

# SKRIPSI

**ANALISA ARUS STARTING MOTOR INDUKSI 3 PHASA 235  
KW MENGGUNAKAN SIMULASI *SOFTWARE ETAP POWER  
STATION* DI PT. INDUSTRI SANDANG PANGAN UNIT  
LAWANG**



*Disusun Oleh :*

**ERIC CARLO MARPAUNG  
01.12.077**

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

**MARET 2009**

1941 3000

CONSEILS LEVON MAISON  
SOCIETE LEVON EFENDI D  
SOCIETE LEVON MAISON  
SOCIETE LEVON MAISON

OFFICE  
1941 3000  
1941 3000

1941 3000  
1941 3000  
1941 3000

1941 3000

**LEMBAR PERSETUJUAN**

**ANALISA ARUS STARTING MOTOR INDUKSI 3 PHASA 235 KW  
MENGUNAKAN SOFTWARE *ETAP POWER STATION* PADA  
PT. INDUSTRI SANDANG NUSANTARA UNIT LAWANG**

**SKRIPSI**

*Disusun dan Diajukan Untuk Melengkapi dan  
Memenuhi Syarat-Syarat Guna Mencapai Gelar Sarjana Teknik*

*Disusun Oleh:*

**ERIC CARLO MARPAUNG**

**01.12.077**

**Diperiksa dan disetujui**

**Dosen Pembimbing**



**Ir. TEGUH HERBASUKI, MT**

**NIP.Y. 1038900209**

**Mengetahui**

**Ketua Jurusan Teknik Elektro**



**Ir. F. YUDI LIMPRAPTONO, MT**

**NIP.Y. 1039500274**



**KONSENTRASI TEKNIK ENERGI LISTRIK  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
MARET 2009**



## ABSTRAKSI

### ANALISA ARUS STARTING MOTOR INDUKSI 3 PHASA 235 kW MENGUNAKAN SIMULASI SOFTWARE ETAP POWER STATION DI PT. INDUSTRI SANDANG PANGAN UNIT LAWANG

( Eric Carlo Marpaung, Nim 01.12.077, Teknik Elektro/T.Energi Listrik S-1 )  
( Dosen Pembimbing : Ir.Teguh Herbasuki, MT )

**Kata Kunci** : *Motor Induksi, Pengasutan Motor, dan Arus pengasutan.*

*Skripsi ini menjelaskan masalah pengasutan motor induksi 3 phasa pada PT.Panasonic Lighting Indonesia Rembang-Pier Pasuruan. Persoalan yang paling utama adalah besarnya arus pengasutan yang tinggi antara 4 sampai 7 kali arus nominal<sup>(4)</sup>. Dimana hal ini mengakibatkan penurunan tegangan sesaat pada sistem jaringan.*

*Dari latar belakang yang diuraikan diatas, maka permasalahan yang timbul adalah; Bagaimana menurunkan arus yang besar pada saat pengasutan pada motor induksi 3 phasa dengan tetap menjaga kondisi tegangan tidak mengalami penurunan kritis pada PT.Panasonic Lighting Indonesia.*

*Untuk menurunkan arus pengasutan yang besar di gunakan peralatan pengasutan motor. Dengan menggunakan Software Etap Power Station, dapat membantu pemilihan pengasutan yang tepat untuk menurunkan arus pengasutan. Dari hasil simulasi Software Etap Power Station arus pengasutan tanpa pengasutan adalah 2353,95 A. Dengan menggunakan pengasutan Auto-Trafo, arus menjadi 621,49 A.*

## KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, atas rahmat dan karunia-Nya memungkinkan penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul, “ANALISA ARUS STARTING 3 PHASA 235 kW MENGGUNAKAN SOFTWARE *ETAP POWER STATION* PADA PT. INDUSTRI SANDANG NUSANTARA UNIT LAWANG”.

Skripsi ini bertujuan untuk memenuhi kurikulum akademik yang harus ditempuh oleh setiap mahasiswa ITN Malang guna mengakhiri pendidikan pada jenjang strata satu jurusan Teknik Elektro konsentrasi Teknik Energi Listrik di Institut Teknologi Nasional Malang.

Atas segala bimbingan, pengarahan dan bantuan yang diberikan, sehingga tersusunnya skripsi ini, maka penulis menyampaikan terima kasih kepada :

1. **Ir. Sidik Noertjahjono, MT**, selaku Dekan FTI ITN Malang.
2. **Ir. F Yudi Limpraptono, MT**, selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro (S1) ITN Malang.
3. **Ir. Yusuf Ismail Nahkoda, MT**, selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro (S1) ITN Malang.
4. **Ir. Teguh Herbasuki, MT**, selaku bapak dan dosen pembimbing I.

Akhirnya penulis mengharapkan skripsi dapat berguna dan bermanfaat bagi rekan-rekan mahasiswa khususnya pada jurusan Teknik Elektro S-1 konsentrasi Teknik Energi Listrik.

Malang, Maret 2009

Penulis

# DAFTAR ISI

	<b>Halaman:</b>
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>LEMBAR PERSETUJUAN</b> .....	ii
<b>ABSTRAKSI</b> .....	iii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	iv
<b>DAFTAR ISI</b> .....	vi
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xi
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xiv

## **BAB I PENDAHULUAN**

1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Tujuan.....	2
1.4. Batasan Masalah.....	2
1.5. Metodologi Penelitian.....	3
1.6. Sistematika Penulisan.....	4
1.7. Kontribusi Penelitian .....	5

## **BAB II TEORI DASAR**

2.1. Teori Dasar Motor Induksi .....	6
2.2. Konstuksi Motor Induksi .....	7
2.2.1. Stator.....	7
2.2.2. Rotor .....	8

2.3. Medan Magnet Putar.....	9
2.4. Prinsip Kerja Motor Induksi .....	10
2.4.1. Slip dan Frekuensi Arus Rotor.....	11
2.4.2. Karakteristik T - S.....	12
2.5. Rangkaian Ekuivalen.....	13
2.5.1. Rangkaian Ekuivalen Stator.....	14
2.5.2. Rangkaian Ekuivalen Rotor.....	15
2.6. Pengujian Motor Induksi Tiga Phasa.....	18
2.6.1. Pengujian Arus Searah (DC Test).....	18
2.6.2. Pengujian Tanpa Beban (No-Load Test).....	18
2.6.3. Pengujian Rotor Tertahan (Blocked Rotor Test).....	20
2.7. Operasional Motor Induksi.....	22
2.7.1. Performa Study State.....	22
2.7.2. Performa Transien.....	23

**BAB III ANALISA ARUS STARTING MOTOR INUKSI 3 PHASA DN PEMODELAN SIMULASI SOFTWARE ETAP POWER STATION**

3.1. Analisa Startin Motor.....	25
3.2. Analisa Menggunakan Pengasutan Motor.....	27
3.2.1. Pengasutan Motor Menggunakan <i>Auto Transformator</i> .....	29
3.2.2. Pengasutan Motor Menggunakan <i>Resistor</i> .....	30
3.2.3. Pengasutan Motor Menggunakan <i>Reactor</i> .....	31
3.3. Lama Waktu Asut.....	32
3.4. Simulasi Software <i>ETAP Power Station</i> .....	35



3.4.1 Operasi Nyata Secara Virtual ( <i>Virtual Reality Operation</i> ).....	36
3.4.2. Data Gabungan Total ( <i>Total Integration of Data</i> ).....	36
3.4.3. Kesederhanaan Dalam Memasukkan Data .....	36
3.5. <i>Algoritma Program</i> .....	40
3.5.1. <i>Algoritma Pemecahan Masalah Pengasutan Auto Trafo</i>	
Mengkuna-kan Simulasi <i>Software ETAP Powerstation</i> .....	40
3.5.2. <i>Flowchart Pemecahan Masalah Pengasutan Auto Trafo</i>	
Mengkuna-kan Simulasi <i>Software ETAP Power Station</i> .....	41
3.5.3. <i>Algoritma Pemecahan Masalah Pengasutan Resistor</i>	
Menggunakan Simulasi <i>Software ETAP Powerstation</i> .....	42
3.5.4. <i>Flowchart Pemecahan Masalah Pengasutan Resistor</i>	
Menggunakan Simulasi <i>Software ETAP Power Station</i> .....	43
3.5.5. <i>Algoritma Pemecahan Masalah Pengasutan Reactor</i>	
Menggunakan Simulasi <i>Software ETAP Powerstation</i> .....	44
3.5.6. <i>Flowchart Pemecahan Masalah Pengasutan Reactor</i>	
Menggunakan Simulasi <i>Software ETAP Power Station</i> .....	45

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

4.1. Data Motor Induksi Pada PT. Industri Sandang Nusantara.....	46
4.2. Pemodelan One Line Diagram.....	47
4.3. Analisa Dan Hasil Simulasi Pengasutan Motor .....	48
4.3.1. Analisa Perhitungan Starting Motor .....	48

4.3.2.	Tampilan Hasil Simulasi Tanpa Pengasutan Motor .....	49
4.4.	Hasil Simulasi Pengasutan Motor.....	52
4.4.1.	Hasil Simulasi Pengasutan <i>Auto-Trafo</i> .....	52
4.4.2.	Hasil Simulasi Menggunakan Pengasutan <i>Resistor</i> .....	54
4.4.3.	Hasil Simulasi Menggunakan Pengasutan <i>Reactor</i> .....	56
4.5.	Hasil Komputasi Simulasi <i>Software ETAP Power Station</i> .....	58
4.5.1.	Hasil Komputasi Peralatan Pengasutan Motor Menggunakan <i>Software ETAP Power Station</i> .....	58
4.5.2.	Analisa Perhitungan Hasil Komputasi Pengasutan Motor Menggunakan <i>Software ETAP Power Station</i> .....	59
4.5.3.	Analisa Perhitungan Hasil Komputasi Pengasutan <i>Auto-Trafo</i> Menggunakan <i>Software ETAP Power Station</i> .....	60
4.5.4.	Analisa Perhitungan Hasil Komputasi Pengasutan <i>Resistor</i> Menggunakan <i>Software ETAP Power Station</i> .....	60
4.5.5.	Analisa Perhitungan Hasil Komputasi Pengasutan <i>Reactor</i> Menggunakan <i>Software ETAP Power Station</i> .....	61

**BAB V KESIMPULAN**

5.1.	Kesimpulan.....	63
5.2.	Saran.....	64

**DAFTAR PUSTAKA**

**LAMPIRAN**

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar :</b>	<b>Halaman :</b>
2.1 Konstruksi Motor Induksi.....	7
2.2 Stator 3 Phasa Motor Induksi.....	7
2.3 Rotor Belitan.....	8
2.4 Rotor Sangkar.....	8
2.5 Medan Putar Pada Motor Induksi.....	9
2.6 Kurva T ~ S.....	12
2.7 Rangkaian Ekuivalen Stator.....	14
2.8 Rangkaian Ekuivalen Rotor.....	15
2.9 Rangkaian Ekuivalen Motor Induksi.....	16
2.10 Pengujian Arus Searah ( <i>DC Test</i> ).....	18
2.11 Rangkaian Pengujian Tanpa Beban ( <i>No Load Test</i> ).....	19
2.12 Rangkaian Pengujian Rotor Tertahan ( <i>Blocked Rotor</i> ).....	20
2.13 Karakteristik Motor Induksi keadaan <i>steady state</i> .....	22
2.14 Transient Respond pengasutan Motor Induksi.....	23
2.15 Karakteristik Torsi Motor Keadaan Berubah.....	23
3.1 Motor Induksi 3 Phasa.....	25
3.2 <i>Name Plate Motor</i> .....	26
3.3 Pengasutan Tegangan Penuh.....	26
3.4 Pengasutan <i>Auto-Transformer</i> .....	29

3.5.	Pengasutan <i>Resistor</i> .....	30
3.6.	Pengasutan <i>Reactor</i> .....	31
3.7.	Grafis Kopel Terhadap Putaran .....	33
3.8.	Kopel $\Delta T$ Sebagai Fungsi Putaran $n$ .....	34
3.9.	Fungsi $t$ Rata-Rata Mencapai Nilai $n_1$ .....	34
3.10.	Tampilan Model Utama Simulasi <i>Software ETAP Power Station</i> .....	35
3.11.	Tampilan Pemodelan <i>Single Line Diagram</i> Simulasi <i>Software ETAP Power Station</i> .....	37
3.12.	Tampilan name plate motor pada induction machine editor.....	38
3.13.	<i>Menu Tools Motor Starting Study Case</i> .....	39
3.14.	<i>Flowchart Pengasutan Auto Trafo Menggunakan Simulasi Software ETAP Power Station</i> .....	41
3.15.	<i>Flowchart Pengasutan Resistor Menggunakan Simulasi Software ETAP Power Station</i> .....	43
3.16.	<i>Flowchart Pengasutan Reactor Menggunakan Simulasi Software ETAP Power Station</i> .....	45
4.1.	<i>One-Line Diagram</i> PT. Industri Sandang Nusantara Unit Lawang.....	47
4.2.	Kurva Arus ( A ) Terhadap Waktu ( s ) tanpa menggunakan Pengasutan.....	49
4.3.	Kurva Tegangan Terminal Motor ( kV ) Terhadap Waktu ( s ).....	50
4.4.	Kurva Slip ( % ) Terhadap Waktu ( s ).....	50
4.5.	Kurva Torsi ( N-m ) Terhadap Waktu ( s ).....	51
4.6.	Kurva Arus Pengasutan <i>Auto-Trafo</i> ( A ) Terhadap Waktu ( s ).....	52
4.7.	Kurva Tegangan Terminal Motor (kV) Terhadap Waktu (s).....	52
4.8.	Kurva Torsi Terhadap Waktu (s).....	53

4.9.	Kurva <i>Slip</i> Terhadap Waktu (s).....	53
4.10.	Kurva Arus Pengasutan <i>Resistor</i> (A) Terhadap Waktu (s).....	54
4.11.	Kurva Tegangan Terminal (kV) Terhadap Waktu (s).....	54
4.12.	Kurva Torsi Terhadap Waktu (s).....	55
4.13.	Kurva <i>Slip</i> Terhadap Waktu (s).....	55
4.14.	Kurva Arus Pengasutan <i>Reactor</i> Terhadap Waktu (s).....	56
4.15.	Kurva Tegangan Terminal (kV) Terhadap Waktu (s).....	56
4.16.	Kurva Torsi Terhadap Waktu (s).....	57
4.17.	Kurva <i>Slip</i> Terhadap Waktu (s).....	57

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel :</b>	<b>Halaman :</b>
3-1. Karakteristik Tegangan, Arus, Dan Torsi Untuk Motor Desain B NEMA.....	16
4-1. Data Motor Induksi 3 phasa Pada pendingin ruangan.....	46
4-2. Hasil Analisa Komputasi Simulasi Peralatan Pengasutan Motor.....	58
4-3. Analisa Perhitungan Hasil Komputasi <i>ETAP Power Station</i> .....	61



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Motor induksi banyak digunakan di industri maupun pada peralatan rumah tangga sebagai penggerak atau penghasil tenaga mekanis. Untuk kebanyakan motor, arus awal yang ditarik oleh motor pada saat pengasutan adalah 4 sampai 7 kali besarnya arus nominal dan untuk motor – motor dengan beban yang besar hal ini tidak dapat diijinkan. <sup>[2]</sup>

Beban inersia dapat dihitung apabila berat dan dimensinya diketahui, sehingga beban dikatakan mempunyai inersia tinggi apabila mempunyai berat dan dimensi yang besar. Pada PT. Industri Sandang Nusantara Unit Lawang digunakan motor dengan beban inersia tinggi untuk proses mekanik yaitu pada unit produksi Sorbitol dimana motor digunakan untuk menjalankan alat pendingin ruangan

*Starting* tegangan penuh yang dilakukan pada beban inersia tinggi akan menyebabkan motor menarik arus yang sangat besar, dimana hal tersebut tidak dapat diijinkan karena akan merusak jaringan. Disamping itu pula torsi *starting* yang tinggi juga dihasilkan pada *starting* tegangan penuh, dimana torsi *starting* yang terlalu tinggi dapat menyebabkan kerusakan system mekanik pada motor. <sup>[2]</sup>

Dengan menggunakan bantuan simulasi *software ETAP Powerstation*, penulis mencoba menganalisis *arus starting* motor induksi untuk mengurangi arus *starting* dan torsi *starting* yang besar yang mengakibatkan kerusakan sistem jaringan dan kerusakan pada motor itu sendiri. <sup>[2]</sup>

## 1.2. Rumusan Masalah

1. Bagaimana menurunkan arus yang besar pada saat *starting* dengan tetap menjaga kondisi tegangan tidak mengalami penurunan pada PT. Industri Sandang Nusantara Unit Lawang.
2. Bagaimana menganalisa arus starting motor induksi 235 kW pada PT. Industri Sandang Nusantara Unit Lawang menggunakan *Software ETAP Power Station*.
3. Bagaimana menganalisa torsi starting yang terlalu tinggi dapat menyebabkan kerusakan mekanik pada motor.

## 1.3. Tujuan

Tujuan pembahasan skripsi ini adalah untuk menganalisa *arus starting* motor tanpa pengasutan dan dengan pengasutan sehingga didapatkan perbandingan pengasutan starting motor yang tepat pada PT. Industri Sandang Nusantara Unit Lawang. menggunakan *Software ETAP Power Station*.

## 1.4. Batasan Masalah

Agar pembahasan skripsi ini dapat mencapai sasaran yang sesuai dengan latar belakang permasalahan yang telah diuraikan, maka penulis membuat batasan masalah sebagai berikut :

1. Hanya membahas masalah *starting* pada motor induksi 3 phasa.
2. Analisa dilakukan pada motor induksi 3 phasa rotor sangkar dengan data

sebagai berikut:

Daya : 235 KW

Cos  $\phi$  : 0,73

Putaran : 1500 rpm

Teg : 380 V

Arus : 57 A

3. Analisa *starting* yang digunakan:
  - Starting motor induksi tanpa pengasutan.
  - Starting motor induksi dengan pengasutan
4. Jenis pengasutan yang di pakai adalah jenis pengasutan:
  - Pengasutan *Auto-Trafo*.
  - Pengasutan *Resistor*.
  - Pengasutan *Reactor*.
5. Analisa *starting* motor disimulasikan menggunakan *Software ETAP Power Station*.

### 1.5. Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian yang dilakukan dalam skripsi ini meliputi :

#### 1. Studi Literatur

Yaitu kajian pustaka dengan mempelajari teori-teori yang terkait melalui literatur yang ada, yang berhubungan dengan permasalahan pada motor induksi 3 phasa.

#### 2. Pengumpulan Data

Pengumpulan data lapangan yang dipakai dalam objek penelitian yakni data motor pada PT. Industri Sandang Nusantara Unit Lawang.

- Data *kuantitatif* yaitu data yang dapat dihitung atau data yang berbentuk angka.
- Data *kualitatif* yaitu data yang berbentuk diagram. Dalam hal ini adalah *single line* diagram instalasi pabrik.

3. Melakukan analisa dengan menggunakan program simulasi *Software ETAP Power Station*.

Analisa *arus starting* motor induksi 3 fasa pada PT. Industri Sandang Nusantara Unit Lawang.

- Analisa penentuan peralatan *starting* motor induksi 3 fasa dengan menggunakan pengasutan yang ada didalam fasilitas program simulasi *Software ETAP Power Station*.

## 1.6. Sistematika Penulisan

Pada penyusunan skripsi ini terdiri dari lima bab, dengan sistematika pembahasan disusun sebagai berikut :

### **BAB I : PENDAHULUAN**

Pada bab ini berisi pendahuluan yang meliputi latar belakang, permasalahan, batasan masalah, tujuan, metodologi serta sistematika pembahasan.

### **BAB II : TEORI DASAR**

Pada bagian ini diuraikan mengenai motor induksi 3 fasa, aspek-aspek yang digunakan , prinsip kerja motor induksi, parameter-parameter yang ada dalam motor induksi, serta hal-hal yang berkaitan dengan perhitungan faktor daya dan efisiensi serta karakteristik motor induksi.

### **BAB III : ANALISA *ARUS STARTING* MOTOR INDUKSI 3 PHASA DAN PEMODELAN SIMULASI *SOFTWARE ETAP POWER STATION***

Pada bagian ini akan diuraikan mengenai teori starting motor induksi 3 fasa menggunakan tiga metode antara lain Auto trafo, Resistor

Reactor, dan simulasi pada *Software ETAP Power Station* serta algoritma pemecahan masalah dan flowchart.

