

# SKRIPSI

**ANALISA ARUS STARTING MOTOR INDUKSI 3 PHASA 70 KW  
MENGUNAKAN SOFTWARE *ETAP POWER STATION* PADA  
PT. SORINI TOWA BERLIAN CORP PASURUAN**



**Disusun Oleh :  
EKO BUDI KRISTANTO  
NIM: 02.12.011**

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

1964

FEDERAL BUREAU OF INVESTIGATION  
EXECUTIVE SECRETARIAT  
UNITED STATES DEPARTMENT OF JUSTICE  
WASHINGTON, D. C. 20535

MEMORANDUM FOR THE DIRECTOR

FROM: SAC, NEW YORK (100-157114)

SUBJECT: [REDACTED]

RE: [REDACTED] (NY 100-157114) (P)  
[REDACTED] (NY 100-157114) (P)  
[REDACTED] (NY 100-157114) (P)

2/15/64

## LEMBAR PERSETUJUAN

**ANALISA ARUS STARTING MOTOR INDUKSI 3 PHASA 70 KW  
MENGUNAKAN SOFTWARE *ETAP POWER STATION* PADA  
PT. SORINI TOWA BERLIAN CORP PASURUAN**

### SKRIPSI

*Disusun Untuk Melengkapi dan Memenuhi Persyaratan  
Guna Mencapai Gelar Sarjana Teknik Elektro Strata Satu (S-1)*

Disusun Oleh :

**EKO BUDI KRISTANTO  
NIM: 02.12.011**

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Elektro S-1



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

Menyetujui,  
Dosen Pembimbing

**Ir. Teguh Herbasuki, MT**  
NIP.Y. 103 8900 209

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

**ANALISA ARUS STARTING MOTOR INDUKSI 3 PHASA 70 KW  
MENGUNAKAN SOFTWARE ETAP POWERSTATION PADA  
PT.SORINI TOWA BERLIAN CORP PASURUAN**

Eko Budi Kristanto Nim : 02.12.011  
Dosen Pembimbing : Ir.Teguh Herbasuki, MT

**ABSTRAK**

Starting motor dengan kapasitas daya 70 KW akan menarik arus yang cukup besar, antara 4 sampai 7 kali arus beban penuh (FLA). Hal ini, tidak dapat diijinkan, karena mengakibatkan penurunan tegangan sesaat pada jaringan instalasi listrik pabrik. Selain itu juga mempengaruhi kinerja beban lainnya. Dari hal-hal tersebut maka timbul permasalahan, bagaimana menurunkan arus yang besar pada saat starting dengan tetap menjaga kondisi tegangan tidak mengalami penurunan. Oleh karena itu diperlukan analisa arus starting motor tanpa pengasutan dan dengan pengasutan untuk mendapatkan perbandingan pengasutan motor yang paling tepat di PT.Sorini Towa Berlian Corp Pasuruan.

Dalam penelitian ini akan dibahas mengenai peralatan starting motor antara lain pengasutan *Auto trafo*, pengasutan *Resistor* dan pengasutan *Reactor*. Diharapkan dengan ketiga pengasutan tersebut mampu menurunkan arus start yang tinggi. Metoda *Newton Rhapsion* digunakan pada perhitungan untuk menentukan nilai arus, tegangan dan torsi yang selanjutnya disimulasikan menggunakan *Software Etap Powerstation*.

Dari hasil simulasi *software ETAP Powerstation* pada starting motor tanpa pengasutan arus start yang ditarik motor adalah 608,8 % dari FLA, dimana FLA sebesar 126 A atau 767,08 A. Sedang menggunakan pengasutan *auto-trafo* Tap 50%, arus *start* yang ditarik motor sebesar 157,93 % dari FLA, atau 198,9 A. Pada pengasutan *resistor* Tap 50%, arus startnya 313,6 % dari FLA atau 395,14 A. Dan pada pengasutan *reactor* Tap 50%, arus start sebesar 312,14 % dari FLA atau 393,3 A. Dari hasil simulasi *starting* motor menggunakan *software ETAP Powerstation*, didapatkan peralatan *starting* motor yang terbaik, yaitu menggunakan pengasutan *Auto-trafo*. Dengan arus starting relatif kecil yaitu 198,9 A.

Kata kunci : Motor Induksi, *Starting* Motor, *FLA*.

## KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan puji syukur kehadiran Allah SWT atas karunia dan hidayahnya. Skripsi ini dapat terselesaikan dengan tepat waktu, skripsi ini diajukan sebagai syarat untuk menyelesaikan studi di Fakultas Teknologi Industri Jurusan Teknik Elektro, Institut Teknologi Nasional Malang.

Pada kesempatan yang berbahagia ini penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Abraham Lomi, MSEE. selaku Rektor ITN Malang
2. Bapak Ir. Mochtar Asroni, MSME, selaku Dekan FTI, ITN Malang.
3. Bapak Ir. F. Yudi Limpraptono, MT, selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro ITN Malang.
4. Bapak Ir. Teguh Herbasuki, MT, selaku Dosen Pembimbing Utama..
5. Bapak Ir. Teguh Herbasuki, MT, selaku Dosen Wali.
6. Bapak Ir. Agus Suliyanto selaku Kepala Bagian Instrumentasi di PT Sorini Towa Berlian Corporation Pasuruan.
7. Ayah, Ibu, Lek Tutik serta istriku dan aditya yang selalu memberi dukungan baik moril dan materiil, terima kasih atas semua ketulusan yang telah diberikan.
8. Rekan-rekan Mahasiswa yang telah banyak membantu dalam penyelesaian skripsi ini.

Malang, Januari 2009

Penyusun

# DAFTAR ISI

	Halaman:
<b>LEMBAR JUDUL</b> .....	i
<b>LEMBAR PERSETUJUAN</b> .....	ii
<b>ABSTRAK</b> .....	iii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	iv
<b>DAFTAR ISI</b> .....	v
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	ix
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
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
<b>BAB II TEORI DASAR</b> .....	6
2.1. Teori Dasar Motor Induksi .....	6
2.2. Kontruksi 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 Ekivalen .....	13
2.5.1. Rangkaian Ekivalen Stator .....	14
2.5.2. Rangkaian Ekivalen Rotor .....	15
2.6. Pengujian Motor Induksi Tiga Phasa. ....	18
2.6.1. Pengujian Arus Searah ( <i>DC Test</i> ) .....	18
2.6.2. Pengujian Tanpa Beban ( <i>No Load Test</i> ) .....	19
2.6.3. Pengujian Rotor Tertahan ( <i>Blocked Rotor Test</i> ) .....	20
2.7. Operasional Motor Induksi.....	22
2.7.1. <i>Performa Steady Steate</i> .....	22
2.7.2. <i>Performa Transient</i> . ....	23

### **BAB III ANALISA STARTING MOTOR DAN PEMODELAN**

<b>SIMULASI SOFTWARE ETAP POWERSTATION</b> .....	25
3.1. Analisa <i>Starting Motor</i> .....	25
3.2. Analisa Menggunakan Pengasutan Motor .....	27
3.2.1. Pengasutan Motor Menggunakan <i>Auto Transformer</i> ..	29
3.2.2. Pengasutan Motor Menggunakan Resistor.....	30
3.2.3. Pengasutan Motor Menggunakan Reactor .....	31
3.3. Lama Waktu Start.....	32
3.4. Simulasi <i>Software ETAP Powerstation</i> .....	35

3.4.1. Operasi Nyata Secara Virtual.....	36
3.4.2. Data Gabungan Total.....	36
3.4.3. Kesederhanaan Dalam Memasukkan Data.....	36
3.5. Algoritma Program.....	40
3.5.1. Algoritma Pemecahan Masalah Pengasutan <i>Auto Trafo</i> Menggunakan <i>Software ETAP Powerstation</i> .....	40
3.5.2. Flowchart Pemecahan Masalah Pengasutan <i>Auto Trafo</i> Menggunakan <i>Software ETAP Powerstation</i> .....	41
3.5.3. Algoritma Pemecahan Masalah Pengasutan <i>Resistor</i> Menggunakan <i>Software ETAP Powerstation</i> .....	42
3.5.4. Flowchart Pemecahan Masalah Pengasutan <i>Resistor</i> Menggunakan <i>Software ETAP Powerstation</i> .....	43
3.5.5. Algoritma Pemecahan Masalah Pengasutan <i>Reactor</i> Menggunakan <i>Software ETAP Powerstation</i> .....	44
3.5.6. Flowchart Pemecahan Masalah Pengasutan <i>Reactor</i> Menggunakan <i>Software ETAP Powerstation</i> .....	45
<b>BAB IV ANALISA DAN HASIL SIMULASI STARTING MOTOR.....</b>	<b>46</b>
4.1. Data Motor Induksi Pada PT.Sorini Towa Berlian Corp .....	46
4.2. Pemodelan One Line Diagram .....	46
4.3. Analisa Dan Hasil Simulasi <i>Starting Motor</i> .....	47
4.3.1. Analisa Perhitungan <i>Starting Motor</i> .....	48
4.3.2. Tampilan Hasil Simulasi Tanpa Pengasutan .....	49
4.4. Hasil Simulasi Pengasutan Motor .....	51

