarik arus start yang besar, terlebih pada starting DOL. Pada starting Wye-Delta, perpindahan dari wye ke delta ternyata juga menyebabkan hentakan yang cukup keras pada motor. Jika ini terus dilakukan, dikhawatirkan motor akan cepat mengalami kerusakan. Primary resistor adalah dengan menserikan tahanan dengan sumber tegangan dengan maksud untuk menahan atau mengurangi arus start yang masuk kedalam motor, tetapi jika ternyata terjadi lonjakan tegangan yang berlebih tahanan tidak cukup untuk membendung arus lebih yang lewat karena tahanan (R) tidak otomatis bertambah nilainya seiring dengan naiknya tegangan. (Dwi Riyadi H. (1.21096581) lahir di Semarang.)

Dengan metode  $Y/\Delta$ , Autotrafo, diharapkan tegangan dan arus dari sumber tenaga dapat mengalir masuk kedalam motor secara bertahap, sehingga motor tidak menarik arus starting yang terlalu besar. Sehingga diharapkan motor akan aman dan

---

berumur lebih lama. Untuk mempermudah menganalisa pada saat pengaruh starting motor induksi maka bisa menggunakan *ETAP Powerstation* di PT.DELTA SURYA TEXTILE PURWODADI PASURUAN.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas maka permasalahan yang timbul adalah:

1. Bagaimana menganalisis pengaruh starting motor induksi dengan menggunakan Metode *Y/Δ, Autotrafo* pada Motor Induksi di PT. DELTA SURYA TEXTILE PURWODADI PASURUAN
2. Membandingkan Metode *Y/Δ, Autotrafo* untuk keadaan motor tanpa beban dan arus pada motor induksi menggunakan *ETAP Powerstation*
3. Karena motor yang digunakan jenis Rotor sangkar maka pengasutan Rotor/reactor tidak biasa digunakan

## 1.3 Tujuan Pembahasan

Tujuan pembahasan skripsi ini adalah Menganalisis arus starting motor induksi dengan menggunakan Metode *Y/Δ, Autotrafo* pada Motor Induksi di PT. DELTA SURYA TEXTILE PURWODADI PASURUAN Dengan bantuan *software ETAP POWER STATION*

## 1.4 Batasan Masalah

Agar pembahasan dalam skripsi akan lebih terarah sesuai dengan tujuan dan judul yang ada, maka permasalahan dibatasi oleh beberapa hal sebagai berikut :

- a) Analisis Starting Motor Induksi yang digunakan pada PT . DELTA SURYA TEXTILE PURWODADI PASURUAN
  - b) Analisa Menggunakan Software *ETAP POWER STATION*
  - c) Menggunakan metode *Y/Δ, Autotrafo*
-

## 1.5 Metodologi Penelitian

Dalam melaksanakan penulisan skripsi ini metodologi sebagai berikut:

### a) Studi literatur

Dalam hal ini, penulis mengumpulkan bahan tulisan dari berbagai sumber pustaka yang relevan

### b) Studi Bimbingan

Dalam hal ini, penulis berdiskusi dan berkonsultasi dengan dosen pembimbing, ataf pengajar Teknik Elektro Kosentrasi Energi Listrik S1 ITN Malang, serta rekan-rekan mahasiswa Kosentrasi Energi Listrik S1 ITN Malang

### c) Mengumpulkan data-data yang diperlukan dalam penulisan Makalah ini dari PT DELTA SURYA TEXTILE PURWODADI PASURUAN

## 1.6 Sistematika Pembahasan

Sistematika penulisan dalam Tugas Akhir ini terdiri atas lima bab dengan uraian sebagai berikut :

### **BAB I : Pendahuluan**

Bab ini membahas tentang penjelasan mengenai latar belakang, permasalahan dan batasan masalah, tujuan, metode penelitian, sistematika pembahasan, dan relevansi.

### **BAB II : Dasar Teori**

Bab ini secara garis besar membahas tentang motor induksi, metode starting motor yang digunakan pada sistem kelistrikan industry.

---

**BAB III : Pemodelan Simulasi Software Etap Powerstation di PT DELTA  
DELTA SURYA TEXTILE PURWODADI PASURUAN**

Bab ini membahas Pemodelan *Simulasi Software Etap Powerstation*  
di PT.DELTA SURYA TEXTILE PURWODADI PASURUAN

**BAB IV : Hasil Simulasi dan Analisis**

Bab ini berisi data hasil simulasi dari software *ETAP POWER  
STATION*

**BAB V : Penutup**

Bab ini berisi tentang kesimpulan dan saran

---

## BAB II

### TEORI DASAR

#### 2.1. Teori Dasar Motor Induksi.

Menurut (David H.Sirait Tj.Morawa,2008.) Motor arus bolak-balik ( Motor AC ) adalah suatu mesin yang berfungsi untuk mengubah tenaga listrik menjadi tenaga mekanik atau tenaga gerak, dimana tenaga gerak ini berupa perputaran pada poros motor. Salah satu jenis motor AC ini adalah motor induksi atau motor tak serempak.

Dinamakan motor tak serempak (*asynchrone*) karena putaran poros motor tidak sama dengan putaran medan fluks magnet stator. Dengan kata lain, bahwa antara putaran rotor dan putaran fluks magnet terdapat selisih putaran yang disebut slip.

Motor induksi *polyphase* banyak dipakai dikalangan industri. Ini berkaitan dengan beberapa keuntungannya. yaitu

1. Sangat sederhana dan daya tahan kuat ( konstruksi hampir tak pernah mengalami kerusakan, khususnya tipe rotor sangkar bajing ).
2. Harga relatif murah dan perawatan mudah.
3. Efisiensi tinggi. Pada kondisi berputar normal, tidak dibutuhkan sikat dan karenanya rugi daya yang ditimbulkan dapat dikurangi (khususnya motor induksi rotor belitan).

#### 2.2. Konstruksi Motor Induksi

Menurut (David H.Sirait Tj.Morawa,2008.) Konstruksi motor induksi terdiri dari dua bagian utama yaitu stator dan rotor. Hal ini dapat dilihat pada gambar 2-1 di bawah ini :



Gambar 2-1  
Konstruksi Motor Induksi

### 2.2.1. Stator.

Menurut (David H.Sirait Tj.Morawa,2008.) Pada dasarnya konstruksi stator pada motor induksi mempunyai bentuk fisik yang sama dengan mesin sinkron, yang terdiri dari :

- a. Rumah stator terbuat dari besi tuang.
- b. Inti stator dari besi atau baja silikon.
- c. Alur dan gigi materialnya sama dengan inti, alur tempat meletakkan belitan.
- d. Belitan stator dari tembaga.



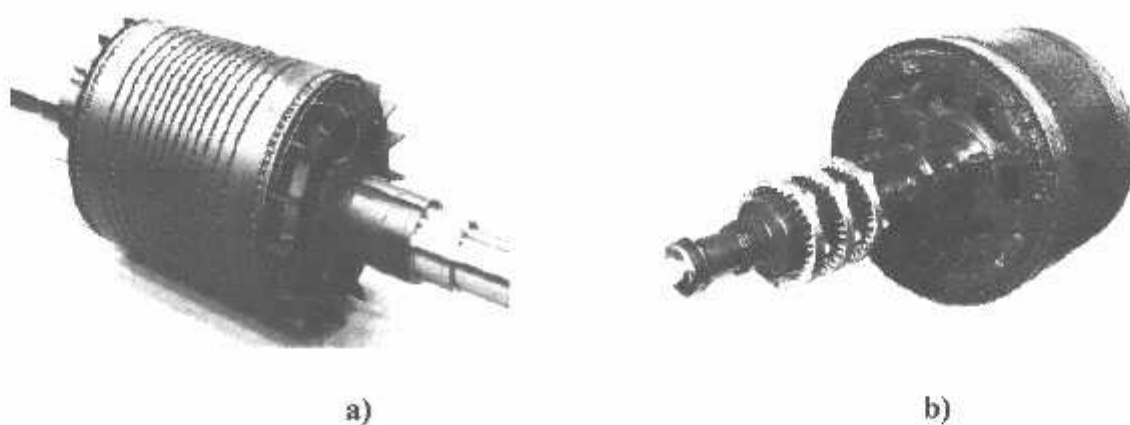
Gambar 2-2  
Stator Tiga-Phasa Motor Induksi

### 2.2.2. Rotor.

Menurut (David H.Sirait Tj.Morawa,2008.) Konstruksi dari rotor motor induksi mempunyai dua bentuk, yaitu :

- a. Rotor Belitan (*wound rotor/ rotor slip ring*).  
Motor induksi jenis ini mempunyai rotor dengan belitan kumparan tiga-fasa sama seperti kumparan stator. Kumparan stator dan rotor juga mempunyai jumlah kutub yang sama.
  - b. Rotor sangkar (*squirrel cage rotor*).  
Motor induksi jenis ini mempunyai rotor dengan kumparan yang terdiri atas beberapa batang konduktor yang disusun sedemikian rupa sehingga menyerupai sangkar tupai.
-

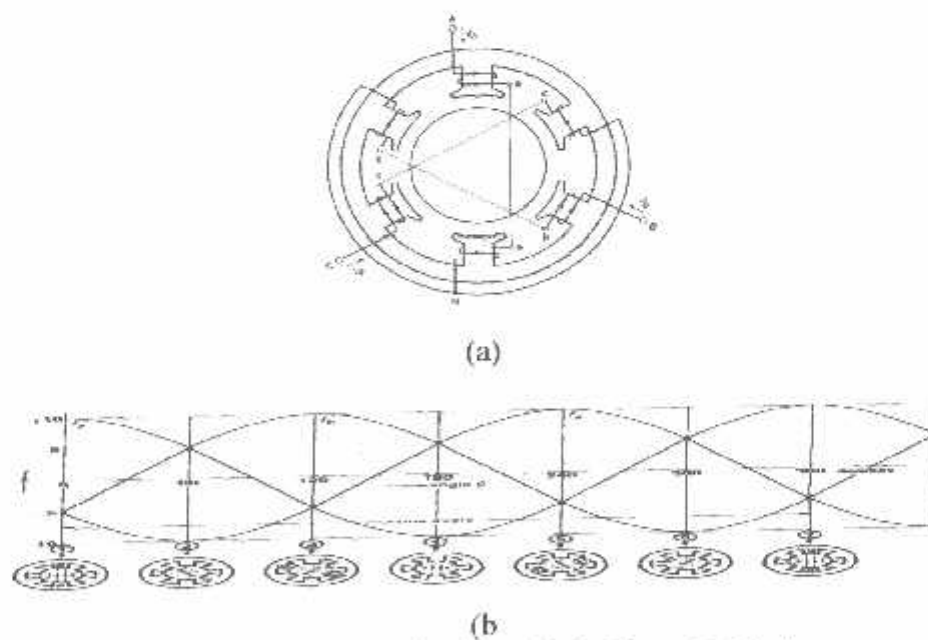




Gambar 2-3 : a) Rotor Sangkar  
b) Rotor Belitan

### 2.3. Medan Magnet Putar.

Menurut (David H.Sirait Tj.Morawa,2008.) Perputaran motor pada mesin arus bolak-balik ditimbulkan oleh adanya medan putar ( fluks yang berputar ) yang dihasilkan dalam kumparan statornya. Medan putar ini terjadi apabila kumparan stator dihubungkan dalam fasa banyak, umumnya tiga fasa. Hubungan dapat berupa hubungan bintang atau delta.



Gambar 2-4 : Medan Putar Pada Motor Induksi

Medan putar terjadi apabila kumparan A-a, B-b, C-c dihubungkan tiga fasa dengan beda fasa masing-masing  $120^\circ$  (hubungan bintang, Y) dan dialiri arus sinusoida. Distribusi  $i_a, i_b, i_c$  sebagai fungsi waktu adalah seperti gambar 2-4b. Pada keadaan  $t_1$  fluks resultan mempunyai arah yang sama dengan arah yang dihasilkan oleh kumparan A-a, sedangkan pada  $t_3$ , fluks resultannya dihasilkan oleh kumparan B-b. Untuk  $t_4$ , fluks resultannya berlawanan arah dengan fluks resultan yang dihasilkan pada  $t_1$ . Dari gambar 2-4 b tersebut terlihat bahwa fluks resultan ini akan berputar satu kali.

#### 2.4 Prinsip Kerja Motor Induksi.

Menurut (David H. Sirait Tj. Morawa, 2008.) Motor induksi tiga fasa dapat dibandingkan dengan transformator karena merupakan piranti yang melibatkan perubahan kebocoran fluks pada kumparan stator. Dalam hubungan ini diasumsikan bahwa rotor terdiri atas tipe lilitan dan hubungan bintang. Dengan lilitan rotor dalam keadaan rangkaian terbuka tidak ada torsi yang dibangkitkan. Dengan demikian pemberian tegangan tiga fasa pada kumparan stator tiga fasa menimbulkan medan magnet putar dan memotong kumparan rotor pada frekuensi  $f_1$ . Nilai rata-rata ggl induksi per fasa dari kumparan rotor dinyatakan dengan persamaan :

$$E_2 = 4,44 f_1 N_2 k_{w2} \Phi_m \dots\dots\dots (2.1)$$

Perlu diketahui bahwa frekuensi stator  $f_1$  digunakan disini karena rotor tersebut dalam keadaan diam / berhenti. Dengan demikian  $E_2$  merupakan ggl frekuensi saluran . Fluks ( $\Phi_m$ ) tentu merupakan tiap elektroda (pole) dari kumparan stator dan rotor.