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

Pada bab ini berisikan tentang hasil analisa simulasi starting motor induksi 3 phasa dengan tampilan data berupa tabel-tabel dan grafik karakteristik untuk lebih memudahkan pengamatan.

#### **BAB V : KESIMPULAN**

Merupakan bab terakhir yang merupakan intisari dan hasil pembahasan berisikan kesimpulan.

##### **1.7. Kontribusi Penelitian**

Dalam skripsi ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai analisa penyelesaian persoalan starting motor induksi 3 phasa sehingga didapatkan peralatan starting yang tepat yang dapat meminimalkan arus starting yang besar dan dapat meminimalkan dampak starting motor induksi 3 phasa terhadap penurunan tegangan didalam system dan pengaruh pada beban-beban yang lain, terutama pada PT. Industri Sandang Nusantara Unit Lawang. yang menggunakan motor induksi 3 phasa sebagai penggerak mekanik dalam proses produksi.



## BAB II

### TEORI DASAR

#### 2.1. Teori Dasar Motor Induksi <sup>[3]</sup>

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.

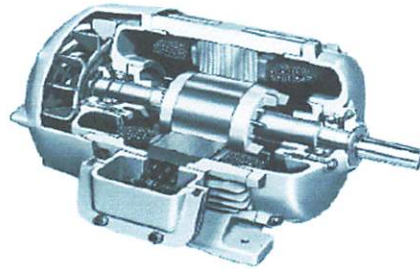
Dinamakan motor tak serempak (*asynchrone*) karena putaran poros motor tidak sama dengan putaran medan *fluks* magnet stator. Dengan kata lain, bahwa antara putaran rotor dan putaran *fluks* magnet terdapat selisih putaran yang disebut *slip*.

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 <sup>[3]</sup>

Konstruksi motor induksi terdiri dari dua bagian utama yaitu stator dan rotor. Hal ini dapat dilihat pada gambar 2.1 di bawah ini :

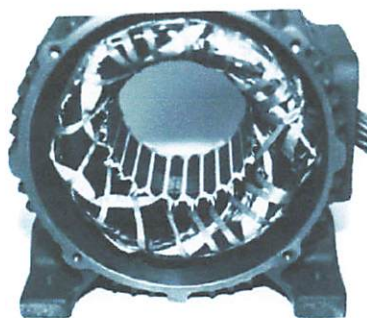


Gambar 2.1. Konstruksi Motor Induksi

### 2.2.1. Stator <sup>[3]</sup>

Pada dasarnya konstruksi stator pada motor induksi mempunyai bentuk fisik yang sama dengan mesin sinkron, yang terdiri dari :

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



Gambar 2.2. Stator 3 Phasa Motor Induksi

### 2.2.2. Rotor <sup>[3]</sup>

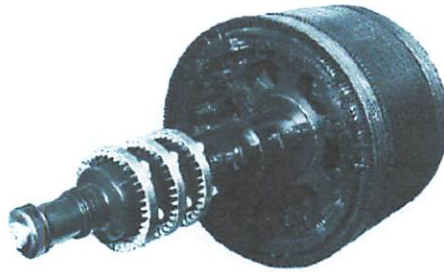
Konstruksi dari rotor motor induksi mempunyai dua bentuk, yaitu :

1. Rotor Belitan (*wound rotor/ rotor slip ring*).

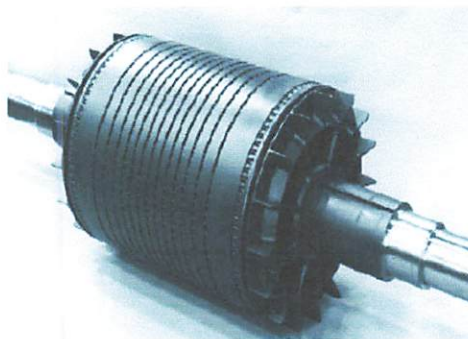
Motor induksi jenis ini mempunyai rotor dengan belitan kumparan 3 fasa sama seperti kumparan stator. Kumparan stator dan rotor juga mempunyai jumlah kutub yang sama.

2. 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.



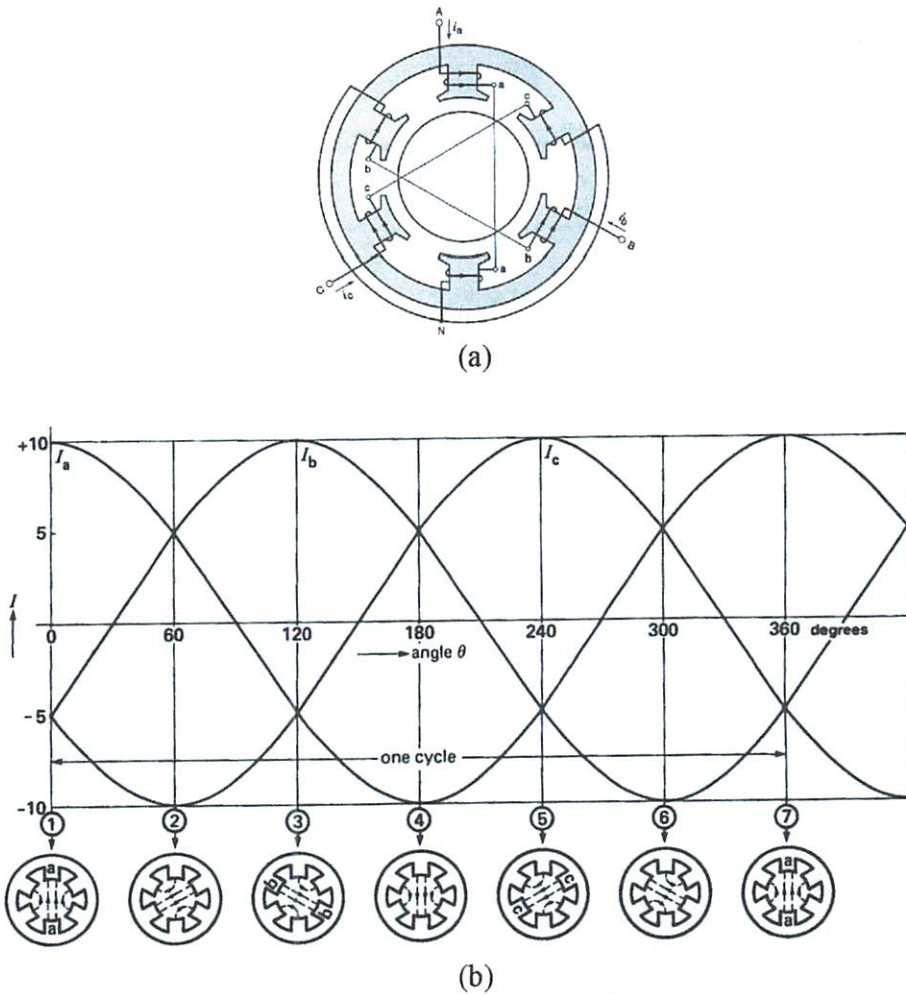
Gambar 2.3. Rotor Belitan



Gambar 2.4. Rotor Sangkar

### 2.3. Medan Magnet Putar <sup>[3]</sup>

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 2.5. 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 2-5b. 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 2.5.b tersebut terlihat bahwa fluks resultan ini akan berputar satu kali.

#### 2.4. Prinsip Kerja Motor Induksi <sup>[4]</sup>

Berputarnya rotor pada motor induksi ditimbulkan oleh adanya medan putar yang dihasilkan dalam kumparan statornya. Medan putar ini akan terjadi apabila kumparan stator dihubungkan dengan suatu sumber tegangan tiga fasa. Prinsip kerjanya diuraikan sebagai berikut:

1. Apabila sumber tegangan 3 fasa dipasang pada kumparan stator akan timbul medan putar dengan kecepatan:

$$n_s = \frac{120f}{p} \text{ rpm} \dots\dots\dots(2.1)$$

2. Medan putar stator tersebut akan memotong batang konduktor pada rotor sehingga pada kumparan rotor timbul tegangan induksi ( GGL Induksi ).
3. Karena kumparan rotor merupakan rangkaian tertutup, maka akan mengalir arus ( I ). Kawat penghantar (kumparan rotor) yang dialiri arus yang berada dalam medan magnet akan menimbulkan gaya ( F ) pada rotor.
4. Bila kopel mula yang dihasilkan oleh gaya ( F ) pada rotor cukup besar untuk memikul kopel beban, maka rotor akan berputar searah dengan medan putar stator.



5. Seperti halnya telah dijelaskan bahwa tegangan induksi akan timbul karena adanya terpotongnya batang konduktor ( rotor ) oleh medan putar stator. Artinya agar tegangan terinduksi diperlukan adanya perbedaan relatif antara kecepatan medan putar stator (  $n_s$  ) dan kecepatan medan putar rotor (  $n_r$  ).

6. Perbedaan kecepatan antara  $n_r$  dan  $n_s$  disebut slip (  $S$  ) dinyatakan dengan:

$$S = \frac{n_s - n_r}{n_s} \times 100\% \dots\dots\dots(2.2)$$

7. bila  $n_r = n_s$  tegangan tidak akan terinduksi dan arus tidak mengalir pada kumparan jangkar rotor, dengan demikian tidak dihasilkan kopel. Kopel motor ditimbulkan apabila  $n_r$  lebih kecil dari  $n_s$ .

8. Dilihat dari cara kerjanya motor induksi disebut juga motor tak serempak atau asinkron.

**2.4.1. Slip dan Frekuensi Arus Rotor**

Slip diidentifikasi sebagai bagian Dari kecepatan sinkron  $n_s$  dan kecepatan aktual rotor  $n_r$ . Slip dirumuskan sebagai berikut :

$$s = \frac{n_s - n_r}{n_s} \dots\dots\dots (2.3)$$

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.

$$n_s = \frac{120f_s}{p} \text{ atau } f_s = \frac{p.n_s}{120} \dots\dots\dots (2.4)$$

dimana :  $p$  = jumlah kutub

$f_s$  = frekuensi stator

Pada rotor berlaku hubungan :

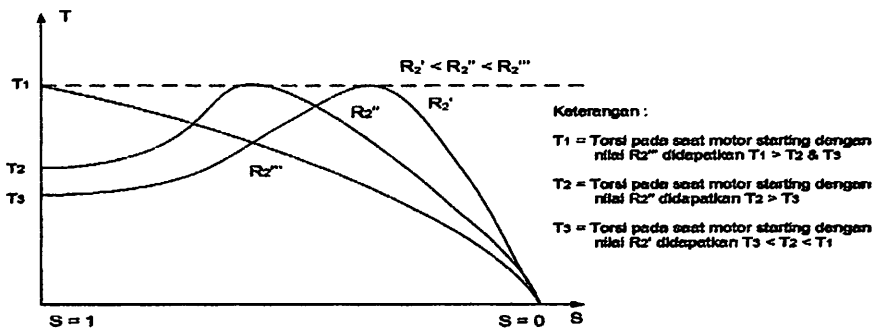
$$f_r = \frac{(n_s - n_r)p}{120} = \frac{(n_s - n_r)n_s p}{n_s 120} \dots\dots\dots (2.5)$$

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

Maka :

$$f_r = s.f_s \dots\dots\dots (2.6)$$

### 2.4.2. Karakteristik T – S



Gambar 2.6. Kurva T ~ S

$$T = \frac{3}{\omega} V_1^2 \frac{S_a^2 R_2}{(a^2 R^2)^2 + S^2 (a^2 X_2)^2} \dots\dots\dots (2.7)$$

Harga S untuk mendapatkan T maksimum adalah bila  $dT/dS = 0$ . Dari diferensi  $dT/dS = 0$  diperoleh harga T maksimum pada saat

$$S = \pm R_2 / X_2 \dots\dots\dots (2.8)$$

$$T_{maks} = \pm 3V_1^2 / 2\omega a^2 X_2 \dots\dots\dots (2.9)$$

Dari ketiga persamaan tersebut dapat ditarik beberapa kesimpulan. Dari persamaan (2.7) diketahui bahwa untuk harga  $S$  kecil di mana  $S^2(a^2 X_2^2)^2$  dapat diabaikan. Maka kopel sebanding dengan  $S$  ( $T \sim S$ ). Dari persamaan (2.8) diketahui bahwa untuk memperoleh kopel maksimum pada saat *start* ( $S = 1$ ) ialah dengan membuat  $R_2 = X_2$ . harga kopel maksimum dapat diubah dengan mengatur harga  $X_2$  atau tegangan sumber  $V_1$  (lihat persamaan (2.9)). dari persamaan (2.7) diketahui bahwa kopel akan menjadi nol ketika  $S = \pm \infty$ . Persamaan (2.7) dan (2.8) menunjukkan bahwa  $R_2$  tidak mengubah harga kopel maksimum, melainkan hanya mengubah harga  $S$  pada saat kopel maksimum terjadi. Perubahan  $R_2$  dalam hubungannya dengan kopel ( $T$ ) dan slip ( $S$ ) dapat dilihat dari kurva berikut pada Gambar dibawah ini.

## **2.5. Rangkaian Ekuivalen**

Suatu rangkaian ekuivalen motor induksi tiga fasa 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 :

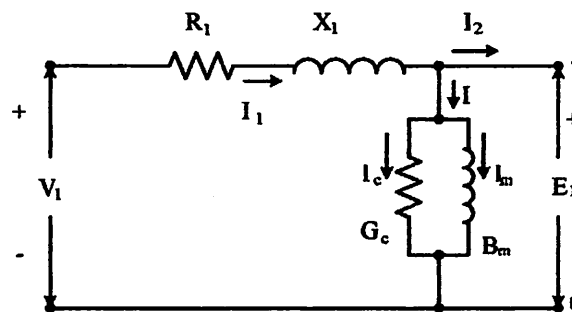
1. Stator sebagai sisi primer.
2. Rotor sebagai sisi sekunder yang penghantar-penghantarnya dihubungkan singkat dan berputar.

3. Kopling antara sisi primer dan sisi sekunder dipisahkan oleh celah udara (*air gap*).

### 2.5.1. Rangkaian Ekuivalen Stator

Apabila kumparan stator diberikan tegangan catu dari jala-jala sebesar  $V_L$ , 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 2.7. 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**

Pada saat rotor diam, medan putar stator akan memotong batang konduktor rotor dengan kecepatan putar sinkron ( $n_s$ ), sehingga frekuensi arus rotor sama dengan frekuensi arus stator ( $f_s = f_r$ ) 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:

$$X_2' = sX_2 \dots\dots\dots(2.10)$$

$$X_2 = 2\pi f_s L_2 \dots\dots\dots(2.11)$$

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

Tegangan induksi pada rotor :

$$E_2 = 4,44f_2 N_2 \Phi_m \dots\dots\dots(2.12)$$

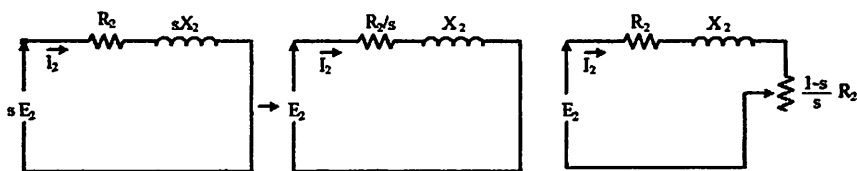
Pada slip,  $s$ , frekuensi rotor menjadi  $s f_s$ , maka tegangan induksi pada rotor

( $E_2'$ ) pada slip,  $s$ , adalah :

$$E_2' = 4,44sf_1 N_2 \Phi_m \dots\dots\dots(2.13)$$

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

$$E_2' = s E_2 \dots\dots\dots(2.14)$$



Gambar 2.8. Rangkaian Ekuivalen Rotor

Dimana :

$S$  = Slip

$E_2$  = Tegangan induksi per fasa didalam rotor keadaan diam

$R_2'$  = Resistansi kumparan rotor per-fasa berpatokan pada stator



$X_2'$  = Reaktansi bocor rotor per-fasa berpatokan pada stator

Berdasarkan persamaan (2.11) dan (2.14) maka diperoleh rangkaian ekivalen rotor seperti pada gambar 2.8.

Besar arus rotor ( $I_2$ ) 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 dihtung dengan menggunakan rumus:

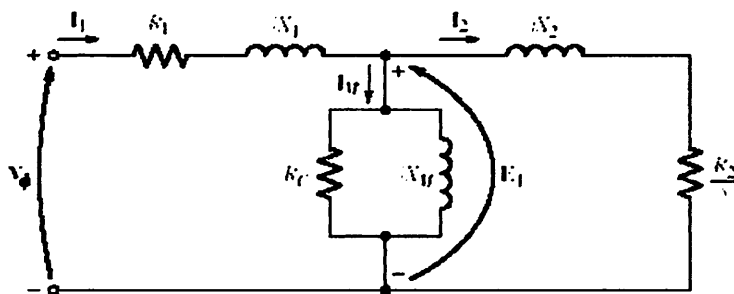
$$P_o = T_o \cdot \omega_r \dots\dots\dots(2.16)$$

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

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

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

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



Gambar 2.9. Rangkaian Ekivalen Motor Induksi

Dimana:

$V_1$  = tegangan terminal (volt)

- $R_1$  = resistansi kumparan stator (ohm)
- $X_1$  = reaktansi kumparan stator (ohm)
- $X_m$  = reaktansi magnetik (ohm)
- $I_1$  = arus input (amp)
- $I_2$  = arus rotor (amp)
- $I_m$  = arus magnetisasi (amp)
- $E_1$  = tegangan induksi (ggl) 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 (N-m)
- $\omega_r$  = kecepatan sudut rotor (rad/sec)

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

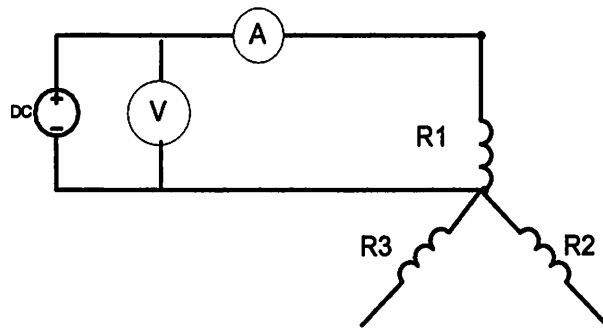
- Daya Output (Hp/KW)
- Tegangan Nominal  $V_{Y-\Delta}$  (Volt)
- Arus Nominal (Amp)
- Power Faktor
- Kecepatan (rpm)
- Jumlah Kutub

## 2.6. Pengujian Motor Induksi Tiga Phasa <sup>[2]</sup>

Untuk menganalisis motor diperlukan inputan parameter motor yang dapat diperoleh dengan melakukan pengujian.

### 2.6.1. Pengujian Arus Searah (*DC Test*) <sup>[2]</sup>

Tujuan dari pengujian arus searah (*DC Test*) adalah untuk menentukan nilai resistansi stator. Diagram pengukuran ditunjukkan pada gambar 2.10.



Gambar 2.10. Pengujian Arus Searah (*DC Test*)

Kumparan stator terhubung bintang (Y) dan bila sumber DC disuplai melalui kumparan kumparan 1, dengan kumparan ke tiga (kumparan c) dalam keadaan terbuka (*open circuit*), maka nilai dari resistansi ekivalen ( $R_{dc}$ ):

untuk nilai resistansi kumparan a dan b :

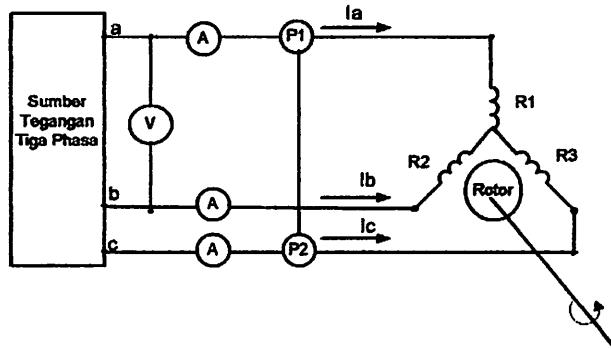
$$R_{ab} = R_1 = \frac{V_{DC}}{I_{DC}} \Omega \dots \dots \dots (2.20)$$

Dalam pengujian arus searah dijaga agar arus DC ( $I_{DC}$ ) tidak melampaui nilai dari arus nominal motor induksi.