4.4.1. Hasil Simulasi Pengasutan <i>Auto-Trafo</i> .....	51
4.4.2. Hasil Simulasi Pengasutan Resistor .....	54
4.4.3. Hasil Simulasi Pengasutan Reactor.....	56
4.5. Hasil Komputasi Simulasi <i>Software ETAP Powerstation</i> .....	59
4.5.1. Hasil Komputasi Peralatan <i>Starting Motor</i>	
Menggunakan <i>Software ETAP Powerstation</i> .....	59
4.5.2. Analisa Perhitungan Hasil Komputasi <i>Starting Motor</i>	
Menggunakan <i>Software ETAP Powerstation</i> .....	61
4.5.3. Analisa Perhitungan Hasil Komputasi Pengasutan <i>Auto-</i>	
<i>Trafo</i> Menggunakan <i>Software ETAP Powerstation</i> .....	61
4.5.4. Analisa Perhitungan Hasil Komputasi Pengasutan Resistor	
Menggunakan <i>Software ETAP Powerstation</i> .....	61
4.5.5. Analisa Perhitungan Hasil Komputasi Pengasutan Reactor	
Menggunakan <i>Software ETAP Powerstation</i> .....	62
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....	63
5.1. Kesimpulan.....	63
5.2. Saran .....	64
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	65
<b>LAMPIRAN</b>	

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman:
Gambar 2.1. Konstruksi Motor Induksi .....	7
Gambar 2.2. Stator Tiga Fasa Motor Induksi.....	7
Gambar 2.3. Rotor Belitan .....	8
Gambar 2.4. Rotor Sangkar.....	8
Gambar 2.5. Medan Putar Pada Motor Induksi.....	9
Gambar 2.6. Kurva T-S .....	12
Gambar 2.7. Rangkaian Ekivalen Stator .....	14
Gambar 2.8. Rangkaian Ekivalen Rotor.....	15
Gambar 2.9. Rangkaian Ekivalen Motor Induksi.....	16
Gambar 2.10. Pengujian Arus Searah ( <i>DC Test</i> ).....	18
Gambar 2.11. Rangkaian Pengujian Tanpa Beban ( <i>No Load Test</i> ).....	19
Gambar 2.12. Rangkaian Pengujian Rotor Tertahan.....	20
Gambar 2.13. Karakteristik Motor Induksi Keadaan Steady State. ....	22
Gambar 2.14. Transient Respond Starting Motor Induksi .....	23
Gambar 2.15. Karakteristik Torsi Motor Keadaan Berubah .....	23
Gambar 3.1. Motor Induksi 3 Fasa .....	25
Gambar 3.2. Name Plate Motor.....	26
Gambar 3.3. Pengasutan Tegangan Penuh .....	26
Gambar 3.4. Pengasutan Auto Trafo .....	29
Gambar 3.5. Pengasutan Resistor.....	30
Gambar 3.6. Pengasutan Reactor .....	31