Rumus yang serupa menyatakan nilai rata-rata ggl induksi tiap fasa yang terjadi dari kumparan stator, yaitu :

$$E_1 = 4,44 f_1 N_1 k_{w1} \Phi_m \dots\dots\dots (2.2)$$

Berdasarkan persamaan (2.1) dan (2.2) dapat dirumuskan rasio :

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{N_1 K_{w1}}{N_2 K_{w2}} \dots\dots\dots (2.3)$$

Pada dasarnya, motor induksi pada keadaan diam menyerupai karakteristik transformator dengan kumparan stator sebagai sisi primer dan kumparan rotor sebagai sisi sekundernya.

Untuk menghasilkan torsi mula (dan torsi penggerak berturut-turut) perlu arus yang mengalir dalam kumparan rotor. Mula-mula ggl induksi  $E_2$  mengakibatkan arus rotor  $I_2$  mengalir melalui rangkaian hubung-singkat, menghasilkan distribusi *ampere-conductor* yang berkerja dengan medan fluks untuk menghasilkan torsi mula. Pengaruh torsi ini selalu mengakibatkan rotor berputar dalam arah yang sama sebagaimana medan putar. Anggaplah bahwa medan fluks putar searah jarum jam pada kecepatan tertentu yang bergantung pada frukuensi stator dan banyaknya kutub dari kumparan stator. Kecepatan ini disebut “kecepatan sinkron” dan dinyatakan :

$$n_s = \frac{120f}{p} \text{ rpm} \dots\dots\dots (2.4)$$

karena rotor meningkat kecepatannya, laju yang mengijinkan medan stator memotong kumparan rotor menurun. Hal ini mengurangi ggl induksi resultan per phasa, pada gilirannya menurun magnitude distribusi *amper-conductor* dan menghasilkan torsi yang lebih kecil. Pada kenyataan proses ini berlanjut hingga kecepatan rotor mampu untuk menghasilkan ggl yang cukup agar arus yang diperlukan untuk membangkitkan torsi yang setara dengan torsi lawan.

#### 2.4.1. Slip dan Frekuensi Arus Rotor.

Menurut (David H.Sirait Tj.Morawa,2008.) Slip diidentifikasi sebagai bagian Dari kecepatan sinkron  $n_s$  dan kecepatan aktual rotor  $n_r$ . Slip dirumuskan sebagai berikut :

$$s = \frac{n_s - n_r}{n_s} \dots\dots\dots (2.5)$$

Pada keadaan diam medan magnet putar yang dihasilkan oleh stator mempunyai kecepatan relatif yang sama dengan kumparan rotor. Pada saat ini frekuensi dari arus rotor sama dengan frekuensi stator ( $f_r = f_s$ ). Frekuensi rotor  $f_r$  adalah nol ketika motor berputar pada kecepatan sinkron. Pada saat tersebut tidak

terdapat gerakan (putaran) relatif antara medan putar dan rotor. Pada kecepatan yang lain, frekuensi rotor proporsional dengan slip ( $s$ ). Hubungan antara slip dan frekuensi dapat dilihat dari persamaan berikut ini :

$$n_s = \frac{120f_s}{p} \text{ atau } f_s = \frac{pn_s}{120} \dots\dots\dots (2.6)$$

dimana :  $p$  = jumlah kutub  
 $f_s$  = frekuensi stator

Pada rotor berlaku hubungan :

$$f_r = \frac{(n_s - n_r)p}{120} = \frac{(n_s - n_r)n_s p}{n_s 120} \dots\dots\dots (2.7)$$

$$s = \frac{n_s - n_r}{n_s} \text{ dan } f_s = \frac{pn_s}{120}$$

Maka :

$$f_r = s.f_s \dots\dots\dots (2.8)$$

## 2.5 Rangkaian Ekuivalen

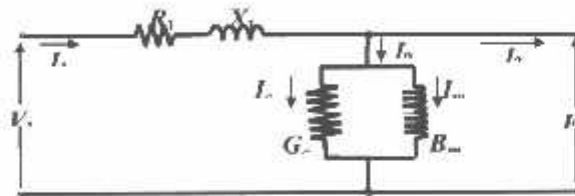
Menurut (David H.Sirait Tj.Morawa,2008.) Suatu rangkaian ekuivalen motor induksi tiga phasa diperlukan untuk membantu analisis operasi dan untuk memudahkan penghitungan kinerja. Rangkaian ekuivalen tersebut mengasumsikan suatu bentuk yang identik rangkaian ekuivalen transformator. Proses penurunannya serupa dengan model dengan modifikasi-modifikasi baru seperlunya untuk menghitung kumparan sekunder (rotor) dalam hal ini berputar dan menghasilkan daya mekanik. Kerja motor induksi seperti juga kerja pada transformator adalah berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik. Oleh karena itu motor induksi dipandang sebagai transformator yang mempunyai ciri-ciri khusus, yaitu :

1. Stator sebagai sisi primer
2. Rotor sebagai sisi sekunder yang penghantar-penghantarnya dihubungkan singkat dan berputar
3. Kopling antara sisi primer dan sisi sekunder dipisahkan oleh celah udara (*air gap*).

**2.5.1 Rangkaian Ekuivalen Stator**

Menurut (David H.Sirait Tj.Morawa,2008.) Apabila kumparan stator diberikan tegangan catu dari jala-jala sebesar  $V_1$ , maka akan mengalir arus putar tiga fasa pada kumparan stator yang membangkitkan medan magnet tiga fasa. Arus stator ( $I_1$ ) bercabang menjadi dua komponen arus yaitu :

1. Komponen arus beban ( $I_2$ )
2. Komponen arus eksitasi ( $I_0$ )



Gambar 2-5  
Rangkaian Ekuivalen Stator

Dimana :  $V_1$  = tegangan terminal per-fasa

$R_1$  = resistansi kumparan stator per-fasa

$X_1$  = reaktansi bocor kumparan stator per-fasa

$E_1$  = tegangan induksi (ggl) per-fasa di dalam kumparan stator

$G_c$  = konduktansi rugi-rugi inti stator per-fasa

$B_m$  = suseptansi magnetisasi stator per-fasa

**2.5.2 Rangkaian Ekuivalen Rotor**

Menurut (David H.Sirait Tj.Morawa,2008.) Pada saat rotor diam, medan putar stator akan memotong batang konduktor rotor dengan kecepatan pular sinkron ( $n_s$ ), sehingga frekuensi arus rotor sama dengan frekuensi arus stator ( $f_r = f_s$ ) dan slip sama dengan satu ( $s=1$ ). Dengan mengetahui bahwa frekuensi arus / tegangan rotor adalah frekuensi slip, maka reaktansi bocor rotor (*leakage reactance*) per fasa adalah :

$$X_2' = sX_2 \dots\dots\dots (2.9)$$

$$X_2 = 2\pi f_s L_2 \dots\dots\dots (2.10)$$

dimana  $X_2$  merupakan reaktansi rotor pada start atau diam.

Tegangan induksi pada rotor :

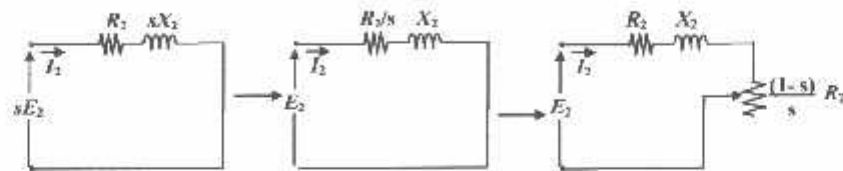
$$E_2 = 4,44f_2 N_2 \Phi_m \dots\dots\dots (2.11)$$

Pada slip, s, frekuensi rotor menjadi s f<sub>s</sub>, maka tegangan induksi pada rotor (E<sub>2</sub>) pada slip, s, adalah :

$$E_2 = 4,44sf_1 N_2 \Phi_m \dots\dots\dots (2.12)$$

Dengan memasukkan persamaan (2.12) ke (2.13) maka didapat persamaan :

$$E_2 = s E_2 \dots\dots\dots (2.13)$$



Gambar 2-6  
Rangkaian Ekuivalen Rotor

Dimana :

S = Slip

E<sub>2</sub> = tegangan induksi per-fasa di dalam rotor pada keadaan diam

R<sub>2</sub> = resistansi kumparan rotor per-fasa berpatokan pada stator

X<sub>2</sub> = reaktansi bocor rotor per-fasa berpatokan pada stator

Berdasarkan persamaan (2.10) dan (2.14) maka diperoleh rangkaian ekuivalen rotor seperti pada gambar 2-6.

Besar arus rotor (I<sub>2</sub>) saat berputar adalah :

$$I_2 = \frac{sE_2}{\sqrt{R_2^2 + (sX_2)^2}} \dots\dots\dots (2.14)$$

Atau

$$I_2 = \frac{E_2}{\sqrt{\left(\frac{R_2}{s}\right)^2 + X_2^2}} \dots\dots\dots (2.15)$$

Sedangkan torsi untuk motor induksi dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

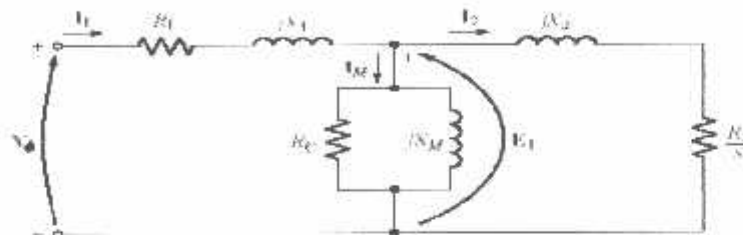
$$Po = T_o \omega_r \dots\dots\dots (2.16)$$

$$T_o = \frac{P_o}{\omega_r} \dots\dots\dots (2.17)$$

$$\omega_r = \frac{2 \cdot \pi \cdot n_r}{60} \dots\dots\dots (2.18)$$

$$P_{in} = \sqrt{3} \cdot V_L \cdot I \cdot \cos \varphi \dots\dots\dots (2.19)$$

Jadi rangkaian ekivalen secara keseluruhan ketika motor berjalan adalah sebagai berikut:



Gambar 2-7  
Rangkaian Ekivalen Motor Induksi

Dimana

- $V_1$  = tegangan terminal
- $R_1$  = resistansi kumparan stator
- $X_1$  = reaktansi kumparan stator
- $X_m$  = reaktansi magnetik (ohm)
- $I_1$  = Arus Input (amp)
- $I_2$  = Arus Rotor (amp)
- $I_m$  = Arus Magnetisasi (amp)
- $E_1$  = tegangan induksi (ggf) di dalam kumparan stator (volt)

- S = slip
- $R_2$  = resistansi kumparan rotor (ohm)
- $X_2$  = reaktansi bocor rotor (ohm)
- $R_c$  = Resistansi Rugi Inti (ohm)
- $P_o$  = Daya Output (Watt)
- $P_{in}$  = Daya Input (Watt)
- $T_o$  = Torsi Mekanik (Nm)
- $\omega_r$  = Kecepatan sudut rotor (rad/sec)

Pada umumnya pada sebuah motor induksi telah terdapat informasi pada name plate dimana data informasi itu merupakan dasar dalam pengopersian motor tersebut. Data tersebut berupa:

- Daya Output (Hp/KW)
- Tegangan Nominal  $V_{L-L}$  (Volt)
- Arus Nominal (Amp)
- Power Faktor
- Kecepatan (rpm)
- Jumlah Kutub

## 2.6 Operasional Motor Induksi

Menurut (Heru Dibyo Laksono) Menjalankan motor induksi 3 phasa akan mengalami dua keadaan atau kondisi yaitu keadaan yaitu keadaan *transient* (peralihan) dan keadaan *steady state*.

### 2.6.1 Performa *Steady State*

Menurut (Heru Dibyo Laksono) Kondisi motor dalam keadaan *steady state* adalah kondisi dimana motor dalam keadaan stabil mantap dimana hampir tidak ada perubahan arus, torsi maupun tegangan serta kecepatan sehingga motor dikatakan telah bekerja sesuai dengan name plate. Keadaan *steady state* ini merupakan gambaran secara keseluruhan dari motor tersebut yang dapat dijadikan acuan untuk penggunaannya.

### 2.6.2 Performa *Transient*

Menurut (Heru Dibyo Laksono) Keadaan *transient* atau peralihan merupakan kondisi motor sesaat dimana keadaan berubah-ubah dan dapat menentukan beberapa faktor penting dalam pengendalian motor, sedangkan keadaan *steady state* merupakan kondisi motor dimana motor telah berjalan dengan stabil.

Kondisi pada awal atau start, pengereman, perubahan kecepatan akan mengalami keadaan *transient* pada motor induksi. Misalnya pada keadaan start



motor induksi dengan kapasitas besar akan menghasilkan arus starting yang besar dimana besarnya 5 sampai 7 kali arus nominal yang tertera pada name plate motor.