### 2.6.2. Pengujian Tanpa Beban (*No-Load Test*) <sup>[2]</sup>

Pengujian Tanpa Beban (*No-Load Test*) bertujuan untuk menentukan nilai resistansi rugi-rugi inti ( $R_c$ ) dan reaktansi pemagnetan ( $X_m$ ). Pada pengujian ini

motor induksi disuplai pada tegangan dan frekuensi nominalnya, serta rotor berputar tanpa terhubung dengan peralatan beban dimana harga slip sangat kecil.



Gambar 2.11. Rangkaian Pengujian Tanpa Beban (*No Load Test*)

$P_{3-\phi}$ , daya total yang terukur dari P1 dan P2 :

$$P_{3-\phi} = P1 + P2 \text{ Watt}$$

$$P_{nl} \text{ daya per fasa } P_{nl} = \frac{P_{3-\phi}}{3} \text{ Watt/ fasa}$$

Dengan asumsi bahwa tegangan antar fasa stator seimbang, maka tegangan fasa stator :

$$V_{nl} = \frac{V_{ab}}{\sqrt{3}} \text{ Volt/fasa} \dots \dots \dots (2.21)$$

Untuk arus pada no load

$$I_{nl} = \frac{I_a + I_b + I_c}{3} \text{ Ampere} \dots \dots \dots (2.22)$$

$$Z_{nl} = \frac{V_{nl}}{I_{nl}} \text{ ohm} \dots \dots \dots (2.23)$$

$$R_{nl} = \frac{P_{3\phi}}{3I_0^2} \text{ ohm} \dots \dots \dots (2.24)$$

$$X_{nl} = \sqrt{Z_{nl}^2 - R_{nl}^2} \text{ ohm} \dots \dots \dots (2.25)$$

$R_c$ , resistansi rugi-rugi inti :

$$P_c = P_{nl} - P_{rs} \dots \dots \dots (2.26)$$

$$R_c = \frac{E_a^2}{P_c} \text{ ohm/phase} \dots \dots \dots (2.27)$$

Rugi Rugi Stator

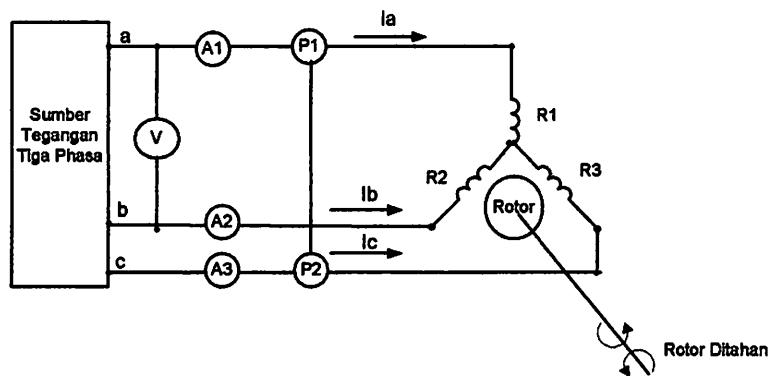
$$P_{rs} = 3I_{ni}^2 \cdot R_s \text{ (Watt)} \dots \dots \dots (2.28)$$

Rugi Gesek, angin, rugi besi :

$$P_{fwc} = P_{ni} - P_{rs} \text{ (Watt)} \dots \dots \dots (2.29)$$

### 2.6.3. Pengujian Rotor Tertahan (*Blocked Rotor Test*)<sup>[4]</sup>

Tujuan pengujian rotor tertahan adalah untuk menentukan resistansi rotor pada motor induksi. Pada saat pengujian ini perputaran rotor motor induksi dikunci / diblok sehingga *slip(s)* sama dengan satu. Suplai tegangan 3 fasa motor induksi adalah tegangan yang nilainya di bawah tegangan nominalnya, yakni tegangan yang dapat menghasilkan arus nominalnya. Sebagai pendekatan, diasumsikan bahwa arus pemagnetan ( $I_m$ ) cukup kecil akibat penurunan suplai tegangan serta motor dalam keadaan tidak berputar ( $s=1$ ) sehingga rugi-rugi inti dapat diabaikan.



Gambar 2.12. Rangkaian Pengujian Rotor Tertahan (*Blocked Rotor*)

$P_{3-\phi}$  ,daya total yang terukur dari  $W_a$  dan  $W_b$  :

$$P_{3-\phi} = P_1 + P_2 \text{ watt} \dots \dots \dots (2.30)$$

Daya total 3 fasa merupakan rugi-rugi tembaga stator dan rotor, karena motor tidak berputar maka rugi-rugi inti diabaikan.

$P_{br}$ , rugi-rugi daya per fasa :

$$P_{br} = \frac{P_{3-\phi}}{3} \text{ watt/fasa} \dots \dots \dots (2.31)$$

Dengan asumsi bahwa tegangan antar fasa stator seimbang, maka tegangan fasa stator :

$$V_{br} = \frac{V_{ab}}{\sqrt{3}} \text{ Volt/fasa} \dots \dots \dots (2.32)$$

$I_{br}$ , arus fasa stator :

$$I_{br} = \frac{I_a + I_b + I_c}{3} \text{ Ampere} \dots \dots \dots (2.33)$$

$R_{ek}$ , resistansi ekivalen :

$$R_{ek} = \frac{P_{br}}{I_{br}^2} \text{ ohm/fasa} \dots \dots \dots (2.34)$$

Untuk  $R_r'$ , resistansi rotor berpatokan pada stator :

$$R_r' = R_{ek} - R_s \text{ ohm/fasa} \dots \dots \dots (2.35)$$

$Z_{br}$ , Impedansi rotor tertahan :

$$Z_{br} = \frac{V_{br}}{I_{br}} \text{ ohm/fasa} \dots \dots \dots (2.36)$$

$X_{ek}$ , reaktansi ekivalen :

$$X_{ek} = \sqrt{(Z_{br}^2 - R_{ek}^2)} \text{ ohm/fasa} \dots \dots \dots (2.37)$$

Dimana Motor induksi yang dipakai adalah motor induksi dengan rotor sangkar tunggal. Secara umum  $X_s$  dan  $X_r'$  diasumsikan sama, sehingga ;

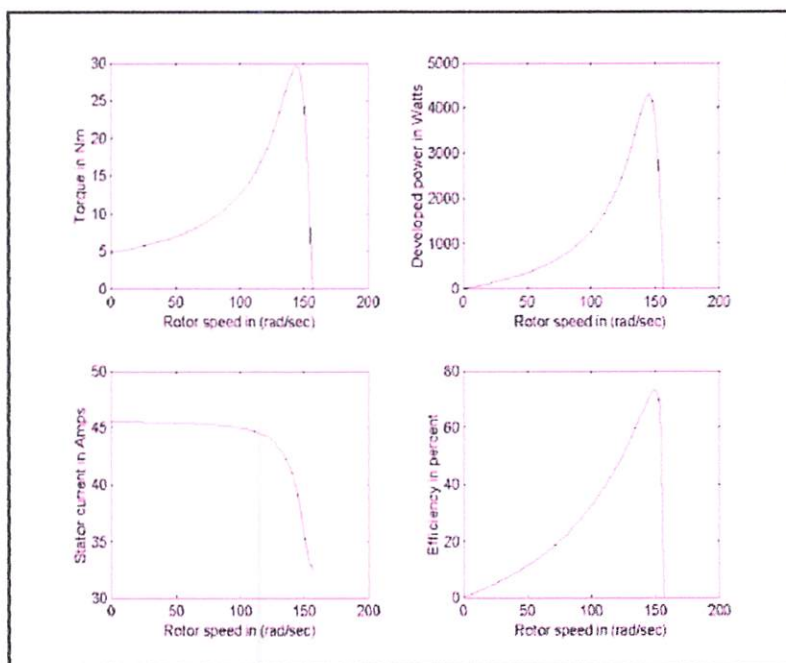
$$X_s = X_r' = 0.5 X_{ek} \text{ ohm/phase}$$

## 2.7. Operasional Motor Induksi

Menjalankan motor induksi 3 phase akan mengalami dua keadaan yaitu keadaan *transient* (peralihan) dan keadaan *steady state* (mantap).

### 2.7.1. Performa *Steady State*

Kondisi motor dalam keadaan *steady state* adalah kondisi dimana motor dalam keadaan 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.

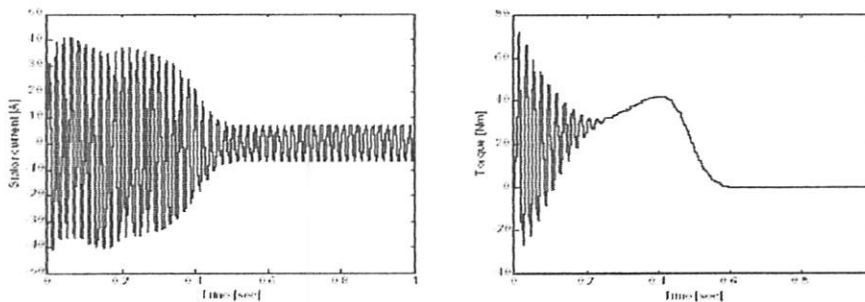


Gambar 2.13. Karakteristik Motor Induksi keadaan *steady state* <sup>[8]</sup>

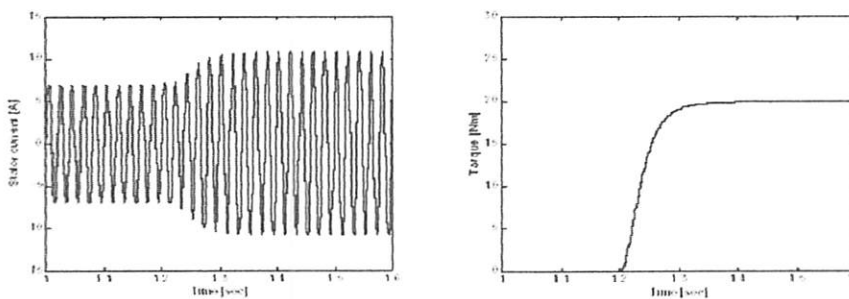
### 2.7.2. Performa Transient

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* adalah kondisi dimana motor dalam keadaan mantap.

Kondisi pada awal atau asut, pengereman, perubahan kecepatan akan mengalami keadaan *transient* pada motor induksi. Misalnya pada keadaan asut motor induksi dengan kapasitas besar akan menghasilkan arus pengasutan yang besar dimana besarnya 4 sampai 7 kali arus nominal yang tertera pada *name plate* motor.



Gambar 2.14. Transient Respond pengasutan Motor Induksi



Gambar 2.15. Karakteristik Torsi Motor Keadaan Berubah

Beban motor induksi merupakan faktor 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 *transient* 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.

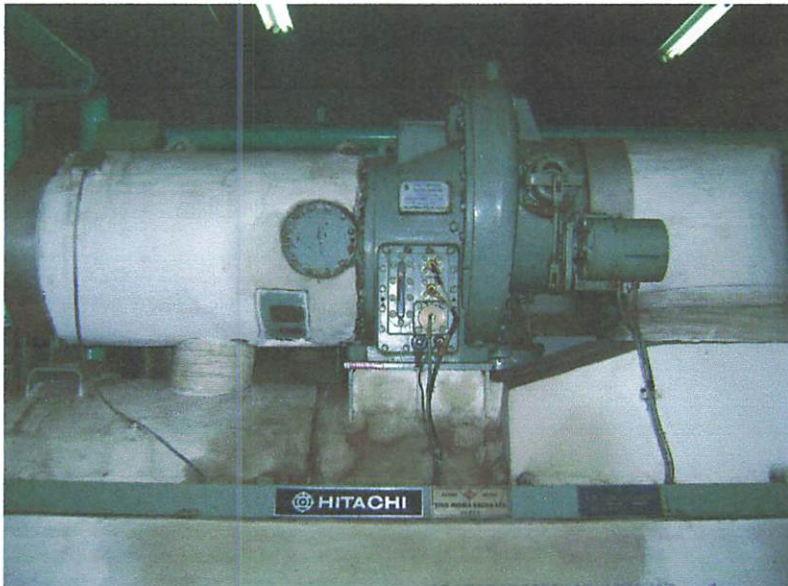
Perubahan torsi beban pada motor akan mempengaruhi, arus stator, tegangan dan *fluks* rotor. Tidak semua motor dijalankan pada torsi yang konstan misalnya suatu motor dijalankan pada 0,5 dari torsi rata-rata pada awal dan torsi penuh setelah motor berjalan beberapa detik. Faktor-faktor dalam ini merupakan 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 asut dapat diketahui akan mengalami *transient* respons adanya gejala naik turun arus, tegangan, kecepatan dan *flux* sebelum motor tersebut beroperasi dalam kondisi *steady state*.

## BAB III

# ANALISA ARUS STARTING MOTOR INDUKSI 3 PHASA DAN PEMODELAN SIMULASI *SOFTWARE ETAP POWER* *STATION*

### 3.1. Analisa Starting Motor <sup>[3]</sup>

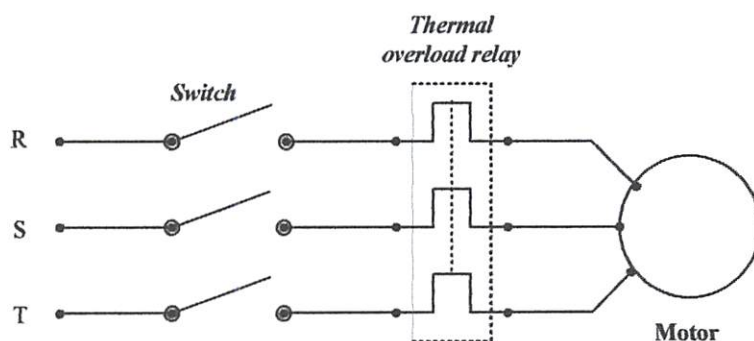
Permasalahan dalam menjalankan motor induksi 3 phasa adalah timbulnya arus awal (arus pengasutan) yang cukup besar. Arus pengasutan pada sebagian besar motor induksi arus bolak-balik memiliki besar beberapa kali besar arus nominal. Arus yang ditarik pada saat pengasutan mencapai 4 sampai dengan 7 kali arus nominal. Pada motor induksi 3 phasa berkapasitas besar hal ini tidak dapat diijinkan. Karena akan mengganggu jaringan listrik lagi pula dapat merusak motor induksi itu sendiri. Berikut gambar motor induksi 3 phasa yang di analisa.



Gambar 3.1. Motor Induksi 3 Phasa



Gambar 3.2. Name Plate Motor



Gambar 3.3. Pengasutan Tegangan Penuh

Peralatan pengasutan motor induksi rotor sangkar yang paling sederhana adalah pengasutan tegangan penuh, dimana terdiri dari saklar (*switch*) dan *relay* pengaman *overload*. Saklarnya dapat dioperasikan manual dan dapat juga menggunakan kontaktor elektromagnetik yang dapat dilepas dengan *thermal overload relay*. Secara umum, sebagian kontaktor dioperasikan sebagai tombol *start* dan *stop* dan sebagian lagi digunakan untuk menahan hubungan (*contact*).

Pada saat asut, kontaktor ditutup untuk mengaplikasikan tegangan penuh dengan kumparan motor. Motor akan menarik arus yang besar dalam waktu yang singkat. Pada saat motor berakselerasi, secara berangsur-angsur arus akan mulai turun sampai motor akan mencapai kecepatan penuh. Arus pengasutan awalnya sangat besar, kira-kira 4 sampai 7 kali arus nominal,

Pengasutan tegangan penuh akan menghasilkan arus dan torsi yang tinggi, sehingga dapat menyebabkan jatuh tegangan yang tinggi. Untuk menghindari jatuh tagangan yang tinggi maka metode pengasutan ini hanya dilakukan pada motor berkapasitas kecil.

Rumus arus pengasutan adalah:

$$I_{st} = 4 \frac{s}{d} 7 I_{\beta} \dots\dots\dots (3.1)$$

$$I_{\beta} = \frac{P}{\sqrt{3V \cos \theta \eta}} \dots\dots\dots (3.2)$$

Slip = 1

$$I_2 = \frac{E_{20}}{\sqrt{R_2^2 + X_2^2}} \dots\dots\dots (3.3)$$

Dengan memperhatikan rumus arus pengasutan diatas, dapat disimpulkan, bahwa salah satu cara untuk dapat menurunkan arus pengasutan adalah menurunkan tegangan sumber atau tegangan apit (  $E_{20}$  ), dengan menggunakan peralatan pengasutan motor.

### 3.2. Analisa Menggunakan Pengasutan Motor <sup>[7]</sup>

Cara yang paling mudah untuk menurunkan arus pengasutan adalah dengan menurunkan tegangan terminal menggunakan peralatan pengasutan motor.

Ketika motor diasut pada tegangan penuh, arus yang ditarik dari *line* daya umumnya adalah 600% dari arus beban penuh.

Arus pengasutan yang besar dari motor dapat menyebabkan penurunan tegangan. Tambahan pula dengan arus awal yang tinggi, motor juga menghasilkan torsi awal yang lebih tinggi dibandingkan torsi beban penuh. Pada beberapa aplikasi, torsi awal ini menyebabkan kerusakan system mekanis. Misalnya pada belt ( sabuk ), rantai, atau kopling. Ketika tegangan pada motor dikurangi, maka arus yang ditarik oleh motor dan torsi yang dihasilkan motor menurun. Pada tabel 3-1, menunjukkan hubungan tegangan, arus dan torsi untuk motor Desain B NEMA.

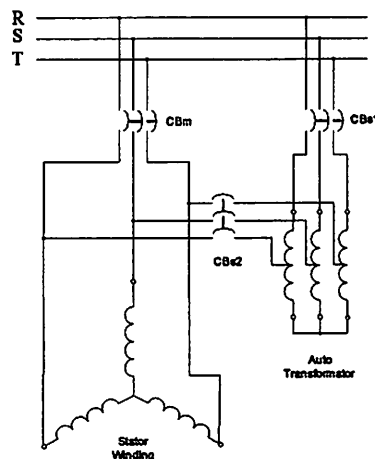
Tabel 3-1  
Karakteristik Tegangan, Arus, Dan Torsi Untuk Motor Desain B NEMA.

Metode Pengasutan	Persentase tegangan pada terminal motor	Arus Pengasutan Motor dalam %		Arus lin dalam %		Torsi Pengasutan motor dalam %	
		Arus rotor ditahan	Arus beban penuh	Arus rotor ditahan	Arus beban penuh	Torsi rotor ditahan	Torsi beban penuh
Tegangan penuh	100	100	600	100	600	100	180
<i>Auto-Trafo</i>							
80% tap	80	80	480	64	307	64	115
65% tap	65	65	380	42	164	42	76
50% tap	50	50	300	25	75	25	45
Lilitan-bagian	100	65	390	65	390	50	90
<i>Star-delta</i>	100	33	198	33	198	33	60
<i>Solid-state</i>	0-100	0-100	0-600	0-100	0-600	0-100	0-180

Pembatasan arus utility, dan juga kapasitas rel pada pabrik, dapat memerlukan motor yang diatas *power* tertentu diasut dengan tegangan yang dikurangi. Beban kinerja tinggi dapat memerlukan kontrol akselerasi motor beban. Jika beban yang digerakkan atau system distribusi daya tidak dapat menerima

pengasutan beban penuh, beberapa jenis tegangan yang dikurangi meliputi pengasut tahanan primer, *auto-transformator*, *start-delta*, pengasutan bagian lilitan dan *solid-state*.

### 3.2.1. Pengasutan Motor Menggunakan *Auto-Transformator* <sup>[6]</sup>



Gambar 3.4. Pengasutan *Auto-Transformator*

Untuk menurunkan arus *pengasutan* dapat dilakukan dengan cara menggunakan pengasutan *auto-transformator*. Motor terlebih dahulu secara permanen dihubungkan dengan hubungan *star-delta*, dimana pertama kali di *switch* dengan tap *auto-transformator* dengan penurun tegangan sampai pada keadaan stabil kemudian di *switch* ke posisi *running* atau tegangan penuh. Pada prinsipnya metode pengasutan ini hampir sama dengan pengasutan *star-delta*. Keuntungan dari metode ini dimana arus dan torsi pengasutan dapat diatur sesuai dengan nilai yang dibutuhkan.