Gambar 3.7. Grafis Kopel Terhadap Putaran .....	33
Gambar 3.8. Grafis Kopel $\Delta T$ Sebagai Fungsi Putaran $n$ .....	34
Gambar 3.9. Grafis Fungsi $t$ Rata-rata Untuk Mencapai $n_1$ .....	34
Gambar 3.10. Tampilan Model Utama Simulasi <i>Software ETAP</i> <i>Powerstation</i> .....	35
Gambar 3.11. Tampilan Pemodelan Single Line Diagram Simulasi <i>Software</i> <i>ETAP Powerstation</i> .....	37
Gambar 3.12. Tampilan Name Plate motor pada induction machine editor ....	38
Gambar 3.13. Tampilan Menu tools motor starting study case.....	39
Gambar 3.14. Flowchart Pengasutan <i>Auto Trafo</i> Menggunakan simulasi <i>Software ETAP Powerstation</i> .....	41
Gambar 3.15. Flowchart Pengasutan <i>Resistor</i> Menggunakan simulasi <i>Software ETAP Powerstation</i> .....	43
Gambar 3.16. Flowchart Pengasutan <i>Reactor</i> Menggunakan simulasi <i>Software ETAP Powerstation</i> .....	45
Gambar 4.1. <i>One Line Diagram</i> PT Sorini Towa Berlian Corp.....	47
Gambar 4.4. Kurva Arus Starting Terhadap Waktu tanpa pengasutan .....	49
Gambar 4.5. Kurva Tegangan Terminal Terhadap Waktu .....	50
Gambar 4.6. Kurva Slip Terhadap Waktu .....	50
Gambar 4.7. Kurva Torsi Terhadap Waktu.....	51
Gambar 4.8. Kurva Bus Voltage Terhadap Waktu .....	51
Gambar 4.9. Kurva Arus Pengasutan <i>Auto-Trafo</i> Terhadap Waktu.....	52
Gambar 4.10. Kurva Tegangan Terminal Terhadap Waktu .....	52
Gambar 4.11. Kurva Torsi Terhadap Waktu .....	53

Gambar 4.12. Kurva Slip Terhadap Waktu .....	54
Gambar 4.13. Kurva Bus Voltage Terhadap Waktu .....	54
Gambar 4.14. Kurva Arus Pengasutan Resistor Terhadap Waktu .....	55
Gambar 4.15. Kurva Tegangan Terminal Terhadap Waktu .....	56
Gambar 4.16. Kurva Torsi Terhadap Waktu .....	56
Gambar 4.17. Kurva Slip Terhadap Waktu .....	57
Gambar 4.18. Kurva Bus Voltage Terhadap Waktu .....	57
Gambar 4.19. Kurva Arus Pengasutan Reactor Terhadap Waktu .....	58
Gambar 4.20. Kurva Tegangan Terminal Terhadap Waktu .....	59
Gambar 4.21. Kurva Torsi Terhadap Waktu .....	59
Gambar 4.22. Kurva Slip Terhadap Waktu.....	60
Gambar 4.23. Kurva Bus Voltage Terhadap Waktu .....	60

## DAFTAR TABEL

Halaman:

Tabel 3.1. Karakteristik Tegangan, Arus, Dan Torsi Untuk Motor

Desain B NEMA ..... 28

Tabel 4.1. Data Motor Induksi 3 Phasa Pada Agitator..... 46

Tabel 4.2. Hasil Analisa Komputasi Simulasi Peralatan *Starting Motor* ..... 59

Tabel 4.3. Analisa Perhitungan Hasil Komputasi ETAP *Powersatation* ..... 62

# 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. SORINI TOWA BERLIAN CORP digunakan motor dengan beban inersia tinggi untuk proses mekanik yaitu pada unit produksi Sorbitol dimana motor digunakan untuk menjalankan alat pengaduk bahan baku.

*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

Dari latar belakang yang diuraikan diatas, maka permasalahan yang timbul adalah; Bagaimana menurunkan arus yang besar pada saat *starting* dengan tetap menjaga kondisi tegangan tidak mengalami penurunan pada PT. SORINI TOWA BERLIAN CORP.

## 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. SORINI TOWA BERLIAN CORP 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:

Merk : SIEMENS	Cos $\phi$ : 0,85
Type : Autoclave Motor Existing OEX-NR 94606	Putaran : 1488 rpm Temp class : T3
Daya : 70 KW	: Max : 200° C
Teg : 380 V	Index Protection : 55
Arus : 126 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 fasa.

#### 2. Pengumpulan Data

Pengumpulan data lapangan yang dipakai dalam objek penelitian yakni data motor pada PT. SORINI TOWA BERLIAN CORP PASURUAN.

- 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 phasa pada PT. SORINI TOWA BERLIAN CORP
- Analisa penentuan peralatan *starting* motor induksi 3 phasa 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 phasa, 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 phasa 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. SORINI TOWA BERLIAN CORP Pasuruan 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.

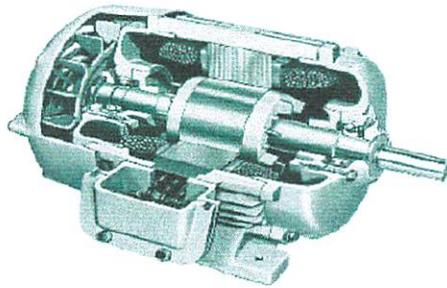
Dinamakan motor tak serempak (*asynchrone*) karena putaran poros motor tidak sama dengan putaran medan *fluks* magnet stator. Dengan kata lain, bahwa antara putaran rotor dan putaran *fluks* magnet terdapat selisih putaran yang disebut *slip*.