Beban motor induksi merupakan factor yang penting dalam stabilitas power system karena adanya beberapa alasan yaitu:

- Perubahan yang cepat dari penambahan beban
- Untuk beban dengan power faktor rendah akan meminta daya reaktif yang tinggi
- Akan menyebabkan tegangan turun ketika beban pada motor ditambah

Perubahan arus torsi dan tegangan yang terjadi misalnya pada keadaan penambahan torsi beban yang berubah-ubah merupakan informasi yang diperlukan oleh teknisi di bidang kontrol sehingga dapat menentukan jenis pengaman yang akan digunakan dan peralatan kontrol yang mana akan digunakan. Keadaan transien berlangsung dalam waktu yang cukup singkat tetapi jika diperhatikan secara baik akan menyebabkan bahaya pada motor tersebut. Jadi adanya transient respons ini sangat berhubungan dengan waktu..

Perubahan torsi beban pada motor akan mempengaruhi, arus stator, tegangan dan fluks rotor. Tidak semua motor dijalankan pada torsi yang konstan misalnya suatu motor dijalankan pada 0,5 dari torsi rata-rata pada awal dan torsi penuh setelah motor berjalan beberapa detik. Faktor-faktor dalam ini merupakan suatu gejala peralihan ketika motor dioperasikan dengan beban ataupun torsi yang berubah-ubah. Perubahan ini juga akan mengakibatkan pada arus, dan flux rotor. Ketika motor pertama kali dijalankan atau pada kondisi startup dapat diketahui akan mengalami transient respons adanya gejala naik turun arus, tegangan, kecepatan dan flux sebelum motor tersebut beroperasi dalam kondisi steady state. Dalam menganalisa gejala transient ada motor induksi, maka motor induksi digunakan dalam dua fasa yaitu motor dalam D (direct) dan Q (quadrature) sumbu. Konsep ini dianggap mudah karena terdiri dari dua pengaturan medan yaitu pada stator dan pada rotor.

---

## 2.7 Efisiensi

Menurut (David H.Sirait Tj.Morawa,2008.) Efisiensi motor induksi adalah ukuran keefektifan motor induksi untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik yang dinyatakan sebagai perbandingan antara masukan dan keluaran atau berbentuk energi listrik. Berupa perbandingan watt keluaran dan watt masukan, definisi NEMA terhadap efisiensi energi adalah bahwa efisiensi merupakan perbandingan atau rasio dari daya keluaran yang berguna terhadap daya input total biasanya dinyatakan dalam %. Juga sering dinyatakan dengan perbandingan antara keluaran dengan keluaran ditambah rugi-rugi, yang dirumuskan dengan persamaan:

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} = \frac{P_{in} - P_{loss}}{P_{in}} = \frac{P_{out}}{P_{out} + P_{Loss}} \times 100\%$$

Dari persamaan terlihat bahwa efisiensi motor bergantung pada besar rugi-rugi persamaan penjumlahan komponen. Pada motor induksi pengukuran efisiensi motor induksi sering dilakukan dengan beberapa cara seperti:

- Mengukur langsung daya listrik masukan dan daya mekanis keluaran
- Mengukur langsung seluruh rugi-rugi dan daya masukan
- Mengukur setiap komponen rugi-rugi dan daya masukan

Dimana pengukuran daya masukan tetap dibutuhkan pada ketiga cara diatas. Umumnya, daya listrik dapat diukur dengan sangat tepat, keberadaan daya mekanis yang lebih sulit untuk diukur. Saat ini sudah dimungkinkan untuk mengukur torsi dan kecepatan dengan cukup akurat yang bertujuan untuk mengetahui harga efisiensi yang tepat. Pengukuran pada keseluruhan rugi-rugi ada yang berdasarkan teknik kalorimetri. Walaupun pengukuran metode ini relatif sulit dilakukan, kekurangan yang dihasilkan dapat dibandingkan dengan hasil yang didapat dengan pengukuran langsung pada daya keluaran. Keuntungannya terutama adalah fakta bahwa ada kemungkinan koreksi untuk temperatur lingkungan yang berbeda, biasanya data efisiensi yang disediakan oleh pembuat diukur atau di hitung berdasarkan standat tertentu.

## 2.8. Umum

Menurut (David H.Sirait Tj.Morawa,2008.) Masalah pengasutan motor induksi yang umum menjadi perhatian adalah pada motor –motor induksi tiga fasa yang memiliki kapasitas yang besar. Pada waktu mengasut (*start*) motor induksi kapasitas besar,besar arus listriknya cenderung melonjak dengan tinggi sekali,walaupun memakan waktu yang cukup singkat namun kejadian tersebut akan menimbulkan guncangan-guncangan tegangan pada jaringan listrik. Guncangan-guncangan tersebut sangat mengganggu stabilitas jaringan listrik secara keseluruhan, atau dapat pula menyebabkan pemutus daya terlepas (*trip*).

Untuk itulah telah dipikirkan cara-cara untuk melakukan pengasutan motor induksi secara aman,adapun macam pengasutan yang umum adalah:

- 1.) Pengasutan stator:
  - 1.) Langsung
  - 2.) Dengan saklar bintang-segitiga
  - 3.) Dengan Transformator
- 2.) Pengasutan rotor :
  - Dengan kumparan/tahanan hambat.

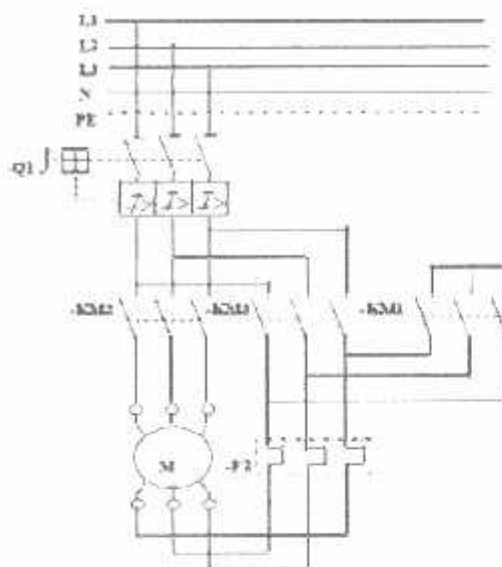
## 2.9 Metode-metode start

### 2.9.1 Metode Star-Delta

Menurut ( Andi Pawawoi November 2009) Prinsip kerjanya adalah sebagai berikut :

pada posisi *start*, belitan terhubung bintang/*star*, sedangkan pada posisi *running* belitan terhubung delta. Tegangan yang melewati masing-masing fase belitan pada posisi *start* bintang adalah 58% atau  $\frac{1}{\sqrt{3}}$  dari tegangan hubungan delta, dengan konsekuensi arus yang mengalir berkurang saat *starting*.

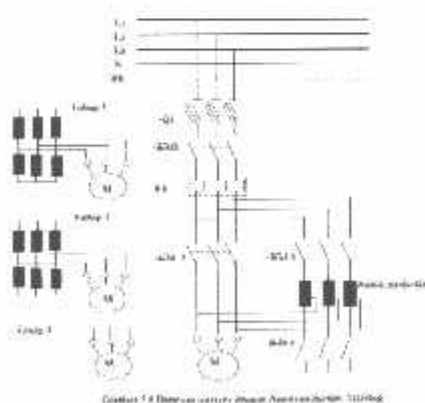
---



Gambar 2.8. Pengasutan dengan Start-Delta

### 2.9.2. Metode Autotrafo

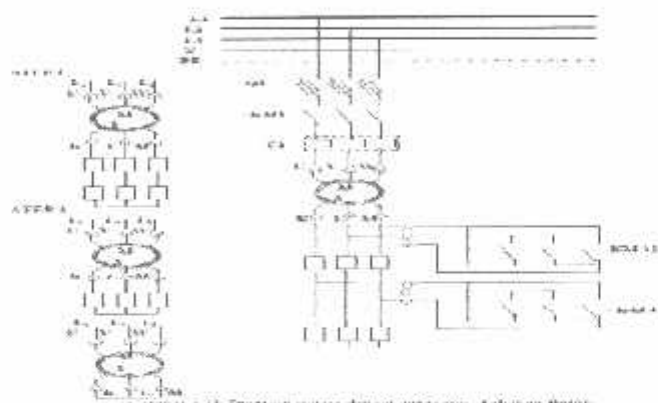
Menurut (Andi Pawawoi November 2009) Salah satu cara untuk mengurangi tegangan terminal ke motor adalah dengan menurunkannya dengan menggunakan trafo. Kemudian, ketika motor telah mencapai percepatan yang mendekati kecepatan maksimum, tegangan yang telah diturunkan akan dikembalikan lagi ke normal. Kondisi starting motor bergantung pada posisi *tapping* pada belitan trafo. Biasanya terdapat tiga atau lebih pilihan *tapping* yang disediakan sebagai alternatif kondisi *starting*, seperti : 40 %, 60 %, atau 75 % tegangan saluran.



Gambar 2.9 Pengasutan dengan Autotrafo

### 2.9.3. Metode Reaktor/resistor Seri

Menurut (Andi Pawawoi November 2009) Dapat dikatakan bahwa untuk membatasi arus yang dibangkitkan, resistor menambah impedans pada rangkaian AC yang sebanding dengan nilai induktans dan frekuensi yang digunakan. Jatuh tegangan pada saluran mungkin bisa lebih kecil karena pengasutan dengan resistor mempunyai faktor daya yang lebih baik.



Gambar 2.10. Pengasutan Rotor/reaktor

## 2.10 Peralatan Yang digunakan

### 2.10.1.Kontaktor

Menurut (David H.Sirait Tj.Morawa,2008.) Kontaktor adalah salah satu jenis peralatan listrik yang digunakan untuk menghubungkan atau memutus rangkaian listrik (umumnya adalah motor listrik) yang bekerja berdasarkan prinsip elektromagnet. Kontaktor mempunyai belitan dan jika dialiri arus listrik akan menimbulkan gaya magnetic,sehingga gaya magnetic ini akan mengoperasikan kotak-kotak dari kontaktor yang terdiri dari kotak utama yaitu kontak yang digunakan untuk menghubungkan rangkaian daya dan kontak bantu yang digunakan pada rangkaian kontrol.

Prinsip kerja kontaktor adalah berdasarkan gaya elektromagnetik. Kontak-kontak yang dikopel pada angker (inti gerak)pada posisi awalnya kontak NO dan kontak NC, maka jika diberi tegangan kontak-kontak NO akan menutup dan NC

akan membuka. Jika tegangan dilepas, akan kembali ke posisi semula. Kumparan dari kontaktor umumnya disuplay dengan tegangan 220 V

### **2.10.2. Relay**

Menurut (David H.Sirait Tj.Morawa,2008.) Relay adalah suatu alat yang di gunakan dalam suatu rangkaian control untuk melengkapi sistem pengontrolan yang otomatis. Relay berfungsi untuk memonitor besaran-besaran ukuran sesuai dengan batas-batas yang di kehendaki. Relay bekerja pada tegangan dan arus yang kecil jadi berbeda dengan kontaktor.

### **2.10.3.Timer**

Menurut (David H.Sirait Tj.Morawa,2008.) Timer adalah suatu relay waktu dimana pengoperasiannya dapat diatur berapa lama on maupun offnya dengan setting waktu.Timer mempunyai kumparan dengan nomor terminal a dan b atau 2 dan 10,dimana kedua terminal ini dihubungkan ke sumber tegangan. Menurut pengoperasiannya timer dibagi dua jenis yaitu;

#### **a.) On Delay.**

Timer jenis on delay ini bekerja atas dasar penundaan waktu.Apabila timer sudah diberi tegangan,namun lengan-lengan kontaknya masih belum bekerja,dikarenakan setting waktu kerja yang sudah diatur. Setelah beberapa saat barulah pegas dari timer on delay ini bekerja untuk menarik lengan-lengan kontak timer untuk mensuplai arus ke rangkaian lain.

#### **b.) Off Delay**

Untuk kerja dari timer off delay merupakan kebalikan dari kerja on delay,dimana waktu kerjanya dibatasi sampai waktu yang telah diatur. Pada saat koil timer diberi tegangan,pegas dari timer juga langsung bekerja untuk menarik lengan-lengan kontak timer.

---

#### 2.10.4. Lampu tanda.

Menurut (David H.Sirait Tj.Morawa,2008.) Lampu tanda di pasang secara paralel dengan peralatan control sehingga kita dapat mengetahui peralatan mana saja yang sedang bekerja dan tidak bekerja

### 2.11. Peralatan Pengaman

Menurut (David H.Sirait Tj.Morawa,2008.) Tujuan tindakan pengamanan pada instalasi listrik adalah untuk melindungi manusia atau peralatan yang tersambung dengan instalasi itu jika terjadi arus gangguan akibat dari keadaan yang tidak normal. Untuk itu perlu dipakai pengaman seperti sekring,MCB.