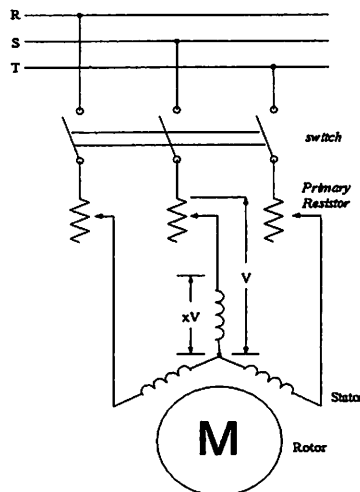
Rangkaian pengasutan *auto-transformator* dapat pada gambar 3.2. Pertama  $CB_s$  ditutup kemudian diikuti oleh  $CB_{s2}$ , kemudian setelah motor berakselerasi maka  $CB_{s2}$  ditutup. Terakhir,  $CB_{s1}$  dibuka untuk melepaskan hubungan *Auto-Transformator* dari jaringan.

Misalkan pada saat motor dihubungkan dengan 50% dari tap *Auto-Trafo*, tegangan terminal motor akan menjadi 50%. Diasumsikan LRA = 600% maka arus yang mengalir pada motor menjadi 300%. Sehingga untuk arus dan torsi pengasutannya menjadi:

$$I_{st} = \frac{V_s \cdot (\%Tap)}{\sqrt{\left(R_s + \frac{R_r}{s}\right)^2 + (X_s + X_r)^2}} \dots\dots\dots(3.4)$$

$$T_{st} = \frac{3}{\omega_s} \cdot \frac{V_s \cdot (\%Tap) \cdot R_r}{(R_s + R_r)^2 + (X_s + X_r)^2} \dots\dots\dots(3.5)$$

### 3.2.2. Pengasutan Motor Menggunakan Resistor <sup>[6]</sup>



Gambar 3.5. Pengasutan Resistor

Gambar 3.5. menunjukkan susunan pengasutan resistor. Pengasutan resistor menambah resistor pada rangkaian stator selama periode pengasutan. Jadi mengurangi arus yang ditarik dari lin. Penutupan kontak pada A menghubungkan motor dengan suplay melalui resistor yang memberikan penurunan tegangan untuk mengurangi tegangan pengasut yang ada pada motor.

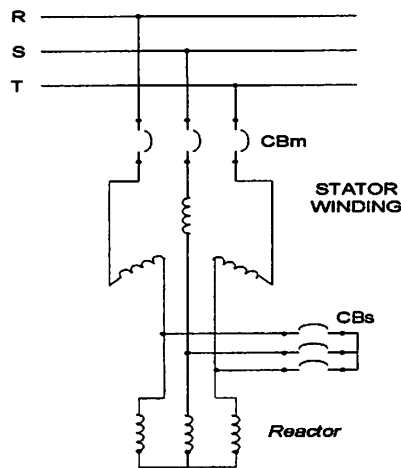
Nilai tahanan dipilih untuk menghasilkan torsi pengasutan yang cukup sambil mengurangi arus pengasutan. Arus “*inrush*” motor menurun selama *accelerasi*, sehingga mengurangi penurunan tegangan pada resistor dan memberikan torsi yang lebih besar. Hal ini mengakibatkan *accelerasi* yang lembut. Sesudah beberapa periode waktu, *switch* dibuka dan resistor di “*shorted*” untuk menghubungkan motor pada tegangan penuh.

$$I_{st} = R \cdot I_{sc} \dots \dots \dots (3.6)$$

$$T_{st} = R^2 T_{sc} \dots \dots \dots (3.7)$$

$$\frac{T_{st}}{T_f} = \left( \frac{I_{st}}{I_f} \right)^2 s_f = \left( \frac{R I_{sc}}{I_f} \right)^2 s_f = R^2 \left( \frac{I_{sc}}{I_f} \right)^2 s_f \dots \dots \dots (3.8)$$

### 3.2.3. Pengasutan Motor Menggunakan *Reactor* <sup>[6]</sup>



Gambar 3.6. Pengasutan *Reactor*

Cara lain untuk menurunkan arus awal adalah dengan menggunakan *Reaktor*. Pada gambar 3.6. Semua *reactor* dihubungkan seri pada rangkaian stator yang terhubung dengan CBs yang tersambung dengan jaringan 3 fasa. Pada saat *start* seluruh *reactor* terpasang pada rangkaian stator, sehingga impedansi stator



dilihat dari jaringan menjadi tinggi, yang menyebabkan arus stator menjadi rendah. Beberapa waktu saat asut, arus awal agak menurun. Kemudian setelah motor berakselerasi, maka saklar dilepas sehingga arus awal naik lagi dalam waktu sebentar kemudian motor berputar sesuai dengan arus nominalnya.

$$I_{st} = X_L \cdot I_{sc} \dots\dots\dots(3.9)$$

$$T_{st} = X_L \cdot ^2 T_{sc} \dots\dots\dots(3.10)$$

$$\frac{T_{st}}{T_f} = \left(\frac{I_{st}}{I_f}\right)^2 s_f = \left(\frac{x_L I_{sc}}{I_f}\right)^2 s_f = x_L^2 \left(\frac{I_{sc}}{I_f}\right)^2 s_f \dots\dots\dots(3.11)$$

**3.3. Lama Waktu Asut <sup>[3]</sup>**

Waktu yang diperlukan sebuah motor untuk mulai dari asut sampai mencapai putaran nominal pada suatu beban tertentu adalah sangatlah penting.

Bilamana  $T_d$  adalah momen dorong dari motor,  $T_b$  adalah momen beban, maka  $\Delta T$  adalah kelebihan momen, yang memberi percepatan kepada motor. Sehingga dapat ditulis:

$$\Delta T = T_d - T_b = J \frac{d\omega}{dt} \dots\dots\dots(3.12)$$

Dimana:

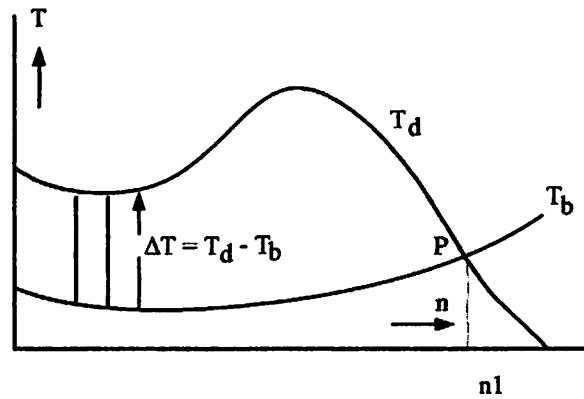
$$J = m \bar{R}^2 = m \bar{D}^2 / 4 \dots\dots\dots(3.13)$$

= momen lembam poler

$$= \int r^2 dm \dots\dots\dots(3.14)$$

Gambar 3.7. Memperlihatkan secara grafis kopel dorong  $T_d$ , kopel beban  $T_b$ , dan selisih kopel dorong dan kopel beban tersebut, sampai motor mencapai

titik  $P$  pada putaran  $n$ , dimana terdapat keseimbangan antara kopel dorong dan kopel beban.



Gambar 3.7. Grafis Kopel Terhadap Putaran

Selanjutnya dapat ditulis pula:

$$\Delta T = mR \frac{-2\pi}{60} \frac{dn}{dt} \dots\dots\dots(3.15)$$

Atau:

$$dt = \frac{\pi}{120} mD \frac{-2}{\Delta T} \frac{dn}{\Delta T} \dots\dots\dots(3.16)$$

Bilamana motor memerlukan waktu sejumlah  $t_1$  detik untuk mencapai putaran nominal  $n_1$  maka dapat ditulis:

$$\int_0^{t_1} dt = \frac{\pi}{120} mD \int_0^{n_1} \frac{1}{\Delta T} dn \dots\dots\dots(3.17)$$

Atau:

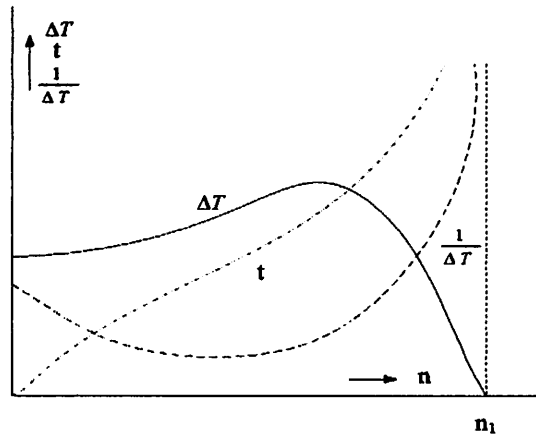
$$t_1 = \frac{\pi}{120} mD \int_0^{n_1} \frac{1}{\Delta T} dn \dots\dots\dots(3.18)$$

Sehingga:

$$t_1 = \infty \dots\dots\dots(3.19)$$

Jadi putaran nominal  $n_1$  dicapai motor dalam waktu yang tak terhingga.

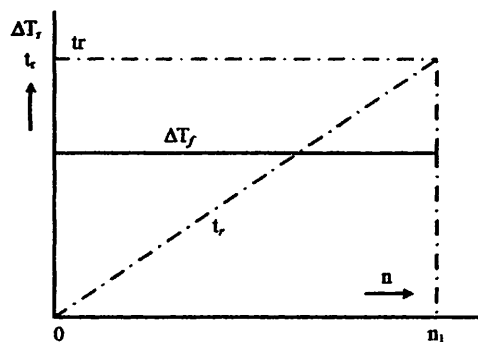
Gambar 3.8. memperlihatkan kelebihan kopel  $\Delta T$  sebagai fungsi putaran  $n$ , yaitu  $\Delta T = T_a - T_b$ , yang setelah mencapai putaran nominal  $n_1$  menjadi nol.



Gambar 3.8. Kopel  $\Delta T$  Sebagai Fungsi Putaran  $n$

Dalam gambar 3.8. juga diperlihatkan kebalikan dari  $\Delta T$ , yaitu  $1/\Delta T$  sebagai fungsi putaran  $n$ . dengan sendirinya, pada waktu  $\Delta T$  mencapai maksimum, maka  $1/\Delta T$  mencapai minimum. Sebaliknya, pada putaran  $n_1$  nilai  $\Delta T$  menjadi nol, sedangkan  $1/\Delta T$  menjadi takterhingga. Pada gambar 3.8. juga dilukiskan waktu  $t$  sebagai fungsi dari putaran  $n$ . dengan sendirinya fungsi  $t$  ini pada  $n = 0$ , untuk kemudian mencapai nilai takterhingga pada waktu  $n = n_1$

Bilamana kini dilakukan penyederhanaan. Dimisalkan untuk fungsi  $\Delta T$  diambil  $\Delta T$  rata-rata, atau  $\Delta T_r$ , yang merupakan nilai rata-rata  $\Delta T$  mulai dari nol hingga mencapai putaran  $n_1$ . Fungsi ini terlihat pada gambar 3.9.



Gambar 3.9. Fungsi  $t$  Rata-Rata Mencapai Nilai  $n_1$

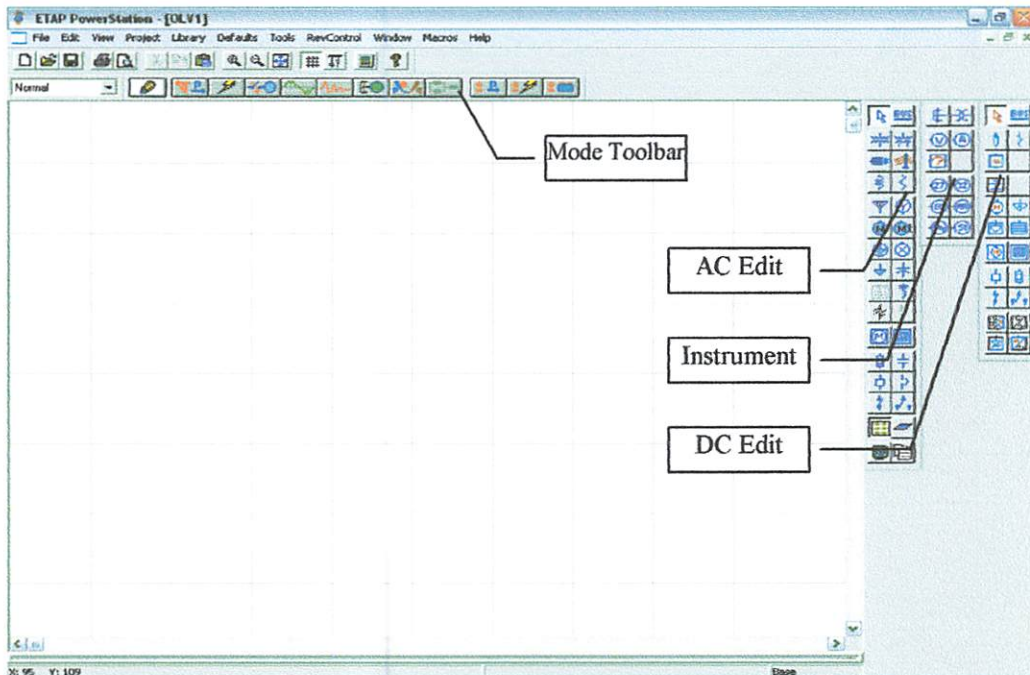
Bilamana hal ini dilakukan, maka untuk  $t_l$  diperoleh nilai praktis:

$$t_l \approx \frac{\pi}{120} \frac{mD}{\Delta T_r} n_1^2 \dots \dots \dots (3.20)$$

Pada gambar diatas terlihat fungsi  $t$  rata-rata, yang secara linear mulai dari putaran  $n = 0$  mencapai nilai  $t_l$  tersebut diatas pada putaran nominal  $n_l$ .

### 3.4. Simulasi Software ETAP Power Station

ETAP Power Station merupakan program untuk menganalisa kondisi *transient* suatu system kelistrikan. ETAP Power Station memungkinkan antar muka secara grafis dan komputasi yang sempurna dan secara langsung kita dapat menggambar *single line diagram*. Tampilan utama software ETAP Power Station pada gambar 3.10. berikut ini.



Gambar 3.10. Tampilan Model Utama Simulasi Software ETAP Power Station

Program ini didesain berdasarkan tiga konsep, yaitu:

#### **3.4.1. 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 Power Station* memiliki konsep-konsep baru dalam menentukan koordinasi peralatan pengaman secara langsung dari *single line diagram*.

#### **3.4.2. Data Gabungan Total (*Total Integration of Data*)**

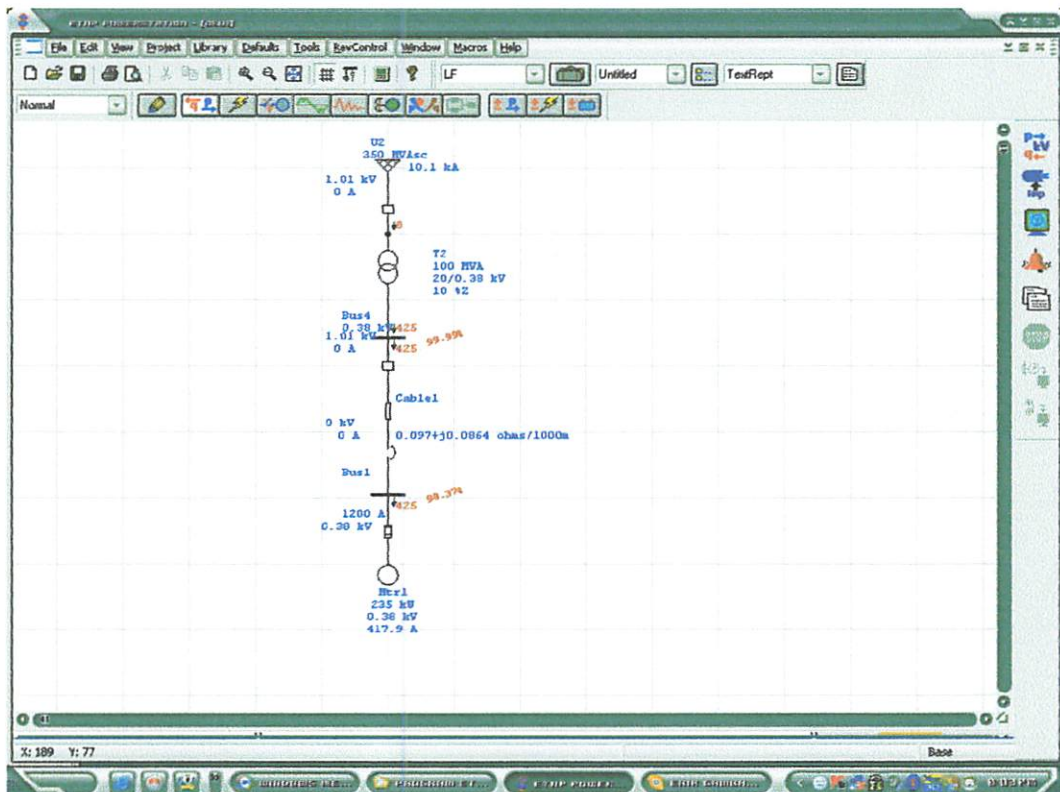
*ETAP Power Station* menggabungkan konsep elektrik, logika, mekanik dan fisik dari suatu elemen sistem dalam database yang sama. Sebagai contoh: sebuah kabel, tidak hanya terdiri dari data sifat-sifat listrik dan dimensi fisik, tetapi juga informasi yang mengindikasikan jalur yang dilalui. Gabungan data-data ini menentukan konsistensi sistem secara keseluruhan dan menghindarkan dari pemasukan data yang berulang-ulang untuk element yang sama.

#### **3.4.3. Kesederhanaan Dalam Memasukkan Data**

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

Standar yang digunakan *ETAP Power Station* versi 4.0.0 ada dua yaitu *IEEE* dan *JEC*. Hal ini berdasarkan kenyataan bahwa dalam sistem tenaga di dunia terbagi dalam dua satuan umum. Pada gambar 3.10. terdapat *toolbar AC Edit*, *DC Edit* dan *Instrument* yang merupakan kumpulan dari alat-alat ukur. *AC*

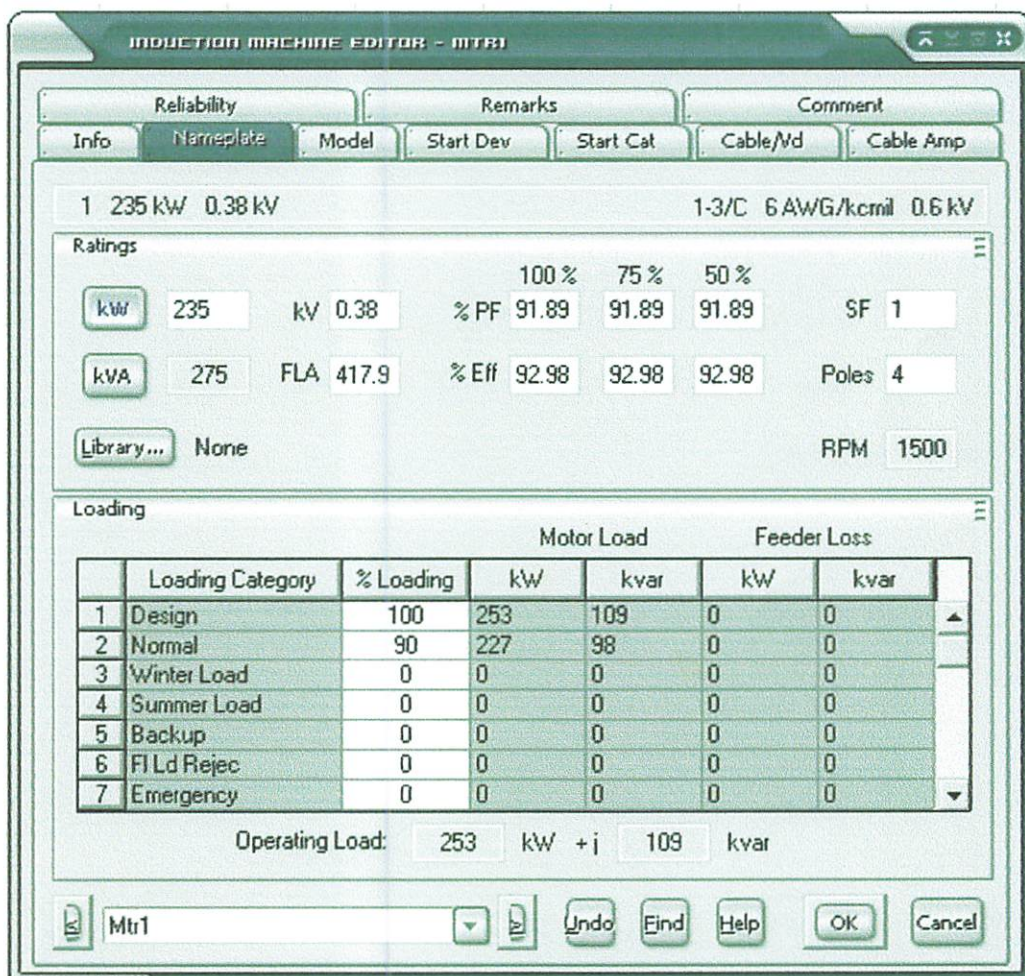
*Edit* digunakan untuk menggambar jaringan AC, *DC Edit* digunakan untuk menggambar rangkaian DC. Dimana setiap kelompok *tool* tersebut terdapat bus, kabel, CB, fuse, beban dan lain sebagainya. *Mode Toolbar* digunakan untuk me-running program. Analisa yang dapat dilakukan antara lain adalah analisa aliran daya, hubung singkat, motor pengasutan, harmonisa, *stabilitas transient*, koordinasi relay dan lain sebagainya. Komponen diletakan pada modul dengan cara *click* kiri sekali pada salah satu *tool* yang diinginkan, lalu diletakkan pada modul dengan *click* 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 Power Station* terlihat pada gambar 3.11. dibawah ini.