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 :

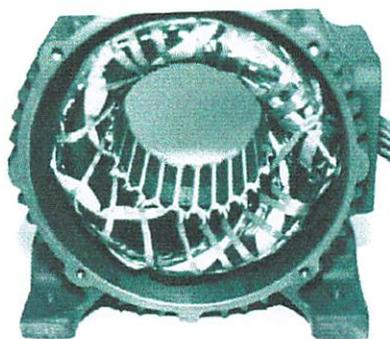


Gambar 2.1. Konstruksi Motor Induksi

### 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>

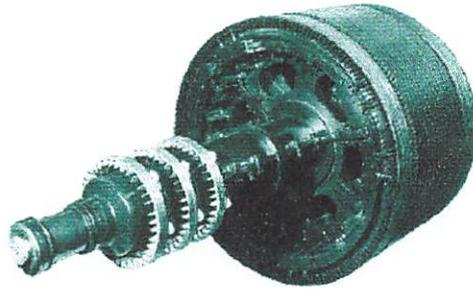
Konstruksi dari rotor motor induksi mempunyai dua bentuk, yaitu :

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

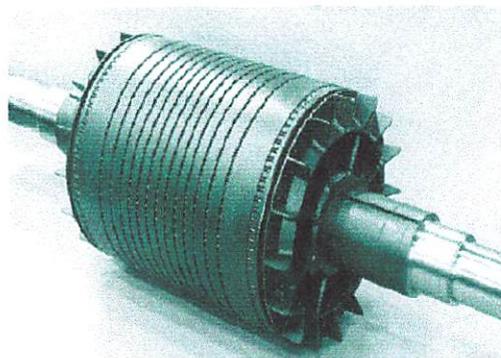
Motor induksi jenis ini mempunyai rotor dengan belitan kumparan 3 phasa sama seperti kumparan stator. Kumparan stator dan rotor juga mempunyai jumlah kutub yang sama.

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.