Yang menjadi dasar pertimbangan pengaturan pengaman adalah arus dan waktu kerja suatu pengaman pada instalasi listrik. Karena itu besarnya arus hubung singkat baik nilai maksimum maupun minimum harus dihitung untuk menentukan arus pengaturan. Disamping itu waktu yang diperlukan oleh pengaman menanggapi gangguan juga menentukan

#### 2.11.1. Fuse

Menurut (David H.Sirait Tj.Morawa,2008.) Fuse atau pengaman lebur digunakan sebagai pengaman rangkaian listrik terhadap arus hubung singkat yang terjadi karena kesalahan fasa dengan fasa,fasa dengan netral,atau antara fasa dengan body peralatan yang dihubungkan dengan penghantar pertanahan. Fuse putus jika arus yang mengalir melaluinya melebihi kemampuannya. Untuk mendapatkan pemutusan yang efektif hendaknya ukuran fuse lebih kecil dibandingkan dengan arus yang melaluinya. Arus nominal adalah arus yang mengalir secara terus menerus pada kondisi normal tanpa terjadi gangguan arus pada fuse tersebut.

Faktor fuse merupakan perbandingan arus maksimum yang tidak merusak fuse pada waktu tertentu dengan arus kerjanya.

$$\text{Faktor fuse (ff)} = \frac{\text{Arus yang menyebabkan putus}}{\text{Arus kerja nominal}}$$

Faktor fuse yang digunakan Amerika, Jepang dan lain sebagainya di golongkan atas 4 kelas untuk tegangan menengah dan tegangan rendah, yaitu :

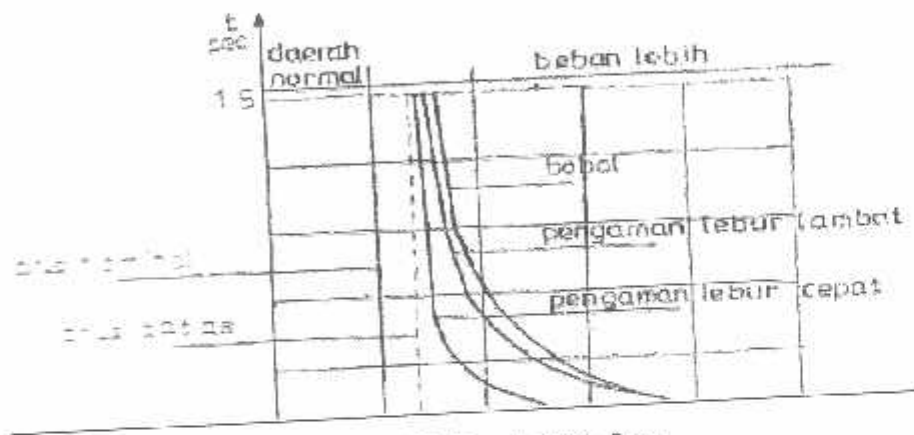
Kelas P untuk faktor fuse sampai dengan 2,5

Kelas Q1 untuk faktor fuse sampai dengan 1,5

Kelas Q2 untuk faktor fuse sampai dengan 1,75

Kelas K untuk faktor fuse sampai dengan 1,75

Untuk mengetahui pemutusan fuse dan hubungannya dengan waktu dapat kita lihat seperti Gambar 2.11



Gambar 2.11 Karakteristik fuse

Untuk memudahkan pengenalan fuse dapat kita kenal dengan kode-kode warna yang ada pada fuse yaitu:

2	A	Merah mudah
4	A	Coklat
6	A	Hijau
10	A	Merah
16	A	Kelabu
20	A	Biru
25	A	Kuning
35	A	Hitam
50	A	Putih
60	A	Warnah tembaga



Fuse yang beredar di pasaran mempunyai dua tipe yaitu tipe pemutusan lambat dan tipe pemutusan cepat. Kedua tipe ini berbeda dalam hal sensitivitasnya terhadap arus gangguan. Untuk tipe pemutusan lambat, sensitivitasnya terhadap gangguan sangat kecil, sedangkan untuk tipe pemutusan cepat lebih sensitivitas terhadap arus gangguan.

Berdasarkan sensitivitasnya tersebut maka dalam menentukan ranting fuse yang digunakan mempunyai factor pemutusan yang berbeda.

$$I_F = 3 \times I \text{ ( untuk pemutusan cepat)}$$

$$I_F = 2 \times I \text{ ( untuk pemutusan lambat)}$$

### 2.11.2. Thermal Over Load

Menurut (David H. Sirait Tj. Morawa, 2008.) Thermal overload merupakan peralatan pengaman motor listrik terhadap arus beban lebih. Pengaman ini bekerja secara termis yaitu karena panas yang ditimbulkan oleh adanya arus listrik yang melewati arus nominalnya. Suhu yang tinggi pada motor disebabkan oleh perubahan energi listrik menjadi energi panas. Energi panas ini dirubah menjadi energi mekanis oleh logam bimetal untuk melepaskan kontakannya. Dengan membukanya kontak-kontak ini maka rangkaian akan menjadi terbuka sehingga motor aman dari bahaya beban lebih tersebut.

Pada saat motor mengalami beban lebih maka kontak bantu NC dari pengaman ini akan memutuskan suplai daya ke kontaktor yang mengoperasikan motor tersebut sehingga motor akan berhenti bekerja dan terhindar dari kerusakan akibat gangguan tersebut.

Thermal ini dapat distel berdasarkan nilai arus oleh pabrik pembuatannya. Proteksi ini di rancang sedemikian rupa sehingga arus jatuhnya kira-kira 10% lebih tinggi dari nilai setelnya. Jika arus nominal motor 20 A maka arus setting dari thermal adalah sebesar 22 A.

### 2.11.3. Miniatur Circuit Breker (MCB)

Menurut (David H. Sirait Tj. Morawa, 2008.) MCB merupakan peralatan switching dan pemutus arus yang berfungsi untuk memutuskan tenaga listrik baik

pada saat operasi normal maupun dalam keadaan tidak normal. MCB biasanya dilengkapi dengan pengaman thermis untuk beban lebih dan pengaman relay untuk hubung singkat.

Pada operasi normal, MCB dipergunakan untuk membuka suatu rangkaian listrik, misalnya untuk keperluan perawatan. Pada keadaan operasi tidak normal, misalnya pada saat terjadi gangguan arus lebih maka pada keadaan ini MCB akan membuka kontakannya secara otomatis sehingga rangkaian yang terganggu akan segera dilokalisasi. Berdasarkan pemakaian dan tingkat kepekaan, dapat diklasifikasikan atas:

a) MCB dengan karakteristik G.

MCB ini ada dua macam :

1. MCB tipe G yang dirancang dengan kondisi tripping magnetiknya baru akan bekerja apabila terjadi kenaikan arus sebesar 7-10 kali arus nominalnya. Untuk kenaikan arus 7 kali arus nominal, MCB akan trip pada waktu diatas 0,5 detik dan untuk kenaikan 10 kali arus nominal, MCB trip dibawah 0,5 detik.
2. MCB tipe G dengan kondisi tripping untuk kenaikan arus 6 kali arus nominalnya.

a) MCB karakteristik L

Pada umumnya kondisi tripping magnetiknya baru dapat bekerja apabila terjadi kenaikan arus 3-5 kali arus nominalnya. MCB tipe L ini merupakan tingkat pengaman yang lebih sensitif dibanding MCB tipe G. Biasanya MCB tipe L digunakan pada instalasi rumah tangga, gedung-gedung perkantoran atau bersifat komersil, dimana pada umumnya tempat-tempat tersebut menggunakan beban yang bersifat resistif atau induktif ringan.

b) MCB Karakteristik K

Kondisi tripping magnetiknya baru dapat bekerja apabila kenaikan arus 8-12 kali arus nominalnya. Biasanya digunakan untuk mengamankan kabel-kabel instalasi dan beban induktif berat atau motor-motor penggerak mesin-

### BAB III

## PEMODELAN SIMULASI *SOFTWARE ETAP POWERSTATION*

### 3.1. Simulasi Software *ETAP Powerstation*

*ETAP Powerstation* merupakan program untuk menganalisa kondisi transien suatu system kelistrikan. *ETAP Powerstation* memungkinkan antar muka secara grafis dan komputasi yang sempurna dan secara langsung kita dapat menggambar single line diagram. Program ini didesain berdasarkan tiga konsep, yaitu:

#### 3.1.1. Operasi Nyata Secara Virtual (*Virtual Reality Operation*)

Pengoperasian program mirip dengan pengoperasian listrik secara nyata. Seperti ketika menutup atau membuka CB, membuat suatu elemen keluar dari rangkaian, mengganti status operasi motor dan lain sebagainya. *ETAP Powerstation* memiliki konsep-konsep baru dalam menentukan koordinasi peralatan pengaman secara langsung dari *single line diagram*

#### 3.2.2. Data Gabungan Total (*Total Intergration of Data*)

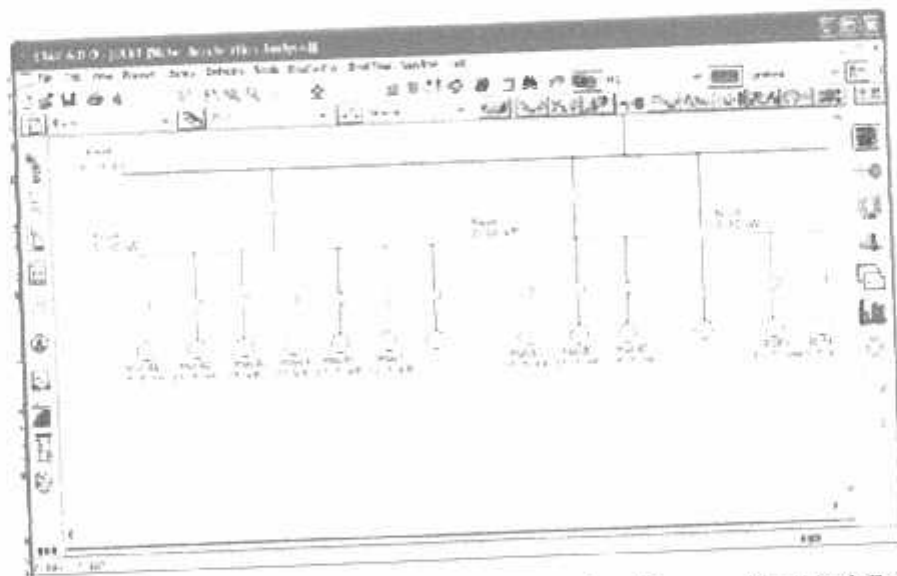
*ETAP Powerstation* menggabungkan konsep elektrik, logika, mekanik dan fisik dari suatu elemen system dalam database yang sama. Sebagai contoh:

#### 3.3.3. Kesederhanaan Dalam Memasukkan Data

*ETAP Powerstation* menggunakan data lengkap dan setiap peralatan listrik yang kadang hanya membutuhkan semua jenis pemasukan data. Data editor dapat mempercepat proses memasukan data. Data editor dapat mempercepat proses memasukkan data dengan membutuhkan data minimum.

Standar yang digunakan *ETAP Powerstation* versi 6.0.0 ada dua yaitu IEEE JEC. Hal ini berdasarkan kenyataan bahwa dalam system tenaga di dunia terbagi

dalam dua satuan umum. Pada gambar 3.1 terdapat *toolbar AC Edit, DC Edit* dan Instrumen yang merupakan kumpulan dari alat-alat ukur. *AC Edit* digunakan untuk menggambar jaringan *AC,DC Edit* digunakan untuk menggambar rangkaian DC. Dimana setiap kelompok tools tersebut terdapat bus, kabel,CB,fuse,beban dan lain sebagainya. *Mode Toolbar* digunakan untuk meruning program. Analisa yang dapat dilakukan antara lain adalah analisa aliran daya,hubung singkat,motor starting,harmonisa,stabilitas transien,koordinasi relay dan lain sebagainya. Komponen diletakkan pada modul dengan cara click kiri sekali pada salah satu tool yang diinginkan,lalu diletakkan pada modul dengan klik kiri. Kemudian melakukan pengisian data dengan cara double click salah satu peralatan yang ada di modul yang telah dipilih untuk pengisian data parameter maupun keterangan secara lengkap. Pemodelan simulasi starting motor menggunakan software *ETAP Powerstation* terlihat pada gambar 3.1. dibawah ini.