Gambar 3.11. Tampilan Pemodelan *Single Line Diagram* Simulasi *Software ETAP Power Station*

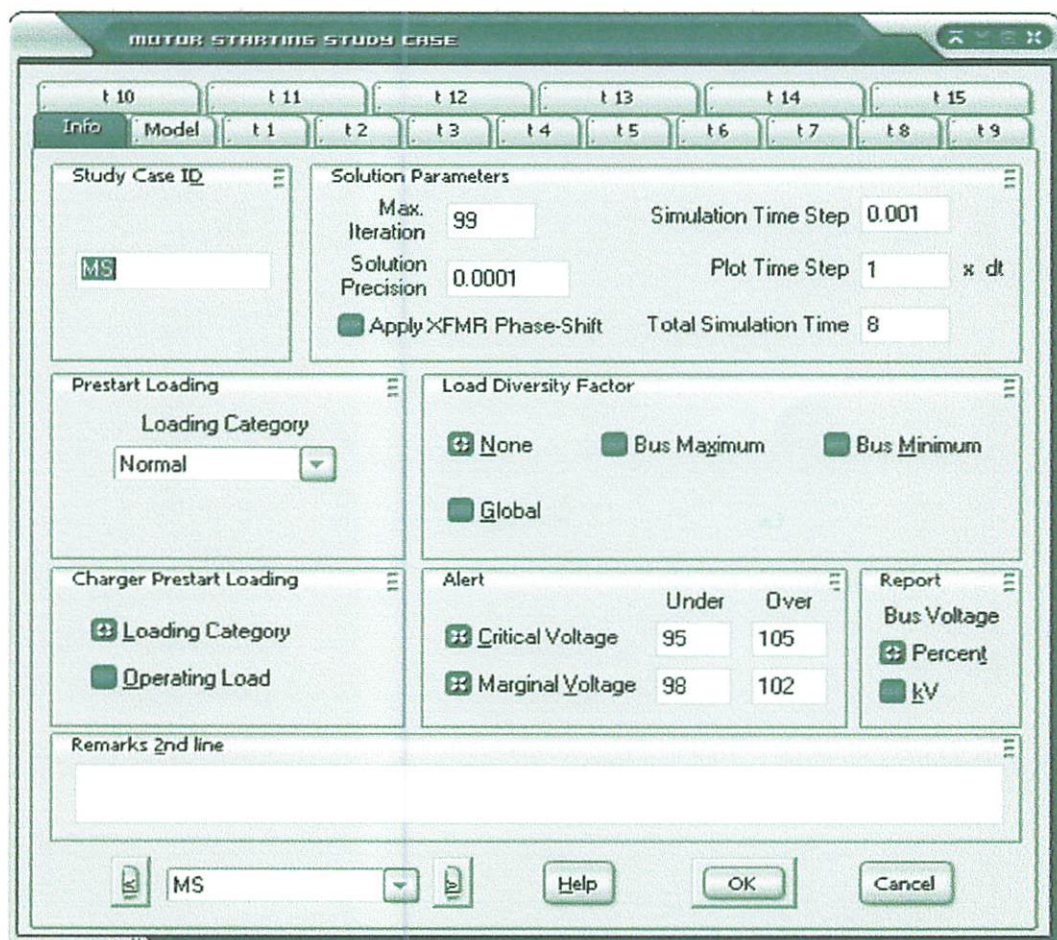


Dengan bantuan *Software ETAP Power Station* yaitu dengan cara memasukkan data *Name Plate* motor didalam *Menu Induction Machine Editor program ETAP Power Station*. Kemudian memilih peralatan pengasutan motor yang akan digunakan untuk menganalisa. Dengan mensetting waktu asut dan total simulasi pada menu motor *Starting Study Case*, kemudian menjalankan program *Run Dinamic Motor Starting* yang terletak dipojok kanan atas dalam tampilan menu program.



Gambar 3.12. Tampilan name plate motor pada induction machine editor

Pada gambar 3.12. Menampilkan inputan data *name plate* motor induksi dan pemasukan model kelas motor sehingga didapatkan karakteristik parameter motor induksi. Dalam pengoperasian motor juga dapat dipilih peralatan pengasutan 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 study case* seperti yang terlihat pada gambar 4.3. Pada menu *motor starting study case* ini kita dapat mengoperasikan beberapa motor dalam pengaturan waktu yang berbeda-beda sehingga pada saat asut, motor dapat berjalan sesuai dengan setting waktu yang telah ditentukan.



Gambar 3.13. Menu Tools Motor Starting Study Case



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

### **3.5. Algoritma Program**

#### **3.5.1. Algoritma Pemecahan Masalah Pengasutan Auto Trafo Menggunakan Simulasi Software ETAP Powerstation**

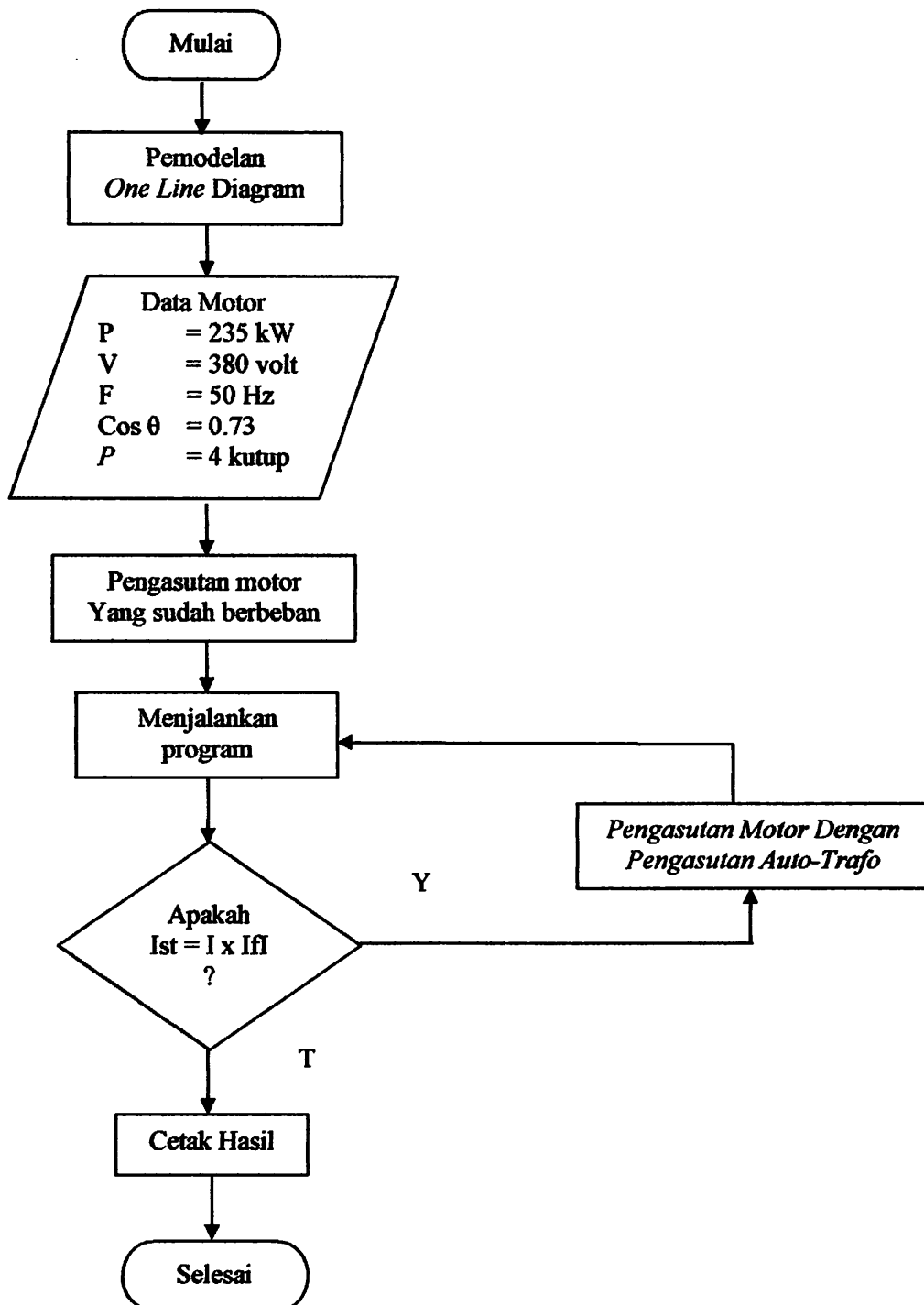
1. Mulai
2. Membuat *one line* diagram simulasi
3. Memasukkan data motor P, V, I, f, Cos  $\phi$ , p
4. Melakukan pengasutan motor yang sudah berbeban
5. Running program
6. Apakah  $I_{start} = 1 \times I_{nominal}$

Jika Ya, maka motor di asut menggunakan pengasutan *Auto-Trafo*

Jika Tidak, lanjutkan ke step berikutnya

7. Tampilkan hasil simulasi program
8. Selesai

**3.5.2. Flowchart Pemecahan Masalah Pengasutan Auto Trafo Menggunakan Simulasi Software ETAP Power Station**



**Gambar 3.14. Flowchart Pengasutan Auto Trafo Menggunakan Simulasi Software ETAP Power Station**

**3.5.3. Algoritma Pemecahan Masalah Pengasutan Resistor Menggunakan Simulasi Software ETAP Powerstation**

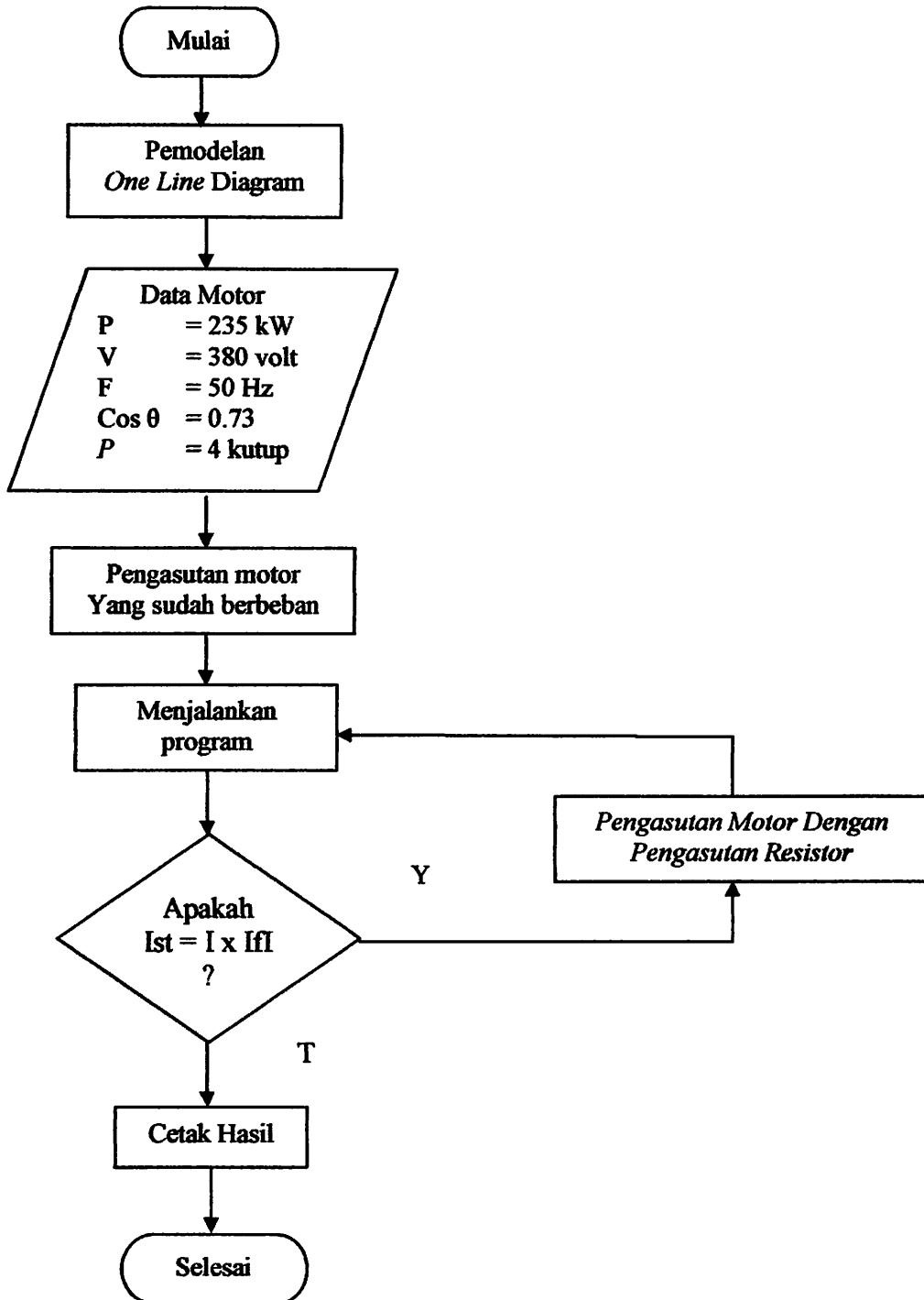
1. Mulai
2. Membuat *one line* diagram simulasi
3. Memasukkan data motor P, V, I, f, Cos  $\varphi$ , p
4. Melakukan pengasutan motor yang sudah berbeban
5. Running program
6. Apakah I start = 1 x I nominal

Jika Ya, maka motor di asut menggunakan pengasutan *Resistor*

Jika Tidak, lanjutkan ke step berikutnya

7. Tampilkan hasil simulasi program
8. Selesai

**3.5.4. Flowchart Pemecahan Masalah Pengasutan Resistor Menggunakan Simulasi Software ETAP Power Station**



**Gambar 3.15. Flowchart Pengasutan Resistor Menggunakan Simulasi Software ETAP Power Station**

**3.5.5. Algoritma Pemecahan Masalah Pengasutan *Reactor* Menggunakan Simulasi Software *ETAP Powerstation***

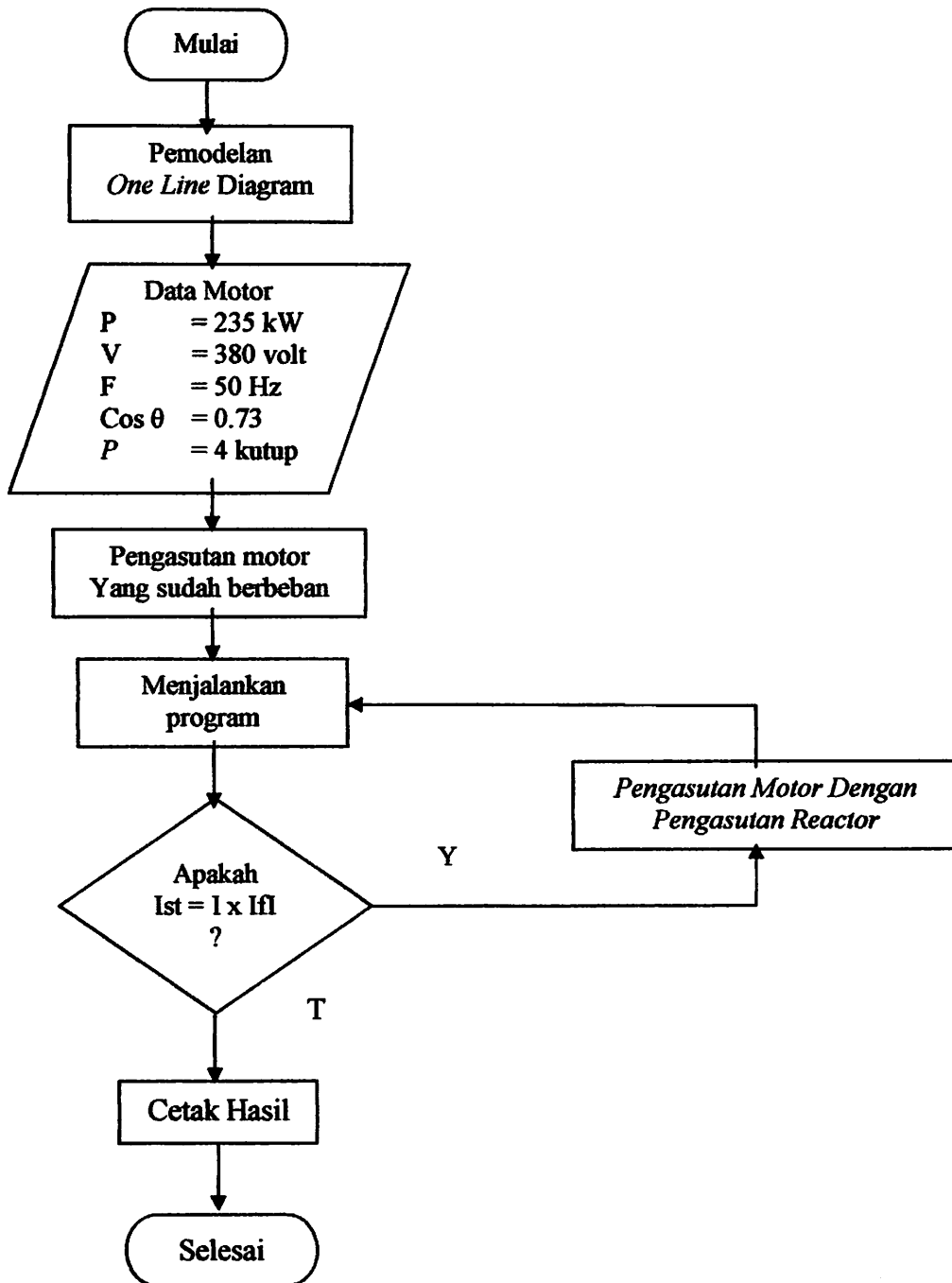
1. Mulai
2. Membuat *one line* diagram simulasi
3. Memasukkan data motor P, V, I, f, Cos  $\varphi$ , p
4. Melakukan pengasutan motor yang sudah berbeban
5. Running program
6. Apakah I start = 1 x I nominal

Jika Ya, maka motor di asut menggunakan pengasutan *Reactor*

Jika Tidak, lanjutkan ke step berikutnya

7. Tampilkan hasil simulasi program
8. Selesai

**3.5.6. Flowchart Pemecahan Masalah Pengasutan Reactor Menggunakan Simulasi Software ETAP Power Station**



**Gambar 3.16. Flowchart Pengasutan Reactor Menggunakan Simulasi Software ETAP Power Station**

## BAB IV

### ANALISA DAN HASIL SIMULASI STARTING MOTOR

#### 4.1. Data Motor Induksi Pada PT. Industri Sandang Nusantara

Data motor induksi 3 phasa yang diambil dari tempat produksi sorbitol. Kemudian dari data motor induksi 3 phasa yang didapat dimodelkan kedalam *Software ETAP Power Station*. Kemudian dilakukan *Running Dinamik Motor Starting* untuk mengetahui besarnya arus yang ditarik motor induksi 3 phasa pada waktu pengoperasian motor.