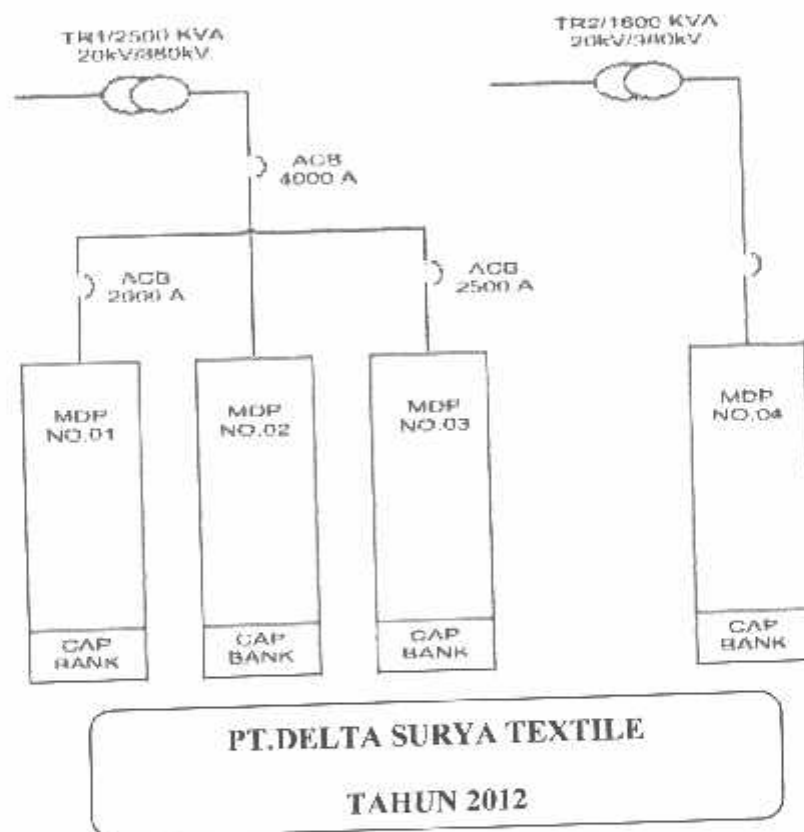
Gambar 3.1.Tampilan Pemodelan Single Line Diagram Simulasi Software *ETAP Powerstation*

### 3.2. Pemodelan Kedalam Software *ETAP Powerstation*.

Dengan bantuan software *ETAP Powerstation* maka simulasi one-line

diagram yang terlihat dalam gambar 3.2. Dengan memasukkan data name plate motor didalam menu induction machine editor *Program ETAP Powerstation*. Kemudian memilih peralatan starting motor yang akan digunakan untuk menganalisa. Dengan mensetting waktu start dan total simulasi pada menu motor starting studi case, kemudian menjalankan program Run Dynamic Motor Starting yang terletak dipojok kanan atas dalam tampilan menu program.

### SINGLE LINE DIAGRAM LISTRIK



Gambar 3.2. Pemodelan One-Line Diagram Simulasi PT. DELTA SURYA TEXTILE PURWODADI PASURUAN

Induction Machine Editor Spare1

Protection Info Cable/V/d Nameplate Cable Amp Model Inertia Reliability Load Remarks Start Dev Comment Start Cat

1 30 kW 0.38 kV 1.3/C 8 AWG/kcmil 0.6 kV

Rating

kW 30 kV 0.38 % PF 90.43 100 % 75 % 50 % 90.43 90.43 90.43 Rated % Slip 1.04 Poles 4

kVA 52.7 FLA 80.08 % Eff 79.73 79.73 79.73 RPM 1781 RPM 1800

Library .. None SF 1

Loading

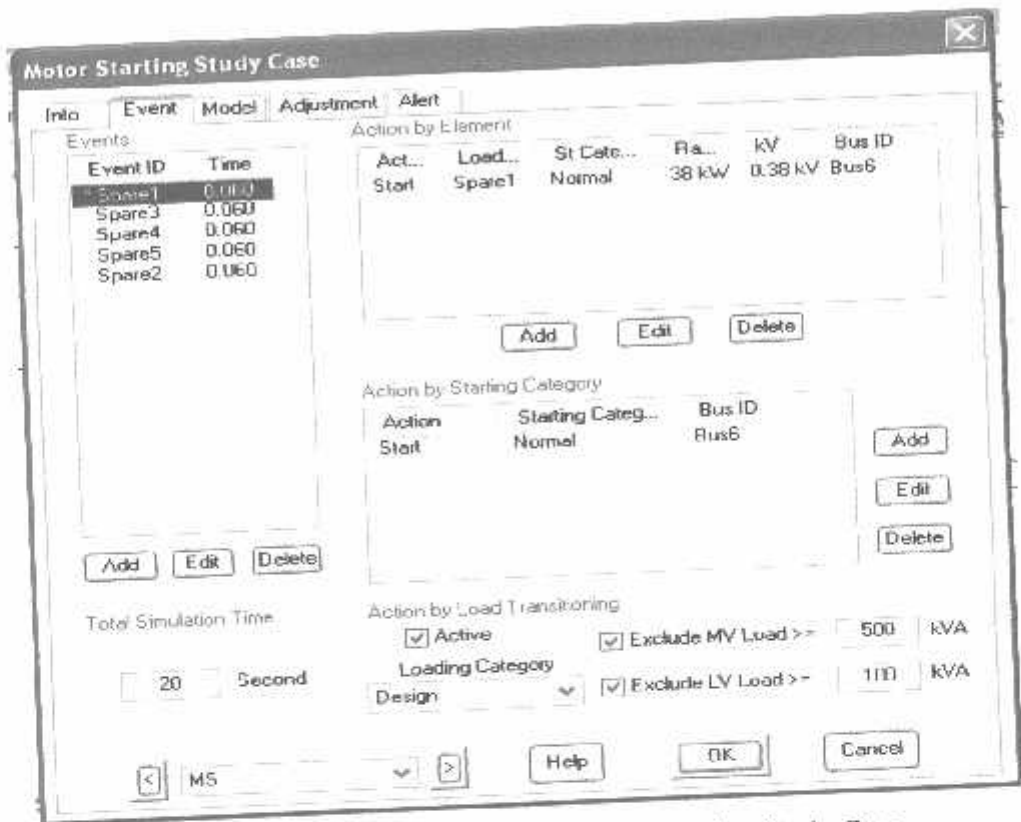
	Loading Category	% Loading	Motor Loss		Feeder Loss	
			kW	kvar	kW	kvar
1	Design	100	0	0	0	0
2	Normal	0	0	0	0	0
3	Brake	0	0	0	0	0
4	Winter Load	0	0	0	0	0
5	Summer Load	0	0	0	0	0
6	FL Reject	0	0	0	0	0
7	Emergency	0	0	0	0	0
8	Shutdown	0	0	0	0	0
9	Accident	0	0	0	0	0
10	Backup	0	0	0	0	0

Operating Load: 0 kW +1 0 kvar

Buttons: [Back] [Forward] [Home] [Help] [OK] [Cancel]

Gambar 3.3. Inputan Data Name Plate Motor kedalam *Software ETAP Powerstation*

Pada gambar 3.3. menampilkan inputan data name plate motor induksi dan pemasangan model kelas motor sehingga didapatkan karakteristik parameter motor induksi. Dalam pengoperasian motor juga dapat dipilih peralatan starting motor dari *Start Dev Induction Machine Editor* dan juga kita dapat menentukan karakteristik torsi beban motor. Selanjutnya dilakukan setting waktu start dan durasi total simulasi waktu running program pada menu motor starting studi case seperti yang terlihat pada gambar 3.4. Pada menu motor starting study case ini kita dapat mengoperasikan beberapa motor dalam pengaturan waktu yang berbeda-beda sehingga pada saat start, motor dapat berjalan sesuai dengan setting waktu yang telah ditentukan.



Gambar 3.4. Menu Tools Motor Starting Study Case

Kemudian setelah mensetting waktu pada motor Starting Study Case. Maka kita dapat menjalankan starting motor dengan menu Run Dynamic Motor Starting, dan untuk mengetahui hasil simulasi starting motor dengan mengklik Plot Kurva Analisis starting motor maka akan didapatkan hasil simulasi program starting motor induksi.

## BAB IV

### ANALISA DAN HASIL SIMULASI STARTING MOTOR INDUKSI

#### 4.1. Analisa Dan Hasil Simulasi Starting Motor

Analisa ini bertujuan untuk mengetahui besarnya arus pada saat motor di jalankan tanpa menggunakan pengasutan motor.

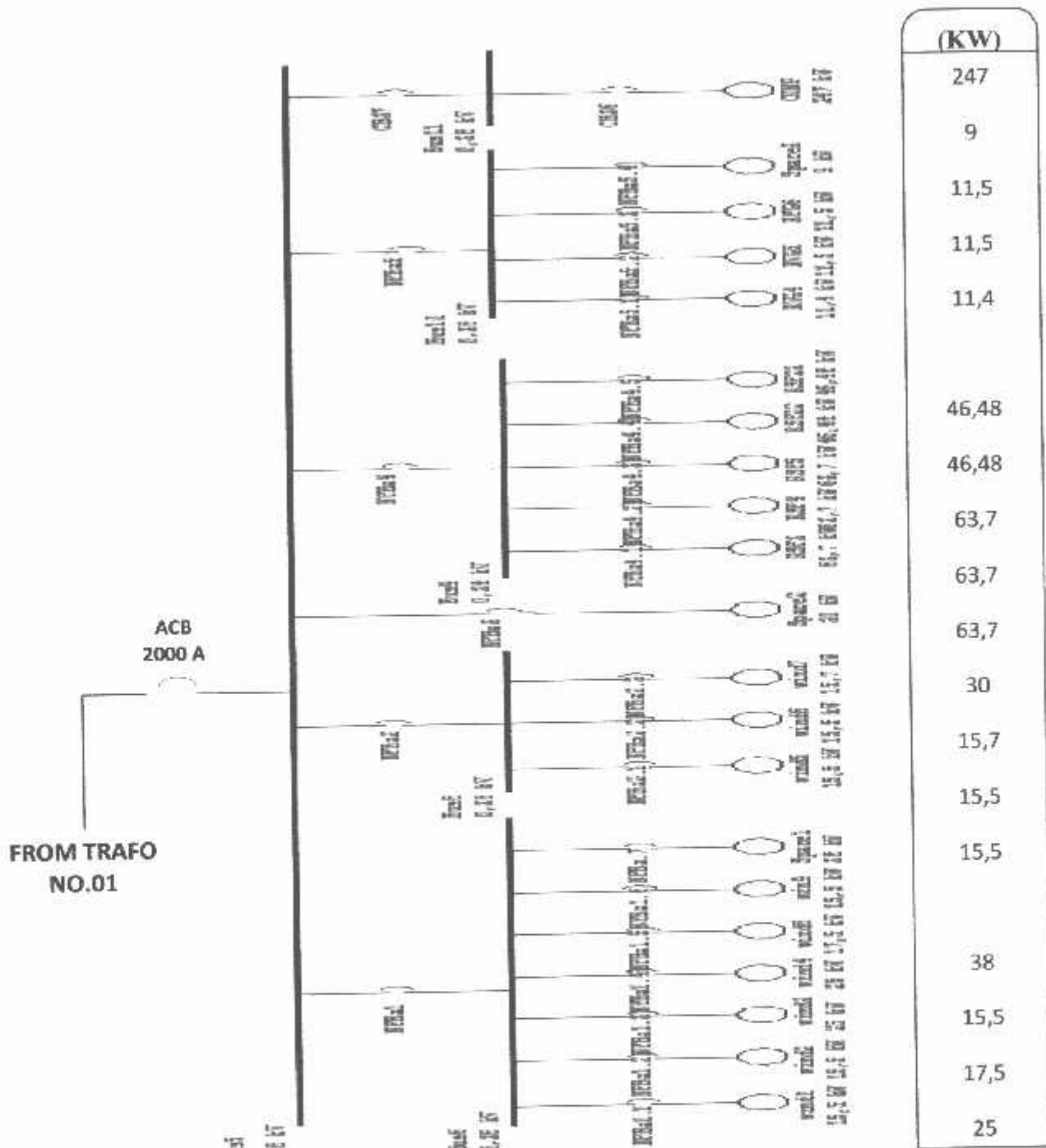
Setelah memasukan data motor dan pemodelan one-line diagram pada *Program ETAP Powesstation* maka motor dijalankan dengan menggunakan fasilitas peralatan starting motor. Kemudian dapat diamati pula hasil komputasi program pada menu motor starting report manager. Data hasil simulasi juga dapat diamati dengan mengklik gambar kurva simulasi starting motor.

#### 4.2. Single Line Diagram Simulasi Pada ETAP Powerstation di PT DELTA SURYA TEXTIL



**SINGLE LINE DIAGRAM LISTRIK PT.DELTA TEXTILE TAHUN 2012**

MDP NO.1/TR-1 2500 KVA

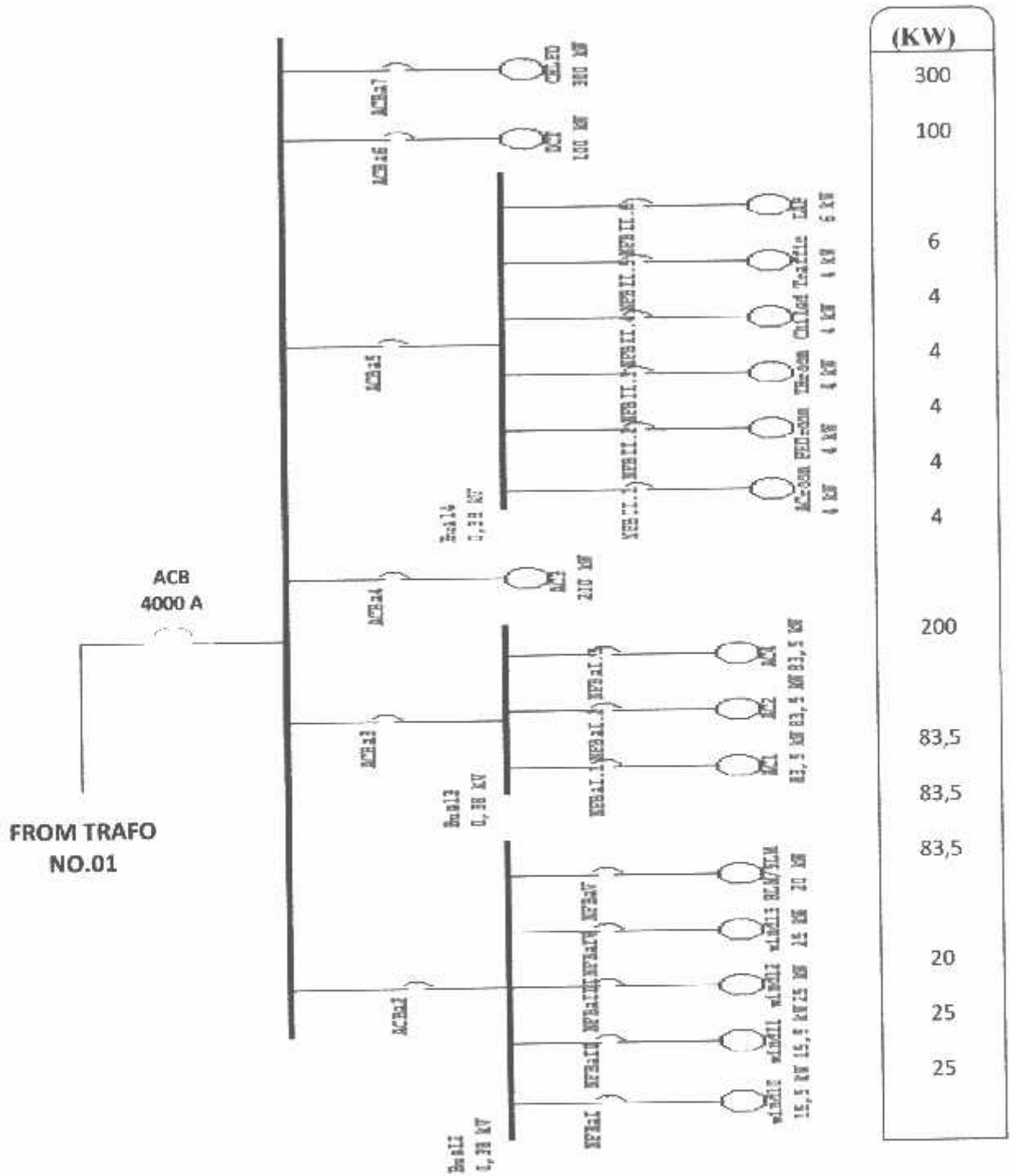


Gambar 4.1 Sigle Line Diagram MDP 1

**Penjelasan:** Yang dimaksud MDP yaitu pembagian suatu single Line dalam perusahaan. Di PT DELTA SURYA TEXTILE Diagram Sigle Line ada 4 MDP yaitu MDP 1 sampai MDP 4. Pada MDP 1 ada 20 motor dan 6 bus ACB nya 2000 Ampere.

# SINGLE LINE DIAGRAM LISTRIK PT.DELTA TEXTILE TAHUN 2012

MDP NO.2/TR-1 2500 KVA

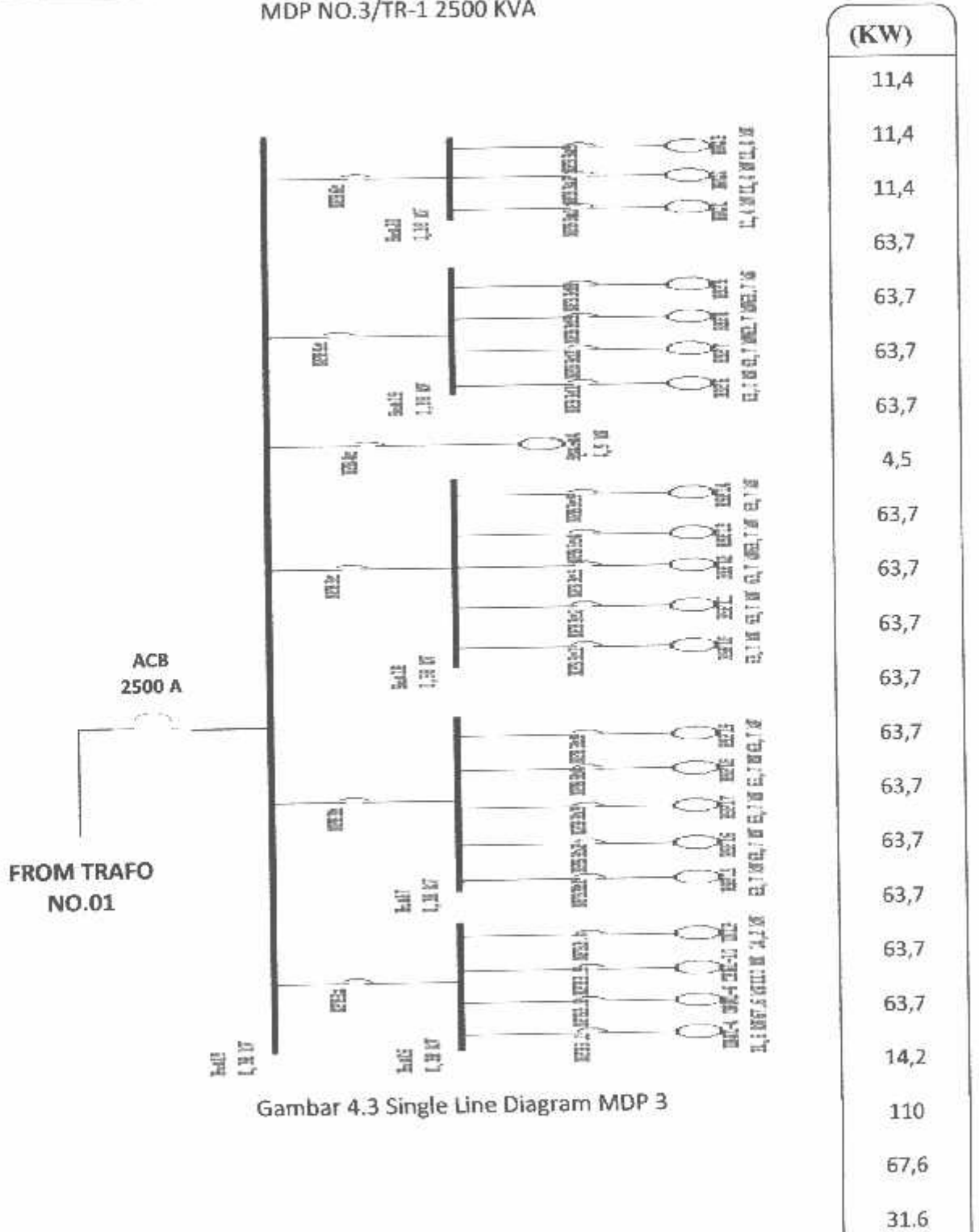


Gambar 4.2 Single Line Diagram MDP 2

**Penjelasan:** Yang dimaksud MDP yaitu pembagian suatu single Line dalam perusahaan. Di PT DELTA SURYA TEXTILE Diagram Sigle Line ada 4 MDP yaitu MDP 1 sampai MDP 4. Pada MDP 2 ada 15 motor dan 3 bus ACB nya 4000 Ampere.

**SINGLE LINE DIAGRAM LISTRIK PT.DELTA TEXTILE TAHUN 2012**

MDP NO.3/TR-1 2500 KVA

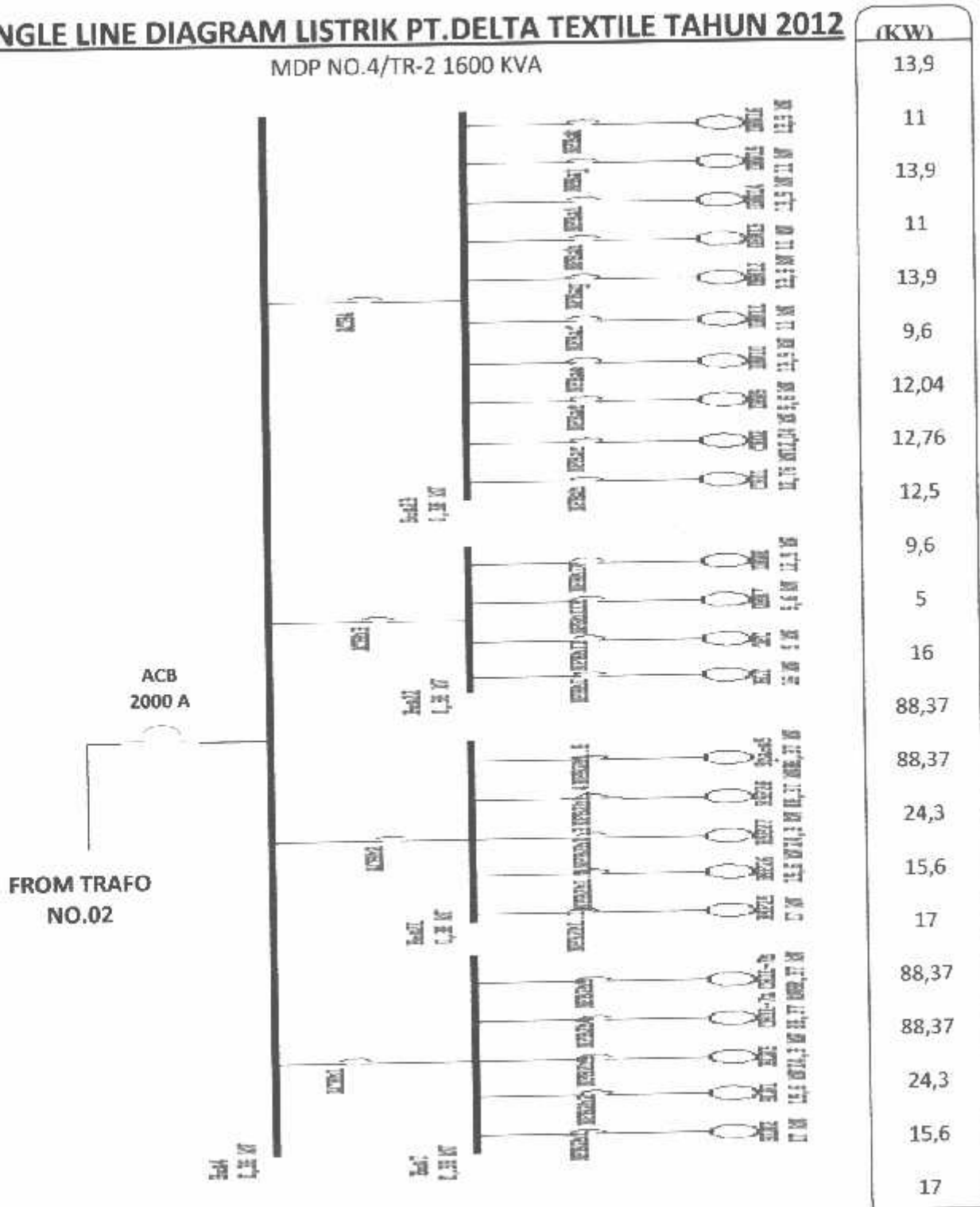


Gambar 4.3 Single Line Diagram MDP 3

**Penjelasan:** Yang dimaksud MDP yaitu pembagian suatu single Line dalam perusahaan. Di PT DELTA SURYA TEXTILE Diagram Sigle Line ada 4 MDP yaitu MDP 1 sampai MDP 4. Pada MDP 3 ada 25 motor dan 3 bus ACB nya 2500 Ampere.