Tabel 4.1.  
Data Motor Induksi 3 phasa Pada pendingin ruangan

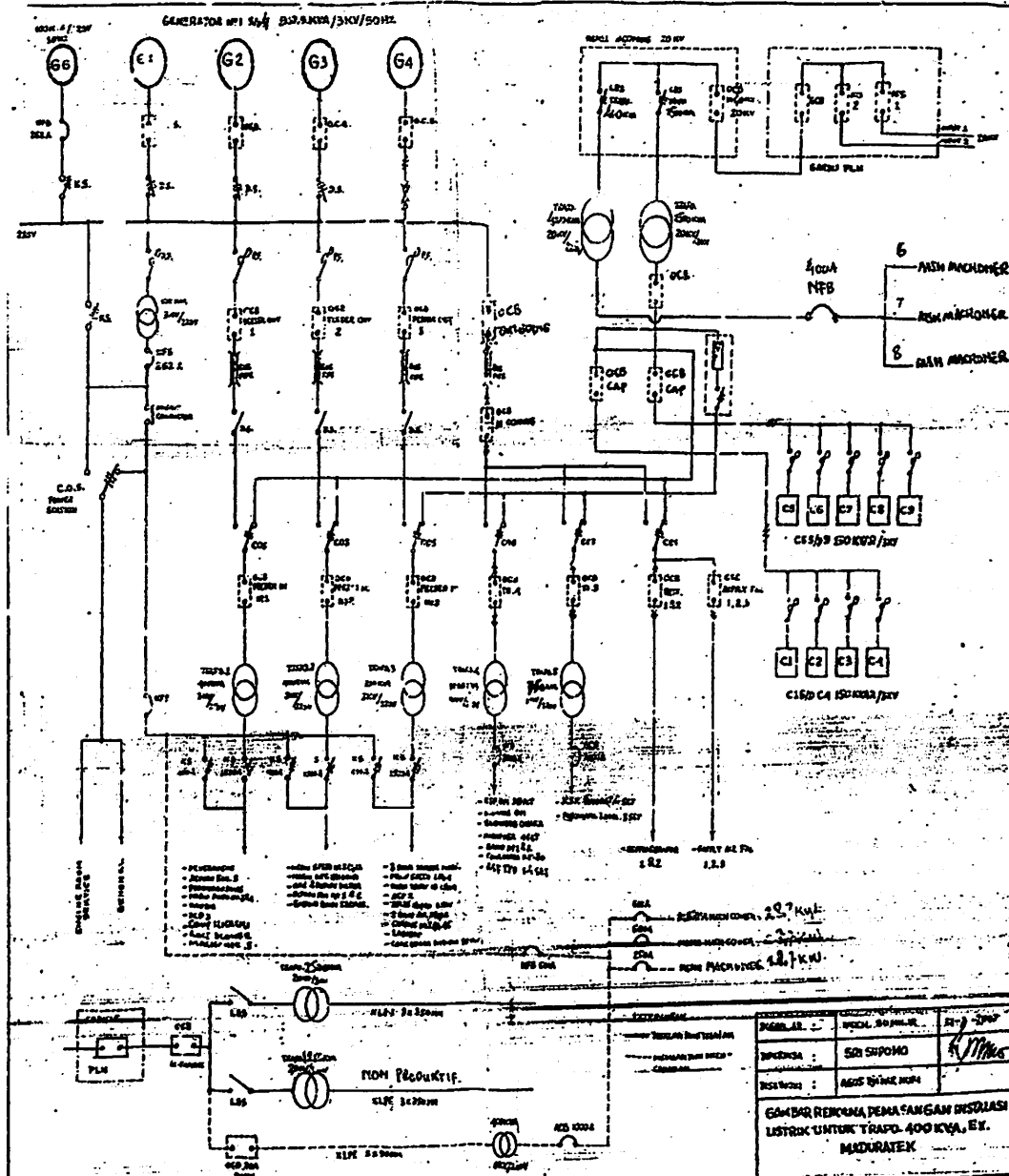
Daya	235 KW
Tegangan	380 Volt
Arus	57 Ampere
Frekuensi	50 Hz
Pole	4
Putaran	1500 rpm
Cos $\theta$	0.73

Motor yang dimaksud digunakan untuk menggerakkan mesin pendingin ruangan atau untuk pendinginan ruangan

## 4.2. Pemodelan One Line Diagram.

Gambar 4.1. berikut ini merupakan one line diagram kelistrikan di

PT. Industri Sandang Nusantara Unit Lawang.



Gambar 4.1. One-Line Diagram PT. Industri Sandang Nusantara Unit Lawang



### 4.3. Analisa Dan Hasil Simulasi Pengasutan Motor

Analisa ini bertujuan untuk mengetahui besarnya arus pada saat motor dijalankan dengan menggunakan pengasutan motor.

Setelah memasukkan data motor dan pemodelan *One-Line Diagram* pada program *ETAP Power Station* maka motor dijalankan dengan menggunakan fasilitas peralatan pengasutan motor. Sehingga dapat mengamati karakteristik motor pada saat dijalankan. Kemudian dapat diamati pula hasil komputasi program pada menu *Motor Starting Report Manager*. Data hasil simulasi juga dapat diamati dengan mengklik gambar kurva simulasi pengasutan motor.

#### 4.3.1. Analisa Perhitungan Starting Motor

Analisa perhitungan starting motor sebagai berikut:

$$I_{\phi} = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos\theta \cdot \eta}$$

$$57 = \frac{235000}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0.85 \cdot \eta}$$

$$\eta = \frac{235000}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0.85 \cdot 57} = 0,73$$

$$I_{L-L} = \sqrt{3} I_{\phi}$$

$$I_{L-L} = \sqrt{3} \cdot 57 = 98.72 A$$

$$ns = \frac{120 \cdot f}{p}$$

$$n_s = \frac{120 \cdot 50}{4} = 1500 rpm$$

$$S = \frac{ns - nr}{ns}$$

$$S = \frac{1500 - 1488}{1500} = 0,008$$

$$\omega_{ms} = \frac{2 \cdot \pi \cdot nr}{60}$$

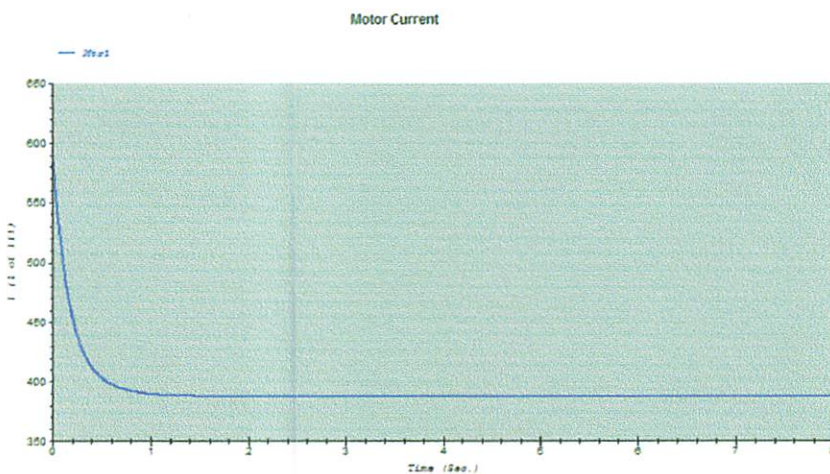
$$\omega_{ms} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 1488}{60} = 155,74 \text{ rad / s}$$

$$T = \frac{P}{\omega}$$

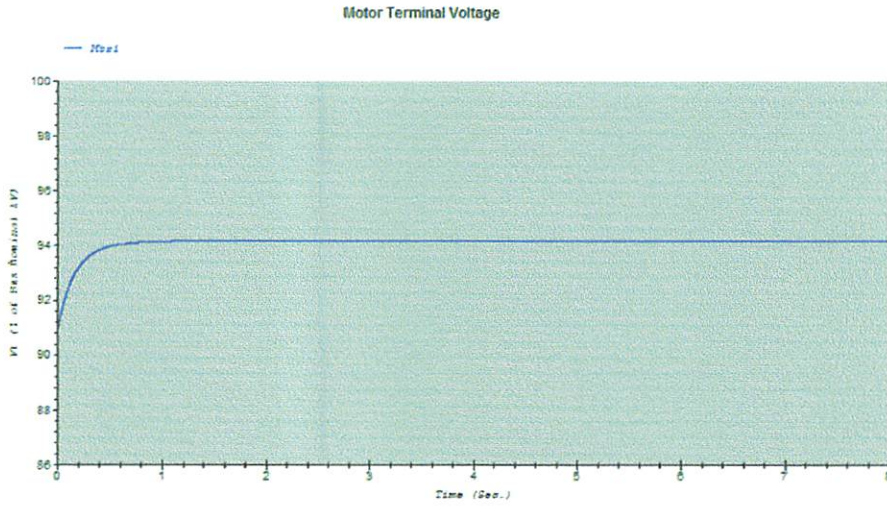
$$T = \frac{235000}{155,74} = 1508,92 \text{ N.m}$$

#### 4.3.2. Tampilan Hasil Simulasi Tanpa Pengasutan Motor

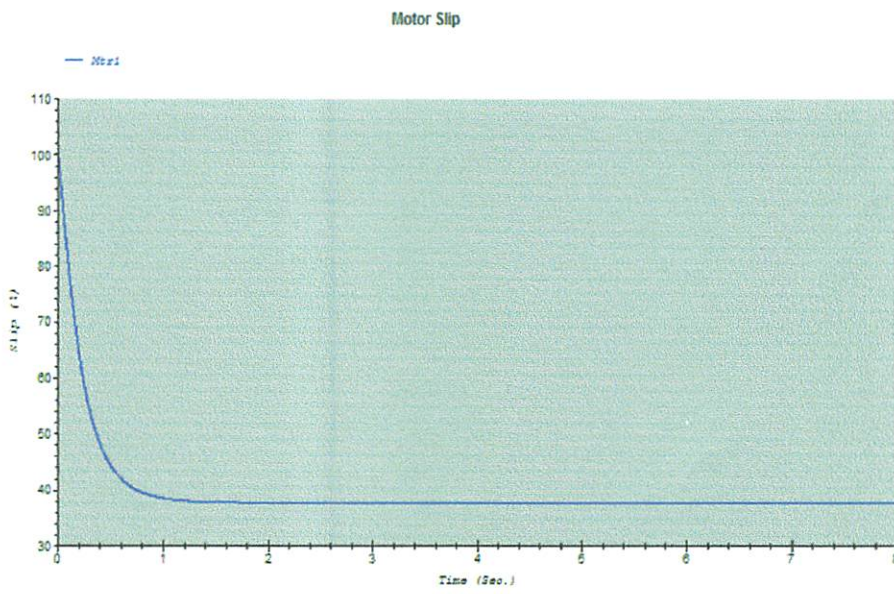
Tampilan hasil simulasi pengasutan motor adalah untuk mengetahui besarnya arus yang ditarik motor pada saat motor dijalankan. Pada saat asut, motor menarik arus yang cukup besar. Besarnya arus yang ditarik motor berkisar antara 4 sampai 7 kali arus beban penuh. Seperti yang terlihat pada gambar 4.4. dibawah ini.



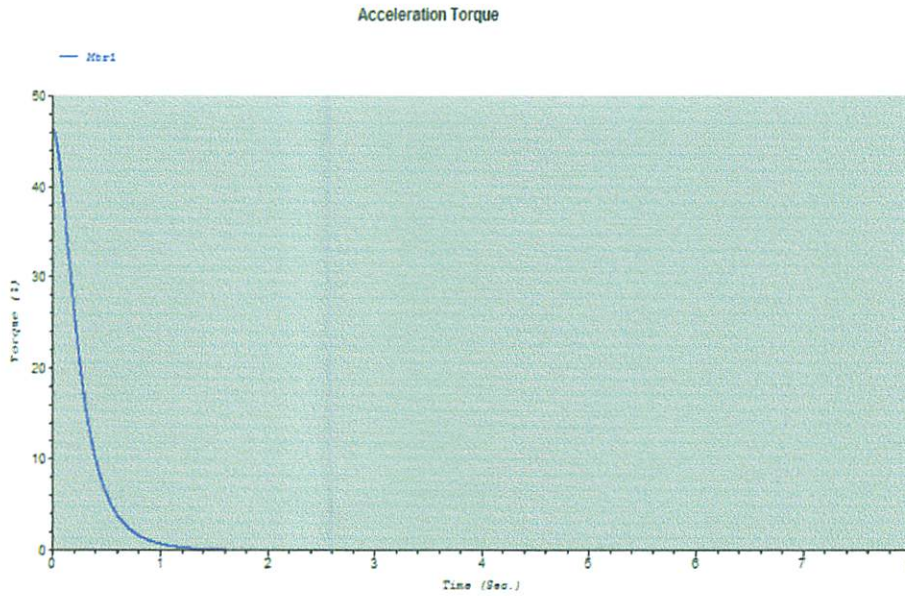
Gambar 4.2. Kurva Arus ( A ) Terhadap Waktu ( s ) tanpa menggunakan Pengasutan



Gambar 4.3. Kurva Tegangan Terminal Motor ( kV ) Terhadap Waktu ( s )



Gambar 4.4. Kurva Slip ( % ) Terhadap Waktu ( s )



Gambar 4.5. Kurva Torsi ( N-m ) Terhadap Waktu ( s )

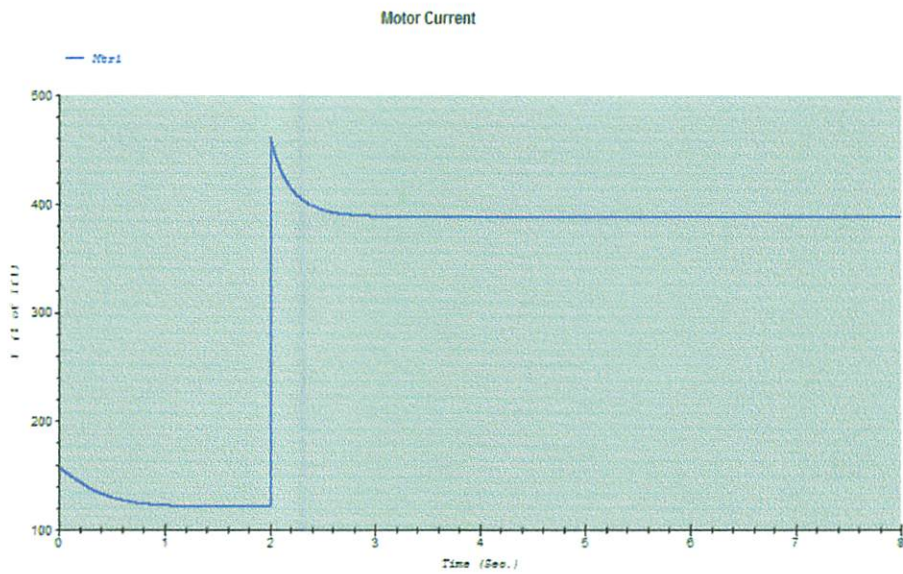
Dari hasil simulasi program *ETAP Power Station*, pada gambar 4.4. besarnya arus pengasutan motor adalah 586.085 % dari *FLA*. Pada gambar 4.5 tegangan terminal motor besarnya pada saat asut adalah 91.01 % dari  $V_t$ . Pada gambar 4.6 *slip* beban penuh besarnya adalah 1,00 % sedangkan pada gambar 4.7. torsi asut besarnya adalah 46.377 %.



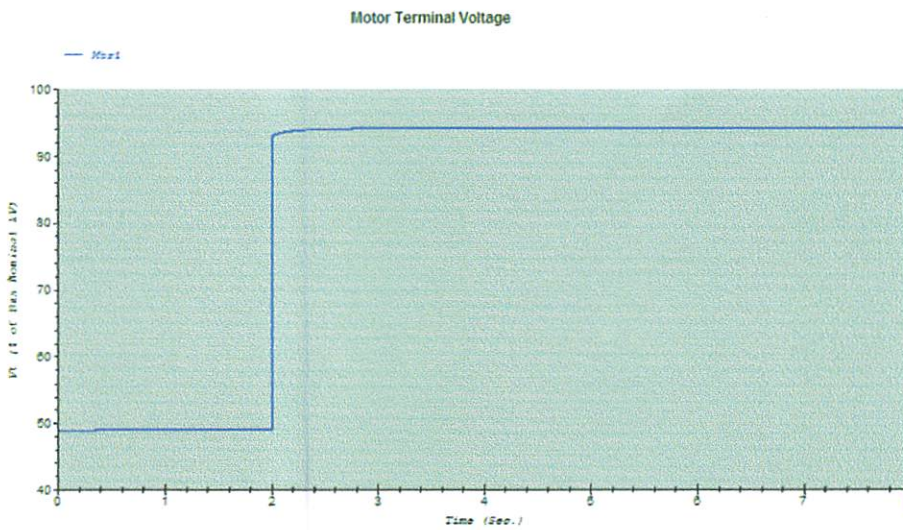
#### 4.4. Hasil Simulasi Pengasutan Motor

##### 4.4.1. Hasil Simulasi Pengasutan *Auto-Trafo*

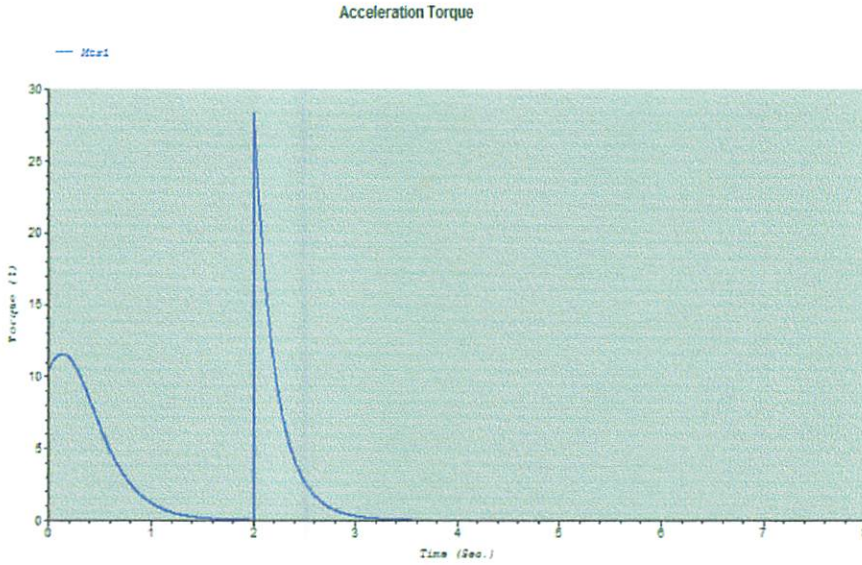
Tampilan hasil simulasi *Software ETAP Power Station* dengan pengasutan *Auto-trafo* Tap 50%.