**SINGLE LINE DIAGRAM LISTRIK PT.DELTA TEXTILE TAHUN 2012**

MDP NO.4/TR-2 1600 KVA



Gambar 4.4 Single Line Diagram MDP 4

**Penjelasan:** Yang dimaksud MDP yaitu pembagian suatu single Line dalam perusahaan. Di PT DELTA SURYA TEXTILE Diagram Sigle Line ada 4 MDP yaitu MDP 1 sampai MDP 4. Pada MDP 4 ada 22 motor dan 5 bus ACB nya 2000 Ampere dengan trafo no 02

#### 4.2.1 Data Motor Yang dibahas adalah motor Spare 1 dengan Spesifikasi

Tabel 4.1 Data Motor spare 1

Motor	P(kw)	V(KVA)	I (A)	F(Hz)	Kecepatan (RPM)	PF
Spare 1	38	52,7	80,1	50	1800	90,43

#### 4.2.2 Hasil Tanpa Pengasutan Pada Motor Spare 1 Acceleration Menggunakan Program ETAP Powerstation

Tabel 4.2 Acceleration Hasil Tanpa Pengasutan Pada saat transient

Time (Sec.)	Slip (%)	current (% FLA)	% Terminal Voltage		% Bus Voltage	Torque (% FLT)	
			kVb Load	kVb		motor	Load
0.060	100.00	608.64	97.33	97.33	97.33	97.71	0.00

Tabel 4.3 Acceleration Hasil Tanpa Pengasutan Pada saat Steady State

Time (Sec.)	Slip (%)	current (% FLA)	% Terminal Voltage		% Bus Voltage	Torque (% FLT)	
			kVb Load	kVb		motor	Load
1.790	107	100.06	97.78	97.78	97.78	97.86	97.86

#### 4.2.3. Hasil Pengasutan Strat-Delta Pada Motor Spare 1 Acceleration Menggunakan Program ETAP Powerstation

Tabel 4.4 Acceleration Hasil Pengasutan Start-Delta Pada saat transient

Time (Sec.)	Slip (%)	current (% FLA)	% Terminal Voltage		% Bus Voltage	Torque (% FLT)	
			kVb Load	kVb		motor	Load
1.080	70.35	507.88	97.41	97.41	97.41	79.57	8.79

Tabel 4.5 Acceleration Hasil Pengasutan Start-Delta Pada saat Steady State

Time (Sec.)	Slip (%)	current (% FLA)	% Terminal Voltage		% Bus Voltage	Torque (% FLT)	
			kVb Load	kVb		motor	Load
2.480	1.07	100.06	97.78	97.78	97.78	97.86	97.86

#### 4.2.4. Hasil Pengasutan Autotrafo Pada Motor Spare 1 Acceleration Menggunakan Program ETAP Powerstation

Tabel 4.6 Acceleration Hasil Pengasutan Autotrafo Pada saat transient

Time (Sec.)	Slip (%)	current (% FLA)	% Terminal Voltage		% Bus Voltage	Torque (% FLT)	
			kVb Load	kVb		motor	Load
3.070	23.59	394.25	97.51	97.51	97.51	96.98	58.38

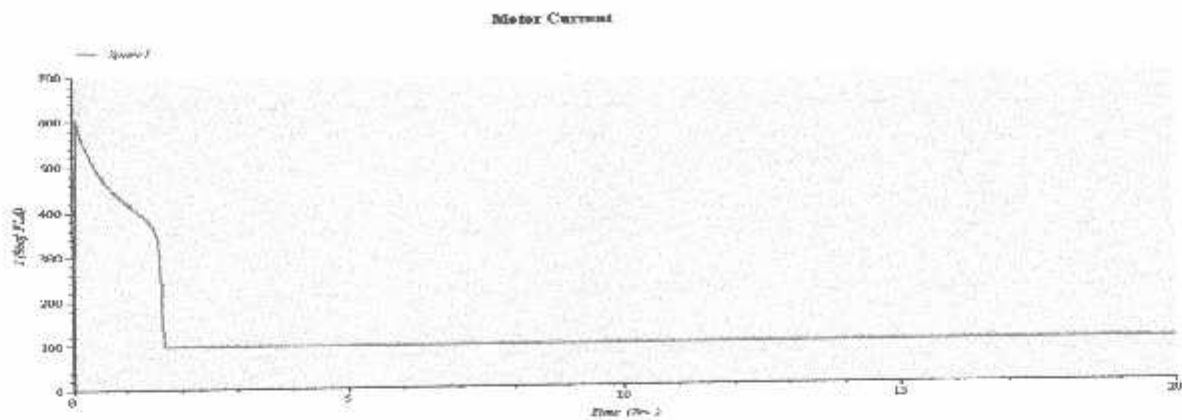
Tabel 4.7 Acceleration Hasil Pengasutan Autotrafo Pada saat Steady State

Time (Sec.)	Slip (%)	current (% FLA)	% Terminal Voltage		% Bus Voltage	Torque (% FLT)	
			kVb Load	kVb		motor	Load
3.570	1.07	100.06	97.78	97.78	97.78	97.86	97.86

### 4.3. Analisa Motor Spare 1

#### 4.3.1 Tampilan Hasil Simulasi Starting Motor Tanpa Pengasutan

Tampilan Hasil Simulasi starting motor adalah untuk mengetahui besarnya arus yang ditarik motor pada saat motor dijalankan. Pada saat start, motor menarik arus yang cukup besar. Besarnya arus yang ditarik motor seperti yang terlihat pada gambar 4.1 di bawah ini



Grafik 4.1. Kurva Arus (A) Starting Motor Terhadap Waktu

Pada starting motor tanpa pengasutan pada saat  $t = 0,06$  second, arus starting mengalami kenaikan sebesar 608,64 %. Dan pada saat kondisi mantap terjadi pada  $t = 1,79$  second sebesar 100,06 %.

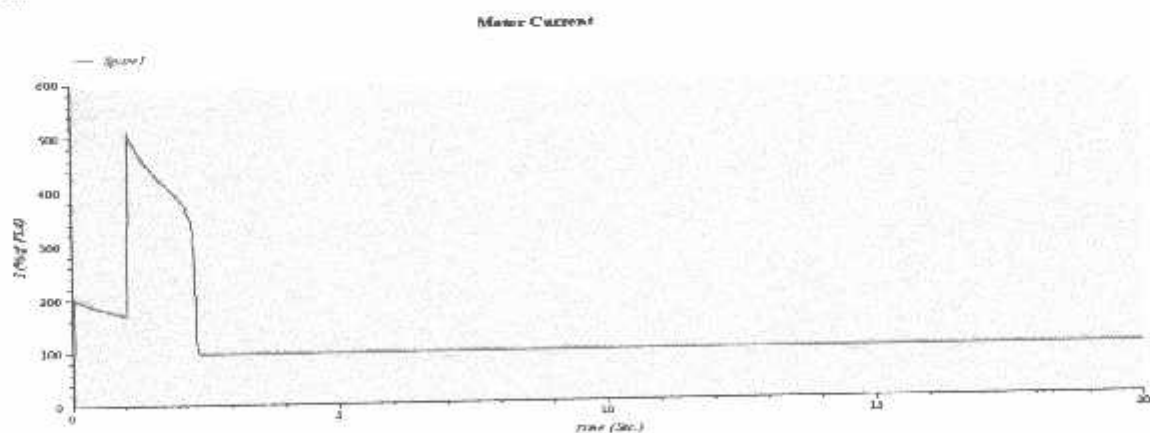
#### 4.4. Hasil Simulasi dengan metode Pengasutan Motor

Untuk menurunkan arus starting pada saat pengoperasian motor adalah dengan cara menurunkan tegangan terminal motor, kita simulasikan melalui *Program ETAP Powerstation* dengan menggunakan peralatan starting motor, diantaranya adalah:

- 1). Pengasutan Y/ $\Delta$
- 2). Pengasutan Autotrafo

##### 4.4.1. Hasil Simulasi Pengasutan start-delta

Tampilan Hasil simulasi pada *Software ETAP Powerstation* dengan pengasutan start-delta

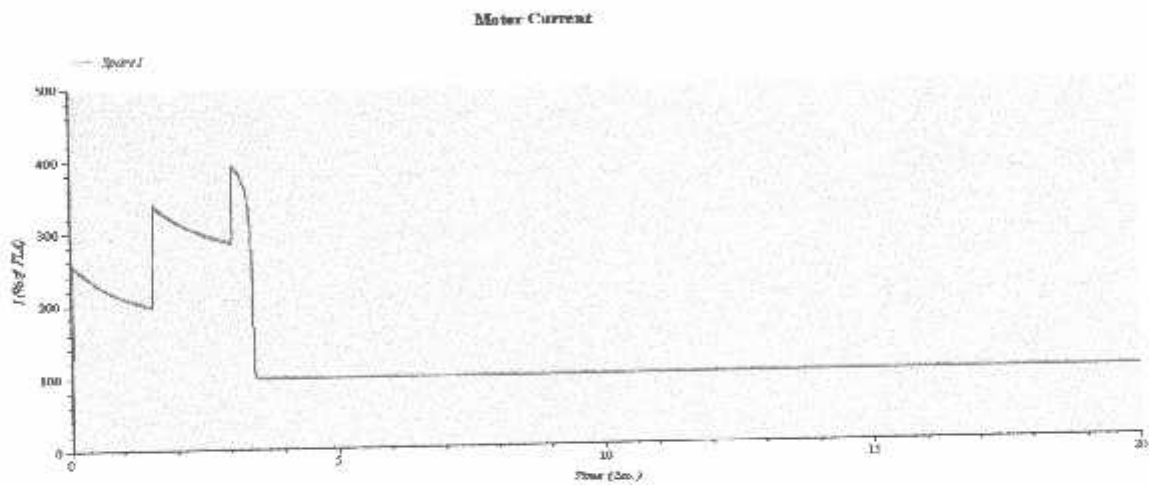


Grafik 4.2. Kurva Arus Pengasutan Start-delta Terhadap waktu s

Pada starting motor tanpa pengasutan pada saat  $t = 1,080$  second, arus starting mengalami kenaikan sebesar 507,88 %. Dan pada saat kondisi mantap terjadi pada  $t = 2,480$  second sebesar 100,06 %.

#### 4.4.2 Hasil Simulasi Pengasutan Autotrafo

Tampilan Hasil simulasi pada *Software ETAP Powerstation* dengan pengasutan Autotrafo



Grafik 4.3. Kurva Arus Pengasutan Autotrafo Terhadap waktu s

Pada starting motor tanpa pengasutan pada saat  $t = 3,070$  second, arus starting mengalami kenaikan sebesar 394,25 %. Dan pada saat kondisi mantap terjadi pada  $t = 3,570$  second sebesar 100,06 %.

#### 4.5. Hasil Komputasi Simulasi *Software ETAP Powerstation*

Dari semua hasil percobaan starting motor maka didapatkan peralatan starting yang tepat dalam menurunkan arus starting motor.



#### 4.6. Analisa Perhitungan Hasil Komputasi Starting motor

##### 4.6.1. Analisa Perhitungan Hasil Komputasi Starting Motor Tanpa Pengasutan dengan cara manual.

Spere 1 ;

Diketahui :

I nominal :80,1 A

: 100,06 % = 1 kali I nominal

Detik = 0,06 = 608,64 %

= 6,08 kali I nominal

$$\frac{I_{\text{nominal}} (A)}{1} = \frac{I_{\text{starting}} (A)}{6,08}$$

$$\frac{80,1 (A)}{1} = \frac{I_{\text{starting}} (A)}{6,08}$$

= 487,008 = I starting (A)

I starting = 487,008 A

$$\frac{I_{\text{starting}}}{I_{\text{nominal}}} = \frac{487,008 A}{80,1 A} = 6,08 \text{ Kali I nominal}$$

##### 4.6.2. Analisa Perhitungan Hasil Komputasi Pengasutan Start-Delta secara manual

Diketahui :

I nominal :80,1 A

: 100,06 % = 1 kali Inominal

Detik = 1,080 = 507,88 %

= 5,07 kali I nominal

$$\frac{I_{\text{nominal}} (A)}{1} = \frac{I_{\text{starting}} (A)}{5,07}$$

$$\frac{80,1 (A)}{1} = \frac{I_{\text{starting}} (A)}{5,07}$$

$$= 406,107 = I_{\text{starting}} (A)$$

$$I_{\text{starting}} = 406,107 A$$

$$\frac{I_{\text{starting}}}{I_{\text{nominal}}} = \frac{406,107 A}{80,1 A} = 5,07 \text{ Kali } I_{\text{nominal}}$$

#### 4.6.3. Analisa Perhitungan Hasil Komputasi Pengasutan Autotrafo secara manual

Diketahui :

$I_{\text{nominal}} : 80,1 A$

$: 100,06 \% = 1 \text{ kali } I_{\text{nominal}}$

Detik = 3,070 = 394,25 %

= 3,94 kali  $I_{\text{nominal}}$

$$\frac{I_{\text{nominal}} (A)}{1} = \frac{I_{\text{starting}} (A)}{3,94}$$

$$\frac{80,1 (A)}{1} = \frac{I_{\text{starting}} (A)}{3,94}$$

$$= 315,594 = I_{\text{starting}} (A)$$

$$I_{\text{starting}} = 315,594 A$$

$$\frac{I_{\text{starting}}}{I_{\text{nominal}}} = \frac{315,594 A}{80,1 A} = 3,94 \text{ Kali } I_{\text{nominal}}$$

#### 4.6.4. Hasil Komputasi Peralatan Starting Motor Menggunakan *Software ETAP Powerstation*

Dari hasil komputasi *Software ETAP Powerstation*, dalam menu motor starting study case dan merunning program maka didapatkan hasil yang terlihat pada tabel 4.8.

Tabel 4-8

Hasil Analisa Komputasi Simulasi Peralatan Starting Motor Induksi

Data Hasil Komputasi ETAP	Starting motor Tanpa Pengasutan	Pengasutan Y/ $\Delta$	Pengasutan Autotrafo
FLA (%)	608,64 %	507,88 %	394,25%
Kali I nominal	6,08	5,07	3,94

## BAB V PENUTUP

### 5.1. Kesimpulan

1. Pada saat motor dijalankan tanpa menggunakan peralatan starting motor, maka arus yang ditarik motor sebesar 608,64% dari FLA. Hal ini tidak diijinkan karena akan berdampak pada penurunan tegangan pada bus, sehingga dapat mengganggu pada beban-beban yang lain. Selain itu, motor akan rusak karena torsi starting yang tinggi akan mempengaruhi system mekanik pada motor itu sendiri.
2. Sedangkan menggunakan pengasutan Y/ $\Delta$ , arus yang ditarik motor sebesar 507,88 % dari FLA .
3. Dengan menggunakan pengasutan Autotrafo, arus yang ditarik motor sebesar 394,25% dari FLA.
4. Dari beberapa percobaan starting motor, maka peralatan starting yang paling optimal adalah dengan menggunakan Autotrafo dengan pengasutan 394,25% dari FLA.
5. Pengasutan Autotrafo lebih baik dimana pengasutan tersebut terdapat fasilitas untuk mengatur tegangan, sehingga tegangan tersebut biasa diatur secara bertahap (pengaturan secara halus / *smooth*).

### 5.2. Saran

Dalam pengoperasian motor sebaiknya digunakan peralatan starting atau pengasutan motor, dimana motor pada saat asut menarik arus yang sangat besar sehingga dapat merusak jaringan instalasi pabrik, serta dapat mempengaruhi beban-beban yang lain dan juga dapat merusak motor itu sendiri. Dan oleh sebab itu di dalam industry untuk menggunakan motor maka harus menggunakan peralan pengasutan supaya pada saat starting tidak ada yang mengalami gangguan dan tidak merusak peralatan instalasi yang lain.

---

**DAFTAR PUSTAKA**

- 1) Andi Pawawoi *Staf Pengajar Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Unand November 2009*
- 2) Dwi Riyadi H. (L2F096581) lahir di Semarang. Saat ini sedang menyelesaikan pendidikan S1 di *Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang dengan konsentarsi*
- 3) David H.Sirait, Analisis starting motor induksi Tiga Fasa Pada *PT.Berlian Unggas Sakti Tj.Morawa, 2008. USU Repositori@ 2009*
- 4) Heru Dhyo Laksono Jurusan Teknik Elektro *Univeristas Andalus Padang Sumatera Barat*
- 5) Yusnan Baddruzzaman-Syayid *Staff Pengajar Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negri Semarang Jl.Prof.H.Soedarto,S.H Tembalang Semarang 50275*

# LAMPIRAN

---



### Formulir Perbaikan Ujian Skripsi

Dalam pelaksanaan Ujian Skripsi Janjang Strata 1 Jurusan Teknik Elektro Konsentrasi T. Energi Listrik / T. Elektronika / T. Infokom, maka perlu adanya perbaikan skripsi untuk mahasiswa :

NAMA : IMAM WAHYUDI  
NIM : 0712008  
Perbaikan melalui :

- 1) yg dianalisa motor induksi, kapasitas berapa? dan single line diagram tertulis motor spare tidak ada motornya?
- 2) yg dianalisa motor yg mana?
- 3) Data motor yg dianalisa mana?

Malang,

( \_\_\_\_\_ )



### Formulir Perbaikan Ujian Skripsi

Dalam pelaksanaan Ujian Skripsi Janjang Strata 1 Jurusan Teknik Elektro Konsentrasi T. Energi Listrik / T. Elektronika / T. Infokom, maka perlu adanya perbaikan skripsi untuk mahasiswa :

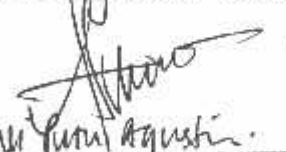
NAMA : E.Mkm Widyudi .  
NIM : 0712003  
Perbaikan meliputi :

Dit. Mula  $\gamma$  diuji utk menganalisa Area  
Starty. tidak jelas

Hasil kesimpulan Mula di perjelas serta  
deyam judul off. tidak menyebarkan - kual.  
dan menyumkan Program Etap. (hasil pada  
kesimpulan tidak jelas karena tidak  
ada data.)

Dit. Mula Simulasi dapaster data (kual. 3)  
I nom : 80,14 dit. Mula di perjelas -

Malang, 2 Agustus 2012 .

  
( Ni Yuni Agustini )





### PERSETUJUAN PERBAIKAN SKRIPSI

Dari hasil ujian skripsi Jurusan Teknik Elektro jenjang Strata Satu (S-1) yang diselenggarakan pada :

Hari : Kamis  
Tanggal : 02 AGUSTUS 2012

Telah dilakukan perbaikan skripsi oleh :

Nama : IMAM WAHYUDI  
NIM : 07.12.008  
Jurusan : Teknik Elektro S-1  
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik  
Judul Skripsi : **ANALISIS STARTING MOTOR INDUKSI DENGAN METODE Y/ $\Delta$ ,AUTOTRAFO DAN ROTOR REAKTOR MENGGUNAKAN PROGRAM ETAP POWERSTATION DI PT. DELTA SURYA TEXTILE PURWODADI PASURUAN**

NO	Materi Perbaikan	Paraf Penguji
1	Data motor	
2	Single Line	

Anggota Penguji :

Penguji Pertama  
  
Ir. Teguh Herbasuki, MT  
NIP.Y. 1038900209

Penguji Kedua  
  
Ir. Ni Putu Agustini, MT  
NIP.Y. 1030100371

Diperiksa dan Disetujui,

Dosen Pembimbing I  
  
Ir. M. Abdul Hamid, MT  
NIP.Y. 1018800188

Dosen Pembimbing II  
  
Bambang Prio Hartono, ST, MT  
NIP.Y. 1028400082



PEMERINTAH KABUPATEN MALANG  
DIREKTORAT JENDERAL PENDIDIKAN DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

PT BNI (PERSERO) MALANG  
BANK NIAGA MALANG

Kampus I : J. Beredungan Sigurdiguna No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting) Fax (0341) 553015 Malang 65145  
Kampus II : J. Raya Karangrejo Km 2 Telp. (0341) 417635 Fax (0341) 417634 Malang

Nomor Surat : ITN-200/EL-FIT/2012  
Lampiran : -  
Perihal : BIMBINGAN SKRIPSI

Kepada : Yth. Bapak/Ibu Ir. M. Abdul Hamid, MT  
Dosen Teknik Elektro S-I  
ITN MALANG

Dengan Hormat

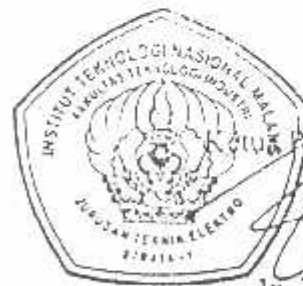
Sesuai dengan permohonan dan persetujuan dalam Proposal Skripsi untuk mahasiswa

Nama : IMAM WAHYUDI  
Nim : 0712008  
Fakultas : Teknologi Industri  
Program Studi : Teknik Elektro S-I  
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik

Maka dengan ini pembimbingan tersebut kami serahkan sepenuhnya kepada Saudara/i selama masa waktu :

" Semester Genap Tahun Akademik 2011-2012 "

Demikian agar maklum dan atas perhatian serta bantuannya kami sampaikan terima kasih.



Mengetahui

Ketua Program Studi Teknik Elektro S-I

Ir. Yusuf Ismail Sakhoda, MT

NIP. N. 4013800189



PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

PT BNI-PERSEROI MALANG  
BANK NIAGA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting) Fax (0341) 553015 Malang 65145  
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417936 Fax (0341) 417534 Malang

Nomor Surat : ITN-200/EL-FTI/2012  
Lampiran : -  
Perihal : BIMBINGAN SKRIPSI

Kepada : Yth. Bapak/Ibu Bambang Prio Hartono, ST, MT  
Dosen Teknik Elektro S-1  
IIN MALANG

Dengan Hormat

Sesuai dengan permohonan dan persetujuan dalam Proposal Skripsi untuk mahasiswa :

Nama : IMAM WAHYUDI  
Nim : 0712008  
Fakultas : Teknologi Industri  
Program Studi : Teknik Elektro S-1  
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik

Maka dengan ini pembimbingan tersebut kami serahkan sepenuhnya kepada Saudara/i selama masa waktu :

" Semester Genap Tahun Akademik 2011-2012 "

Demikian agar maklum dan atas perhatian serta bantuannya kami sampaikan terima kasih.



Mengetahui

Ketua Program Studi Teknik Elektro S-1

*(Signature)*  
Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT

NIP. Y. 161800189



### FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : IMAM WAHYUDI  
Nim : 07.12.00.8  
Masa Bimbingan : 28 April 2012 s/d 29 September 2012  
Judul Skripsi : ANALISIS STARTING MOTOR INDUKSI DENGAN METODE  
Y/D,AUTOTRAFO DAN ROTOR REAKTOR MENGGUNAKAN PROGRAM ETAP  
STATION DI PT.DELTA SURYA TEXTILE PURWODADI PASURUAN

No	Tanggal	Uraian	Paraf Pembimbing
1		BAB I	
2		BAB II	
3		BAB III	
4		BAB IV	
5		BAB V	
6			
7			
8			
9			
10			

Malang,

Dosen Pembimbing I

Ir. M. Abdul Hamid MT  
NIP. Y. 1018800188

Form S-4b



## FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : IMAM WAHYUDI  
Nim : 07.12.00.8  
Masa Bimbingan : 28 April 2012 s/d 29 September 2012  
Judul Skripsi : ANALISIS STARTING MOTOR INDUKSI DENGAN METODE  
Y/D, AUTOTRAFO DAN ROTOR REAKTOR MENGGUNAKAN PROGRAM ETAP  
STATION DI PT. DELTA SURYA TEXTILE PURWODADI PASURUAN

No	Tanggal	Uraian	Paraf Pembimbing
1		Revisi	A
2		Bab I	A
3		Bab II	A
4		Bab III	A
5		Bab IV	A
6		Bab V	A
7			
8			
9			
10			

Malang,

Dosen Pembimbing II

Bambang Prio Hartono, ST.MT  
NIP. Y. 1028400082



## PERMOHONAN PERSETUJUAN SKRIPSI

Yang betanda tangan dibawah ini :

Nama : IMAM WAHYUDI  
 N I M : 0712008  
 Semester :  
 Fakultas : Teknologi Industri  
 Jurusan : Teknik Elektro S-1  
 Konsentrasi : **TEKNIK ELEKTRONIKA**  
**TEKNIK ENERGI LISTRIK**  
**TEKNIK KOMPUTER DAN INFORMATIKA**  
**TEKNIK KOMPUTER**  
**TEKNIK TELEKOMUNIKASI**  
 Alamat : Jl. MARGOTIRTO / Tucen / Malang

Dengan ini kami mengajukan permohonan untuk mendapatkan persetujuan untuk membuat **SKRIPSI Tingkat Sarjana**. Untuk melengkapi permohonan tersebut, bersama kami lampirkan persyaratan-persyaratan yang harus dipenuhi.

Adapun persyaratan-persyaratan pengambilan **SKRIPSI** adalah sebagai berikut :

1. Telah melaksanakan semua praktikum sesuai dengan konsentrasinya (.....)
2. Telah lulus dan menyerahkan Laporan Praktek Kerja (.....)
3. Telah lulus seluruh mata kuliah keahlian (MKB) sesuai konsentrasinya (.....)
4. Telah menempuh mata kuliah  $\geq 134$  sks dengan IPK  $\geq 2$  dan tidak ada nilai E (.....)
5. Telah mengikuti secara aktif kegiatan seminar skripsi yang diadakan Jurusan (.....)
6. Memenuhi persyaratan administrasi (.....)

Demikian permohonan ini untuk mendapatkan penyelesaian lebih lanjut dan atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Telah diteliti kebenaran data tersebut diatas  
Recording Teknik Elektro

(*puan handayani*)

Malang, 16.11.2011

Pemohon

(*IMAM WAHYUDI*)

Disetujui  
Ketua Jurusan Teknik Elektro

(*[Signature]*)

Mengetahui  
Dosen Wali

(*[Signature]*)

mendapat persetujuan dari Ketua Jurusan/Sekretaris Jurusan T. Elektro S-1

394.57 / 2.86  
138  
ut *[Signature]* lengkap



### BERITA ACARA SEMINAR PROPOSAL SKRIPSI PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S-1

Konsentrasi : Teknik Energi Listrik

1.	Nim	: 0712008	
2.	Nama	: IMAM WAHYUDI	
3.	Konsentrasi Jurusan	: Teknik Energi Listrik	
4.	Jadwal Pelaksanaan:	Waktu	Tempat
	28 April 2012	09 00	III.1.1
5.	Judul proposal yang diseminarkan Mahasiswa	ANALISA STARTING MOTOR INDUKSI DENGAN METODE V/D, AUTOTRAFO DAN ROTOR REAKTOR MENGGUNAKAN ETAP DI PT EKA MAS FORTUNA	
6.	Perubahan judul yang diusulkan oleh Kelompok Dosen Keahlian		
7.	Catatan :	Perubahan tempat penelitian !!	
8.	Catatan :		
	Persetujuan judul Skripsi		
	Disetujui, Dosen Keahlian I	Disetujui, Dosen Keahlian II	Disetujui, Dosen Keahlian III
	(.....)	(.....)	(.....)
	Mengetahui, Ketua Program Studi Teknik Elektro S-1	Disetujui, Calon Dosen Pembimbing ybs	
Pembimbing I		Pembimbing II	
<u>Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT</u> NIP. Y. 1018800189	(.....)	(.....)	

1