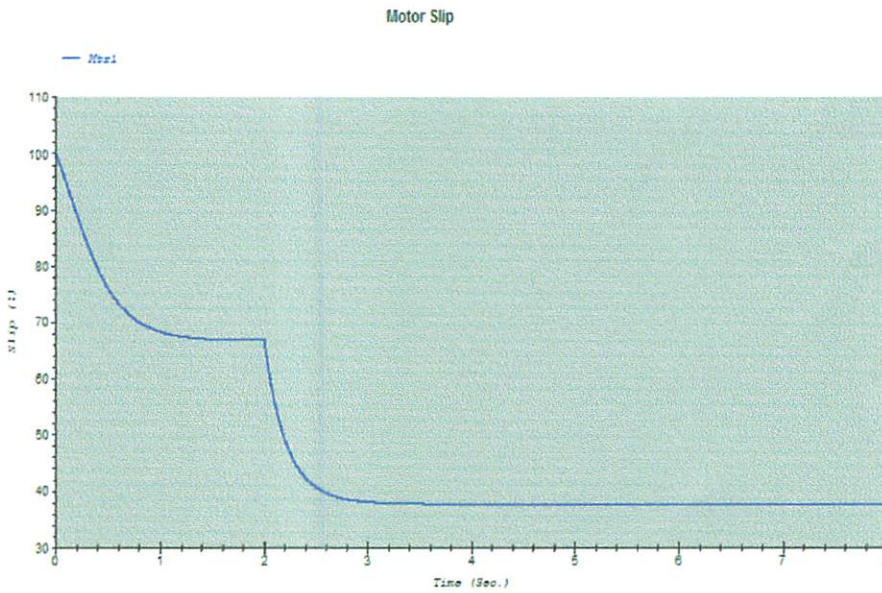
Gambar 4.6. Kurva Arus Pengasutan *Auto-Trafo* ( A ) Terhadap Waktu ( s )



Gambar 4.7. Kurva Tegangan Terminal Motor (kV) Terhadap Waktu (s)



Gambar 4.8. Kurva Torsi Terhadap Waktu (s)



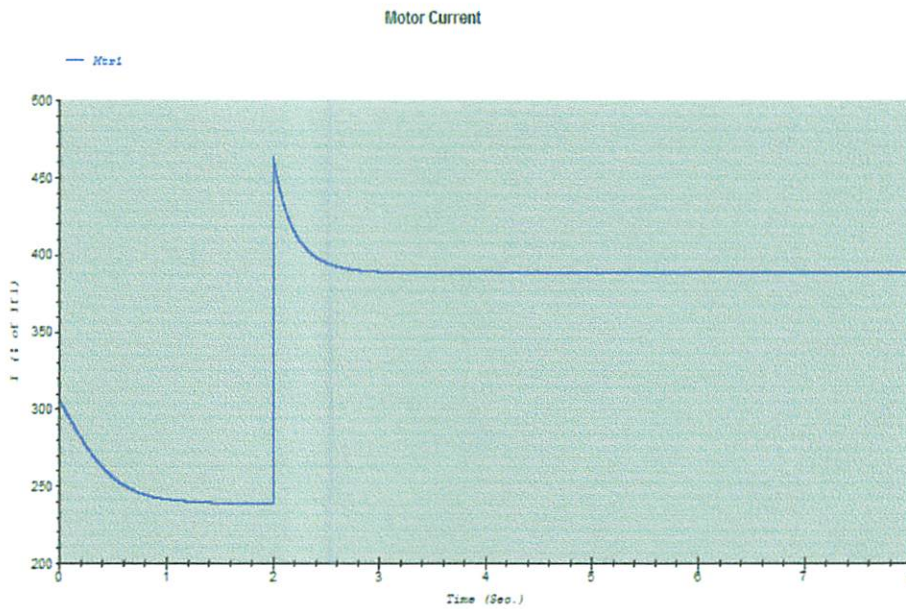
Gambar 4.9. Kurva Slip Terhadap Waktu (s)

Pada gambar 4.8 dengan menggunakan pengasutan *Auto-Trafo* dengan Tap 50% maka arus pengasutan motor sebesar 157,152 % dari FLA. dengan setting waktu pelepasan *Auto-trafo*  $t = 2s$ , maka arus naik sebesar 461.56% dari FLA. Pada gambar 4.9. Tegangan terminal motor pada saat asut adalah 48.535 % dari  $V_t$  Sedangkan pada gambar 4.10. Torsi pengasutan motor sebesar 10.535 % dari  $T_{sc}$ . Dan pada gambar 4.11. Besarnya *slip* adalah 1,17 %.

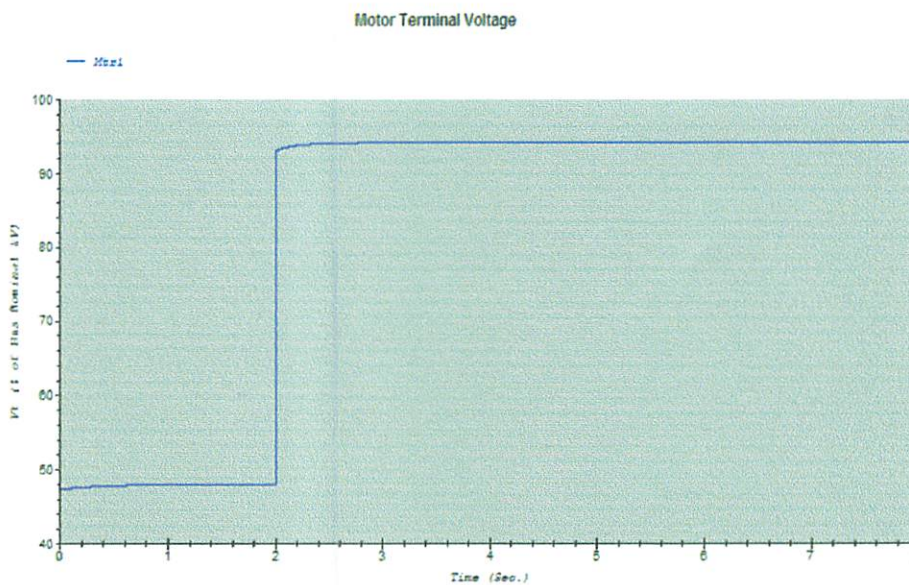


#### 4.4.2. Hasil Simulasi Menggunakan Pengasutan Resistor

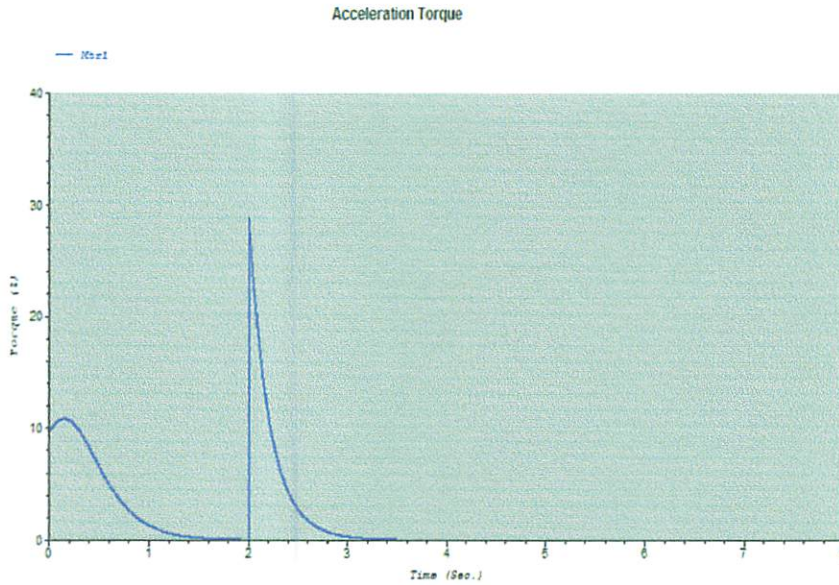
Tampilan hasil simulasi *Software ETAP Power Station* dengan pengasutan *Resistor Tap 50%*.



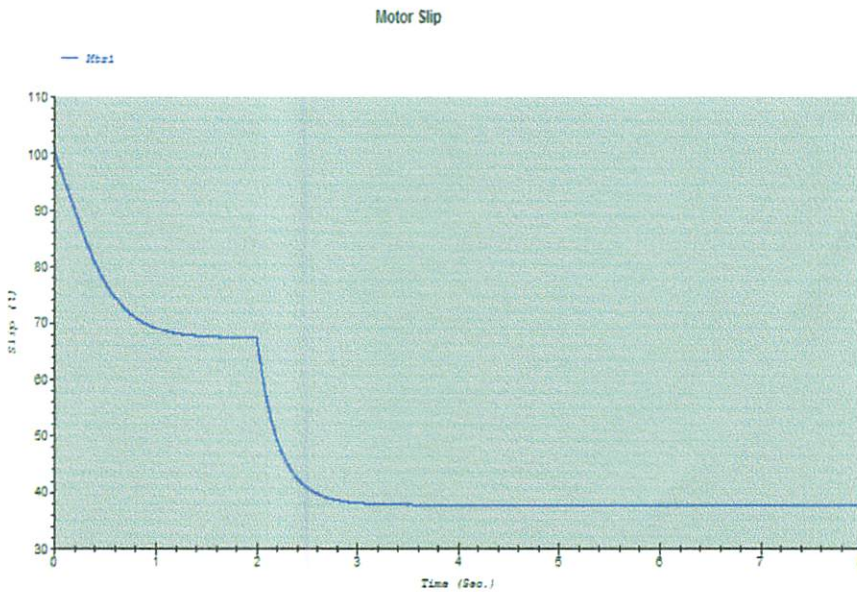
Gambar 4.10. Kurva Arus Pengasutan Resistor (A) Terhadap Waktu (s)



Gambar 4.11. Kurva Tegangan Terminal (kV) Terhadap Waktu (s)



Gambar 4.12. Kurva Torsi Terhadap Waktu (s)



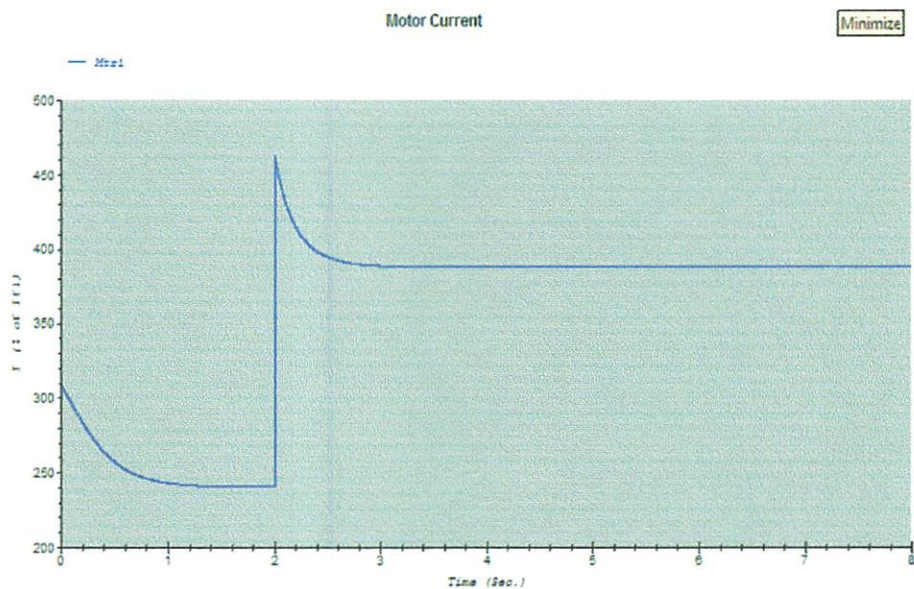
Gambar 4.13. Kurva Slip Terhadap Waktu (s)

Dari hasil simulasi pengasutan motor menggunakan *resistor* dengan Tap 50%, pada gambar 4.12. Arus pengasutan motor dengan menggunakan *Software ETAP Power Station* adalah 305.28 % dari FLA dan arus puncaknya 463.41% dari FLA. Pada gambar 4.13. besarnya tegangan terminal motor adalah 47.406 % dari  $V_t$ . Sedangkan pada gambar 4.14 besarnya torsi pengasutan *resistor* adalah 9.715 % dari  $T_{sc}$ . Dan pada gambar 4.15 besarnya *slip* adalah 1,29 %

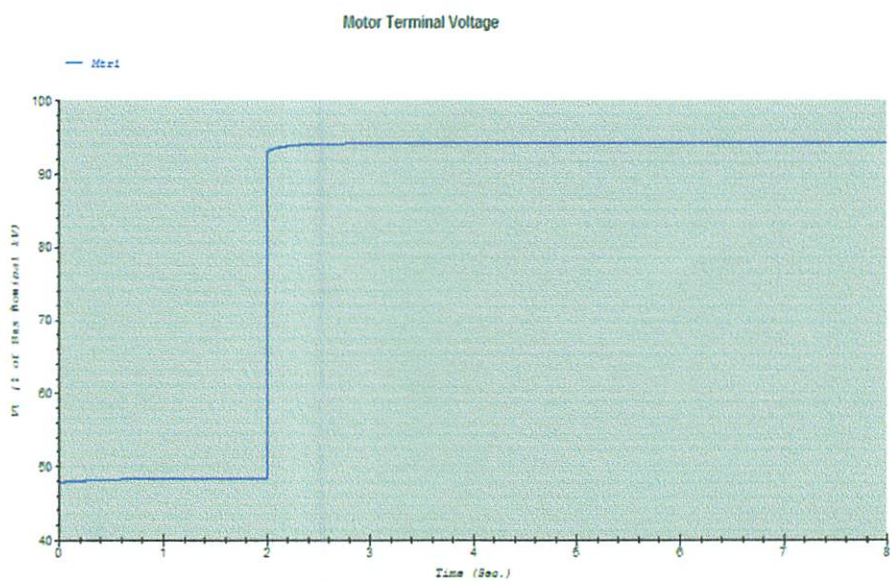


### 4.4.3. Hasil Simulasi Menggunakan Pengasutan *Reactor*

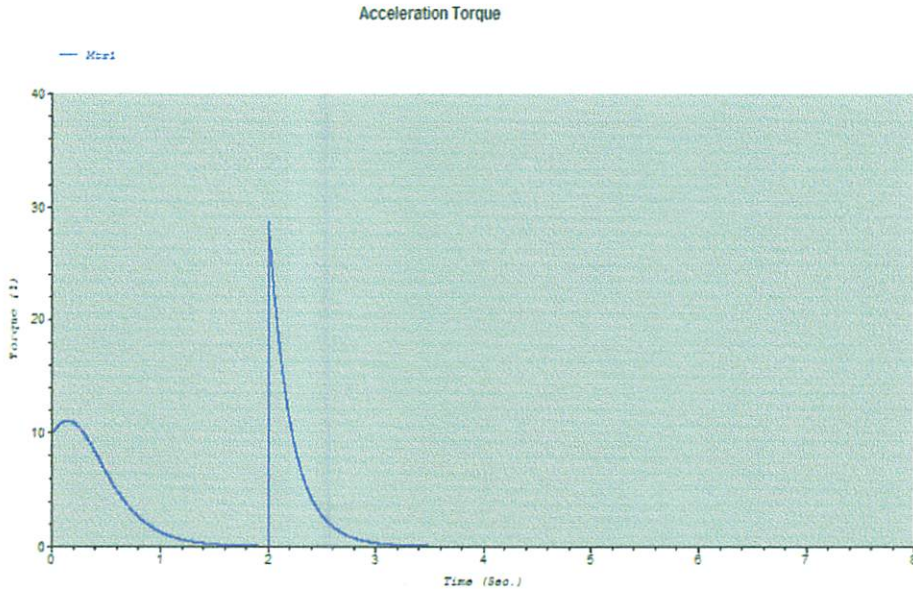
Tampilan Hasil Simulasi *Software ETAP Power Station* pengasutan motor menggunakan *reactor* dengan Tap 50%.



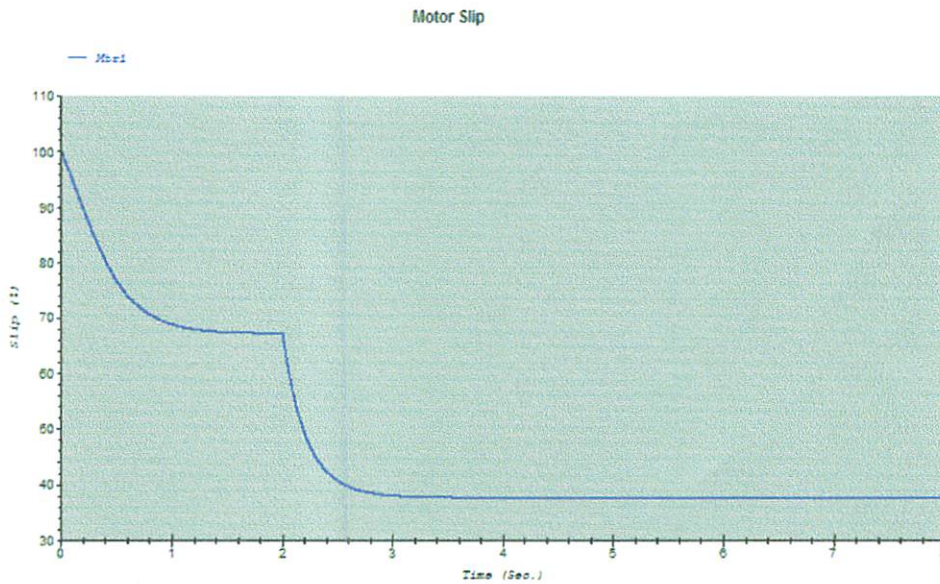
Gambar 4.14. Kurva Arus Pengasutan *Reactor* Terhadap Waktu (s)



Gambar 4.15. Kurva Tegangan Terminal (kV) Terhadap Waktu (s)



Gambar 4.16. Kurva Torsi Terhadap Waktu (s)



Gambar 4.17. Kurva Slip Terhadap Waktu (s)

Dari hasil simulasi *Software ETAP Power Station*, Pada gambar 4.16. Arus pengasutan motor dengan *reactor* sebesar 305.99 % dari FLA dan arus puncaknya sebesar 462.819% dari FLA. Sedangkan pada gambar 4.17. tegangan terminal motor sebesar 47.8285 % dari  $V_t$ . Pada gambar 4.18. torsi pengasutan motor sebesar 9.959 % dari  $T_{sc}$ . Sedangkan pada gambar 4.19. *slip* motor sebesar 1,34 %.

#### 4.5. Hasil Komputasi Simulasi *Software ETAP Power Station*

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

##### 4.5.1. Hasil Komputasi Peralatan Pengasutan Motor Menggunakan *Software ETAP Power Station*

Dari hasil komputasi *Software ETAP power Station*, dalam menu motor *starting study case* dengan mensetting waktu asut = 0 s, total simulasi t = 8 s dan *merunning* program maka didapatkan hasil yang terlihat pada tabel 4.3.

Tabel 4.2.  
Hasil Analisa Komputasi Simulasi Peralatan Pengasutan Motor

Data Hasil Komputasi ETAP	Pengasutan Motor Tegangan Penuh	Pengasutan <i>Auto-Trafo</i> Tap 50%	Pengasutan <i>Resistor</i> Tap 50%	Pengasutan <i>Reactor</i> Tap 50%
Arus % dari FLA (A)	586,085	157,157	305,284	305,999
Tegangan % dari $V_t(V)$	91,011	48,535	47,406	47,828
Torsi % dari $T_{sc}(N-m)$	46,377	10,535	9,715	9,959
<i>Slip</i> (%)	1,00	1,17	1,29	1,34

Pada saat motor dijalankan tanpa menggunakan peralatan pengasutan motor, maka arus yang ditarik motor sebesar 585,085 % 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 pengasutan yang tinggi akan mempengaruhi system mekanik pada motor itu sendiri.

Sedangkan menggunakan pengasutan *Auto-Trafo* dengan Tap 50% sebagai penurun tegangan, maka arus yang ditarik motor menjadi kecil. Besarnya adalah 157,157 % dari FLA. Akan tetapi penurunan arus pengasutan berdampak pada penurunan torsi pengasutan. Dimana torsi pengasutan tersebut besarnya adalah 10,535 % dari  $T_{sc}$ . Sehingga motor ber*accelerasi* menjadi lambat.

Sedangkan menggunakan pengasutan *resistor* dengan Tap 50%, arus yang ditarik motor sebesar 305,284 % dari FLA. Maka torsi juga mengalami penurunan sebesar 9,715 % dari  $T_{sc}$ . Sehingga *accelerasi* motor juga menjadi lambat.

Dengan menggunakan pengasutan *reactor* dengan Tap 50% *accelerasi* motor juga mengalami penurunan karena torsi pengasutan sebesar 9,959 % dari  $T_{sc}$ , dan arus pengasutan sebesar 305,999 % dari FLA.

Dari beberapa percobaan pengasutan motor, maka peralatan pengasutan yang paling optimal adalah dengan menggunakan pengasutan *Auto-trafo*, dimana arus pengasutannya sebesar 157,157 % dari FLA.

#### **4.5.2. Analisa Perhitungan Hasil Komputasi Pengasutan Motor Menggunakan Software ETAP Power Station**

Diketahui : FLA = 417 A,  $V_t = 380$  V

$$I_{st} = \frac{586,085}{100} \times 417 = 2443,97 A$$

$$V_t = \frac{91,011}{100} \times 380 = 345,84V$$

$$T_{st} = \frac{46,377}{100} \times 1508,92 = 699,79 N - m$$

$$S = \frac{1,00}{100} = 0,01$$

**4.5.3. Analisa Perhitungan Hasil Komputasi Pengasutan *Auto-Trafo*  
Menggunakan *Software ETAP Power Station***

Diketahui : FLA = 417 A, Vt = 380 V, Tap = 50%

$$I_{st} = \frac{157,715}{100} \times 417 = 657,67 A$$

$$V_t = \frac{48,535}{100} \times 380 = 184,43 V$$

$$T_{st} = \frac{10,535}{100} \times 1508 = 158,86 N - m$$

$$S = \frac{1,17}{100} = 0,011$$

**4.5.4. Analisa Perhitungan Hasil Komputasi Pengasutan *Resistor*  
Menggunakan *Software ETAP Power Station***

Diketahui : FLA = 417A, Vt = 380 V, Tap = 50%

$$I_{st} = \frac{305,284}{100} \times 417 = 1273,03 A$$

$$V_t = \frac{47,4069}{100} \times 380 = 180,14 V$$

$$T_{st} = \frac{9,715}{100} \times 1508,92 = 146,59 N - m$$

$$S = \frac{1,29}{100} = 0,012$$

**4.5.5. Analisa Perhitungan Hasil Komputasi Pengasutan *Reactor* Menggunakan *Software ETAP Power Station***

Diketahui : FLA = 417 A,  $V_t = 380$  V, Tap = 50%

$$I_{st} = \frac{305,999}{100} \times 417 = 1276,015 A$$

$$V_t = \frac{47,828}{100} \times 380 = 181,74 V$$

$$T_{st} = \frac{9,959}{100} \times 1508 = 150,18 N - m$$

$$S = \frac{1,34}{100} = 0,013$$

Tabel 4.3.  
Analisa Perhitungan Hasil Komputasi *ETAP Power Station*

Data Hasil Komputasi ETAP	Starting Motor Tegangan Penuh	Pengasutan <i>Auto-Trafo</i> Tap 50%	Pengasutan <i>Resistor</i> Tap 50%	Pengasutan <i>Reactor</i> Tap 50%
$I_{st}$ Amper	2443,97	657,67	1273,03	1276,01
$V_t = 380$ Volt	345,84	184,43	180,14	181,74
$T_{st}$ N-m	699,79	158,86	146,59	150,18
<i>Slip</i> (pu)	0,01	0,011	0,012	0,013



## BAB V

### KESIMPULAN

#### 5.1. Kesimpulan

1. Starting motor tanpa menggunakan pengasutan mengakibatkan terjadi jatuh tegangan pada bus karena arus yang ditarik sangat besar, besarnya adalah 5,8 kali arus nominal, atau sama dengan 2443,97 A. Dan torsi pengasutan sebesar 699,79N-m.
2. Pengoperasian motor dengan peralatan pengasutan dapat menurunkan arus awal, tetapi penurunan arus awal juga berdampak pada penurunan torsi, dimana jika tegangan diturunkan menggunakan pengasutan *Auto-Trafo* dengan Tap 50%, maka didapat arus awal sebesar 1.57 kali arus nominal, sama dengan 657,67 A. Dan torsi pengasutan adalah 158,86N-m.
3. Dengan menggunakan pengasutan *resistor*, dengan tap 50% maka didapat arus awal sebesar 3,05 kali arus nominal, atau sama dengan 1273,03 A. Dan torsi pengasutan besarnya adalah 146,59N-m.
4. Pengasutan menggunakan *reactor* dengan tap 50%, maka didapat arus awal yang hampir sama dengan pengasutan menggunakan resistor yaitu sebesar 3,05 kali arus nominal atau sama dengan 1276,015 A dan Torsi pengasutan sebesar 150,18N-m.
5. Dari hasil semua pengasutan dengan menggunakan *software ETAP Power Station*, maka didapatkan pengasutan yang terbaik yaitu dengan hasil arus yang paling kecil yaitu dengan menggunakan pengasutan *auto-trafo*.

## **5.2. Saran**

Dalam pengoperasian motor sebaiknya digunakan peralatan starting atau pengasutan motor, dimana motor pada saat start 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 seperti roda gigi, dan juga system mekanik yang lainnya.



## DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Jimenez, Pedro. and Vera, Luiz. 2006. "*Motor Starting Study for Large Motor*". Case: VALCOR PDVSA Project, Venezuela: IEEE PES Transmission and Distribution Conference and Exposition Latin Amerika.
- [2]. Achyanto, Djoko. 1997. "*Mesin-Mesin Listrik*". Edisi Keempat Penerbit Erlangga.
- [3]. Kadir, Abdul. 2003. "*Mesin Induksi*". Penerbit Djambatan.
- [4]. Zuhail. 1991. "*Dasar Tenaga Listrik*". Bandung: Penerbit ITB.
- [5]. Theraja, B. L. "*Electrical Technology*". RAM NAGAR, NEW DELHI-110055: Publication Division of Nirja Construction and Development Co. (P) LTD.
- [6]. Dubey, G. K. 1995. "*Fundamentals of Electrical Drives*". Kanpur India: Toppan Company DTE. LTD.
- [7]. Petruzella, Frank D. 2001. "*Elektronik Industri*". Yogyakarta: Edisi Bahasa Indonesia Penerbit Andi.
- [8]. GUPTA, B. R. 2001. "*Principles of Electrical Engineering*". RAM NAGAR, NEW DELHI-110055: S. Chand and Company LTD.
- [9]. Ir. Purnomo, Heri. 2005. "*Mesin Listrik II*". Malang: Jurusan Teknik Elektro, ITN.

**LAMPIRAN**

## MOTTO

*“Janaganlah hendaknya kamu kuatir tentang apapun juga, Tetapi nyatakanlah dalam segala hal keinginanmu kepada Allah dalam doa dan permohonan dengan ucapan syukur”*



*(Filipi 4 : 6)*

*Karya ini kupersembahkan :*

- ✚ Tuhan Yesus Kristus karena atas karunia, kasih setia dan kebesaran-Nya serta kesempatan yang diberikan kepadaku sehingga skripsi ini dapat terselesaikan tepat pada waktunya.*
- ✚ Ayahku (K.Marpaung) dan Ibuku (T.M Manurung) terima kasih atas segala doa dan dukungannya serta nasihat-nasihatnya selama ini. Maaf ya buat Bapak dan Mama anaknya baru sekarang bisa lulus.*
- ✚ Abangku (J.L.T Marpaung, ST), kakakku (A.R.U Marpaung, SE) dan adekku Erwin Jonathan Marpaung terima kasih atas doa dan semua masukkannya selama ini.*
- ✚ Rekan-rekanku yang sudah memberikan masukan dan bantuan selama proses pembuatan skripsi ini.*
- ✚ For all my best friend, kalian tetap ada dan tak pernah kulupakan. Buat yang belum selesai terus berjuang, karena masa depan kita udah digengaman. Oke Coy!!!*
- ✚ Almamater.*



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1

**BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**

Nama Mahasiswa : ERIC CARLO MARPAUNG  
N.I.M. : 01.12.077  
Jurusan : Teknik Elektro S-1  
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik  
Judul Skripsi : ANALISA ARUS STARTING MOTOR INDUKSI  
3 PHASA 235 kW MENGGUNAKAN SOFTWARE  
ETAP POWERSTATION DI PT. INSUDSTRI  
SANDANG NUSANTARA UNIT LAWANG

Dipertahankan dihadapan Majelis Penguji Skripsi Jenjang Strata Satu (S-1)

Hari : Selasa  
Tanggal : 17 Maret 2009  
Dengan Nilai : 78,55 ( B+ ) *BY*



**(Ir. H. Sidik Noertjahjono, MT)**  
NIP. Y. 102 8700 163

**Panitia Ujian Skripsi**

**Sekretaris Majelis Penguji**

**(Ir. F. Yudi Limpraptono, MT)**  
NIP. Y. 103 9500 274

**Penguji Pertama**

**(Ir. H. Choirul Saleh, MT)**  
NIP. Y. 101 8800 190

**Anggota Penguji**

**Penguji Kedua**

**( Bambang Prio H, ST, MT )**  
NIP. Y. 102 8400 082



**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1**

**PERSETUJUAN PERBAIKAN SKRIPSI**

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

Hari : Selasa  
Tanggal : 17 Maret 2009

Telah dilakukan perbaikan skripsi oleh :

1. Nama : Eric Carlo Marpaung
2. NIM : 01.12.077
3. Jurusan : Teknik Elektro
4. Konsentrasi : Teknik Energi Listrik
5. Judul Skripsi : Analisa Arus Starting Motor Induksi 3 Phasa 235 kW menggunakan Software Etap Powerstation pada PT. Industri Sandang Nusantara Unit Lawang.

Perbaikan meliputi :

No	Materi Perbaikan	Ket
1.	Abstrak diperbaharui	
2.	Latar Belakang diberi pustaka	
3.	Rumusan Masalah	
4.	Semua Diberi Pustaka	
5.	Gambar 4.2 sampai Gambar 4.17 diberi Penjelasan	
6.	Tabel 4.2. Tambahkan Star-Delta	

**Penguji Kedua**

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

**Dosen Pembimbing**

**Ir. Teguh Herbasuki, MT**



## PERMOHONAN PERSETUJUAN SKRIPSI

Yang betanda tangan dibawah ini :

Nama : ERIC CARLO MARPAUNG  
 NIM : 01.12.077  
 Semester : XVI (Enam Belas)  
 Fakultas : Teknologi Industri  
 Jurusan : Teknik Elektro S-1  
 Konsentrasi : ~~TEKNIK ELEKTRONIKA~~  
                   TEKNIK ENERGI LISTRIK  
                   ~~TEKNIK KOMPUTER DAN INFORMATIKA~~  
 Alamat : JL. MT. HARYONO 159 B

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

*[Handwritten signature]*  
 ..

Malang, 14-1-.....2009

Pemohon

*[Handwritten signature]*





## LEMBAR PENGAJUAN JUDUL SKRIPSI JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1

Konsentrasi : Teknik Energi Listrik/Teknik Elektronika/Teknik Komputer & Informatika\*)

1.	Nama Mahasiswa: <u>ERIC CARLO MARPAUNG.</u>	Nim: <u>01.12.077</u>
2.	Waktu Pengajuan	Tanggal: <u>4</u> Bulan: <u>2</u> Tahun: <u>2009</u>
3.	Spesifikasi Judul (berilah tanda silang)**)	
	a. Sistem Tenaga Elektrik	e. Elektronika & Komponen
	<input checked="" type="radio"/> b. Energi & Konversi Energi	f. Elektronika Digital & Komputer
	c. Tegangan Tinggi & Pengukuran	g. Elektronika Komunikasi
	d. Sistem Kendali Industri	h. lainnya .....
4.	Konsultasikan judul sesuai materi bidang ilmu kepada Dosen*)  <u>Ir. Teguh Herbasuki, MT</u>	Ketua Jurusan  <u>Ir. F. Yudi Cimpraptono, MT</u> NIP. P. 1039500274
5.	Judul yang diajukan mahasiswa:	<u>ANALISA STARTING MOTOR INDUKSI 3 PHASA 235 KW MENGGUNAKAN SIMULASI SOFTWARE ETAP POWER STATION PADA PT. INDUSTRI SANDANG NUGENTARA UNIT LAWANG.</u>
6.	Perubahan judul yang disetujui Dosen sesuai materi bidang ilmu	.....
	Catatan: ..... .....	
7.	Persetujuan Judul skripsi yang dikonsultasikan kepada Dosen materi bidang ilmu	Disetujui Dosen <span style="float: right;">200</span>  .....

**Perhatian:**

1. Formulir pengajuan ini harap dikembalikan kepada jurusan paling lambat satu minggu setelah diselujui kelompok dosen keahlian dengan dilampirkan proposal skripsi beserta persyaratan skripsi sesuai form S-1
2. Keterangan: \*) Coret yang tidak perlu  
\*\*) dilingkari a, b, c, ..... atau g sesuai bidang keahlian

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL  
Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2  
MALANG

---

Lampiran : 1 (satu) berkas  
Pembimbing Skripsi

Kepada : Yth. Bapak/Ibu *Ir. Teguh Herbasuki, MT.*  
Dosen Institut Teknologi Nasional  
MALANG

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : *ERIC CARLO MARPAUNG*  
Nim : *01.12.077*  
Jurusan : *Teknik Elektro S-1*  
Konsentrasi : *Teknik (Elektronika/ Energi Listrik/ Komputer & Informatika)*

Dengan ini mengajukan permohonan, kiranya Bapak/Ibu bersedia menjadi Dosen Pembimbing Utama / Pendamping \*), untuk penyusunan Skripsi dengan judul (proposals terlampir): *ANALISA STARTING MOTOR INDUKSI 3 PHASA 235 KW MENGGUNAKAN SIMULASI SOFTWARE ETAP POWER STATION PADA PT. INDUSTRI SANDANG MUCANTARA UNIT LAWANG.*

Adapun tugas tersebut sebagai salah satu syarat untuk menempuh Ujian Akhir Sarjana Teknik.


Demikian permohonan kami dan atas kesediaan Bapak/Ibu kami ucapkan terima kasih.

Malang, 11 Februari 2009.

**Mengetahui**  
**Ketua Jurusan Teknik Elektro**

  
**Ir. F. Yudi Lampraptono, MT**  
**NIP.Y. 1039 5900274**

**Hormat kami,**

  
**Eric Carlo Marpaung**

\*) coret yang tidak perlu



**PERNYATAAN KESEDIAAN DALAM PEMBIMBINGAN SKRIPSI**

Sesuai permohonan dari mahasiswa/i :

Nama : ERIC CARLO MARPAUNG

Nim : 01.12.077.

Semester : NON REGULER

Jurusan : Teknik Elektro S-1

Konsentrasi : Teknik. (Elektronika, Energi Listrik, Komputer & Informatika)

Dengan ini Menyatakan bersedia / tidak bersedia \*) Membimbing Skripsi dari mahasiswa tersebut, dengan judul : ANALISA STARTING MOTOR INDUKSI 3 PHASA 235 KW MENGGUNAKAN SIMULASI SOFTWARE ETAP POWER STATION PADA PT. INDUSTRI SANDANG NUSANTARA UNIT LAWANG.

Demikian surat Pernyataan ini kami buat agar dapat dipergunakan seperlunya.


Malang,

Kami yang membuat pernyataan,

Catatan :

Setelah disetujui agar formulir ini  
Diserahkan mahasiswa/i yang bersangkutan  
Kepada Jurusan untuk diproses lebih lanjut.

\*) Coret yang tidak perlu



Ir. Teguh Herbasubi, MT.



## BERITA ACARA SEMINAR PROPOSAL SKRIPSI PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S1

<b>KONSENTRASI</b>	ENERGI LISTRIK S-1.
--------------------	---------------------

1.	Nama Mahasiswa	ERIC CARLO M.	NIM	0112 077
----	----------------	---------------	-----	----------

2.	Keterangan	Tanggal	Waktu	Tempat / Ruang
	Pelaksanaan	14-02-2009		

Spesifikasi Judul (berilah tanda silang *)						
3.	a.	Sistem Tenaga Elektrik	e.	Embbded System	i.	Sistem Informasi
	b.	Konversi Energi	f.	Antar Muka	j.	Jaringan Komputer
	c.	Sistem Kendali	g.	Elektronika Telekomunikasi	k.	Web
	d.	Tegangan Tinggi	h.	Elektronika Instrumentasi	l.	Algoritma Cerdas

4.	Judul Proposal yang diseminarkan Mahasiswa	ANALISA STARTIN MOTOR INDUKSI 3 PHASA 235KW MENGGUNAKAN SIMULASI SOFTWARE ETAP POWER STATION PADA PT. SAMDAVE NUSANTARA UNIT LAWANG.
----	--	---

5.	Perubahan Judul yang diusulkan oleh Kelompok Dosen Keahlian	..... ..... ..... .....
----	---	----------------------------------

6.	Catatan :	..... ..... ..... .....
----	-----------	----------------------------------

	Catatan :	..... ..... ..... .....
--	-----------	----------------------------------

Keterangan  
 \*) dilingkari



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 (PERSERO) MALANG  
BANK NIAGA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 35145  
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

Malang, 18 Februari 2009

Nomor : ITN-739/I.TA/2/09  
Lampiran : -  
Perihal : BIMBINGAN SKRIPSI

Kepada : Yth. Sdr./i. **IR. TEGUH HERBASUKI, MT**  
Dosen Institut Teknologi Nasional Malang

Dosen Pembimbing  
Jurusan Teknik Elektro S-1  
di  
Malang

Dengan hormat  
Sesuai dengan permohonan dan persetujuan dalam Proposal Skripsi  
Untuk Mahasiswa :

Nama : ERIC CARLO M  
Nim : 0112077  
Fakultas : Teknologi Industri  
Jurusan : Teknik Elektro S-1  
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik

Maka dengan ini pembimbingan tersebut kami serahkan sepenuhnya  
kepada Saudara/i selama masa waktu (enam) 6 bulan, terhitung mulai  
tanggal :

14 Februari 2009 s/d 14 Agustus 2009

Sebagai satu syarat untuk menempuh ujian Sarjana Teknik,  
Jurusan Teknik Elektro S-1  
Demikian agar maklum dan atas perhatian serta bantuannya kami sampaikan  
terima kasih



Ketua Jurusan  
Teknik Elektro S-1

Ir. F. Yudi Limpraptono, MT.  
Nip. Y. 1039500274

Tembusan Kepada Yth :

1. Mahasiswa Yang Bersangkutan
2. Arsip

Form. S 4a



### FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : ERIC CARLO MARPAUNG  
Nim : 01.12.077  
Masa Bimbingan : 14 FEBRUARI 2009 s/d 14 AGUSTUS 2009  
Judul Skripsi : ANALISA STARTING MOTOR INDUKSI 3 PHASA 235 kW  
MENGUNAKAN SIMULASI SOFTWARE ETAP POWER  
STATION PADA PT. INDUSTRI SANDANG NUSANTARA  
UNIT LAWANG

No.	Tanggal	Uraian	Paraf Pembimbing
1.	17/02 09	Konsultasi Latar blk, tujuan	
2.	20/02 09	Konsultasi Pengambilan Data	
3.	24/02 09	Konsultasi Analisa Data	
4.	27/02 09	Konsultasi Bab I, II, IV, V	
5.	02/02 09	ACC Mahalah Seminar	
6.	09/02 09	ACC. Ujian	
7.			
8.			
9.			
10.			

Malang, 2009  
Dosen Pembimbing,

(Ir. TEGUH HERBASUKI, MT)

NIP.P 1038900209



## 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 : Eric Corlo M  
NIM : 0112077  
Perbaikan meliputi :

- Abstrak diperbaiki
- Latar belakang Diberi pustaka.
- Rumusan Masalah ?
- Semua Diberi Pustaka?
- Gambar 4.2 - Gambar 4.17. Diberi keterangan ?
- Tabel 4.2. tambahkan  $\sigma_{Aor-Delta}$  ?

Malang, 17-03-2009

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

Lawang, 19 Januari 2009

Kepada Yth :

Dekan  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
Jl. Raya Karanglo, Km 2  
Malang

Nomor : 005 /7 – G/2009  
Sifat : -  
Lampiran : -  
Perihal : Ijin Survey.

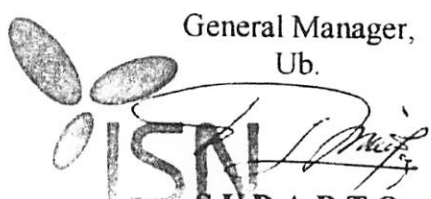
Memperhatikan surat Saudara No. : ITN.- 307/III.TA-2/2/2009 tanggal 15 Januari 2009 perihal Survey, maka dengan ini diberitahukan bahwa kami dapat menerima Mahasiswa Saudara sebagai berikut :

No.	N A M A	NIM	JURUSAN
1.	ERIC CARLO M.	01.12.077	Teknik Elektro

Dapat dilaksanakan dengan ketentuan sebagai berikut :

1. Dimulai pada tanggal 19 s/d 29 Jan'09 waktu 07.30 s/d 11.30 Wib.
2. Harus mentaati peraturan perusahaan dan menunjukkan surat persetujuan ini kepada petugas SATPAM Perusahaan.
3. Berpakaian Atas Putih dan Bawah Hitam, Rapi dan Sopan (tidak diperkenankan memakai Kaos, Blue Jeans, dan atau memakai Sandal).
4. Perusahaan tidak menyediakan Fasilitas berbentuk apapun.
5. Sebelum laporan dijilid/dibendel konsepnya harus dikonsultasikan dengan pihak perusahaan.
6. Menyerahkan 1 (satu) buku hasil Survey ke Pihak Perusahaan.
7. Harus membawa surat persetujuan ini setiap pengambilan data dan atau konsultasi.

Demikian untuk menjadikan maklum.

General Manager,  
Ub.  
  
**SUDARTO**  
Patal Sensup Pers. Kesj.