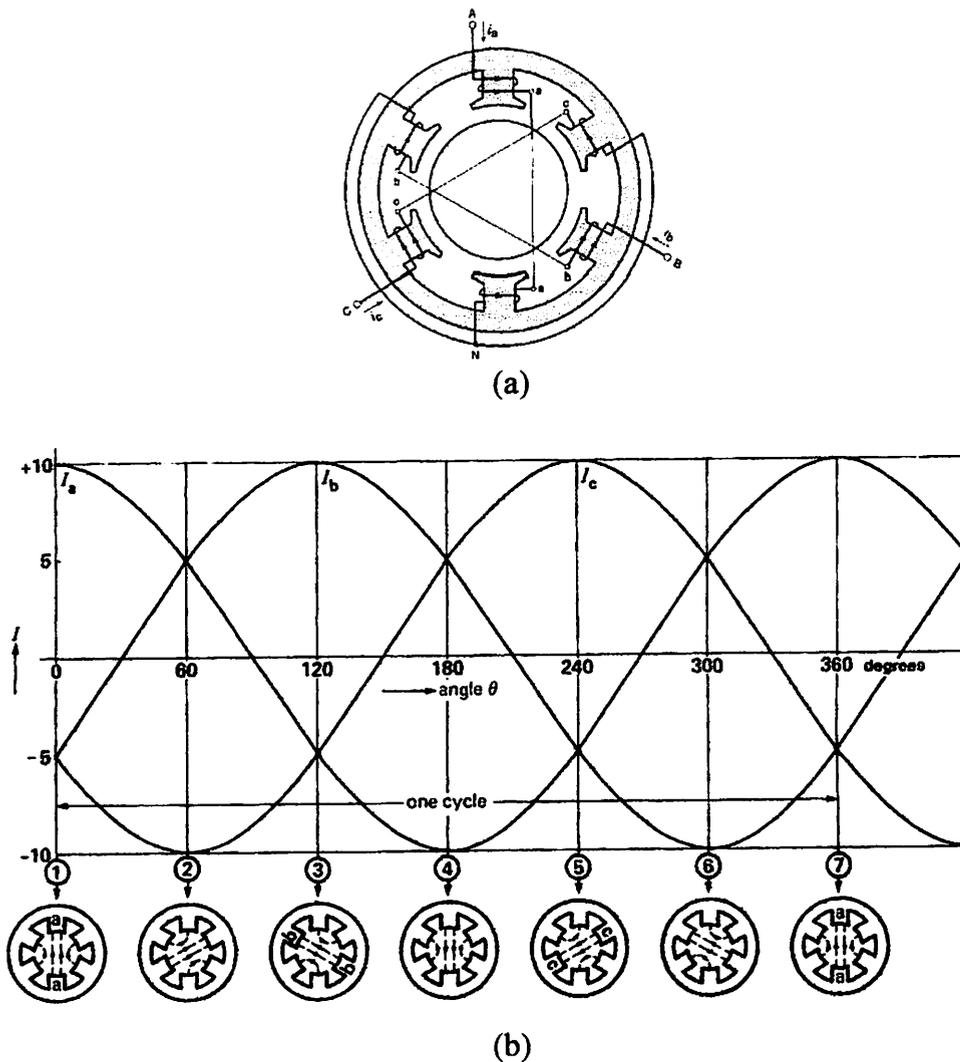
Gambar 2.3. Rotor Belitan



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 <sup>[4]</sup>**

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 :

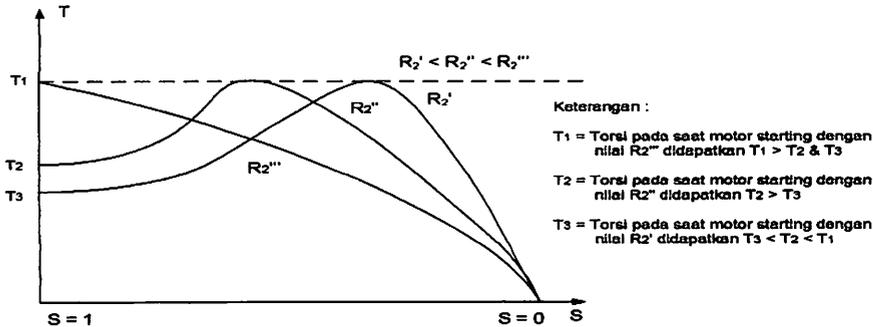
$$f_r = \frac{(n_s - n_r)p}{120} = \frac{(n_s - n_r)n_s p}{n_s 120} \dots\dots\dots (2.5)$$

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

Maka :

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

### 2.4.2. Karakteristik T – S <sup>[4]</sup>



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  $S^2(a^2 X_2)^2$  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 <sup>[4]</sup>

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 :

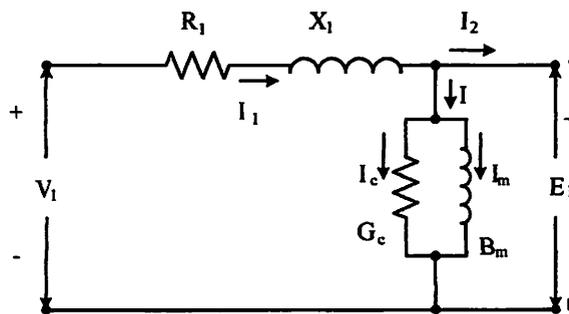
1. Stator sebagai sisi primer.
2. Rotor sebagai sisi sekunder yang penghantar-penghantarnya dihubungkan singkat dan berputar.

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

### 2.5.1. Rangkaian Ekuivalen Stator <sup>[4]</sup>

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 Ekivalen Rotor <sup>[4]</sup>

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 :

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

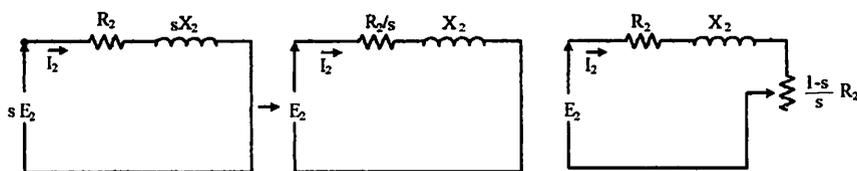
Pada slip,  $s$ , frekuensi rotor menjadi  $s f_s$ , maka tegangan induksi pada rotor

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

$$E_2' = 4,44 s f_1 N_2 \Phi_m \dots\dots\dots(2.13)$$

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 Ekivalen 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 dihttung dengan menggunakan rumus:

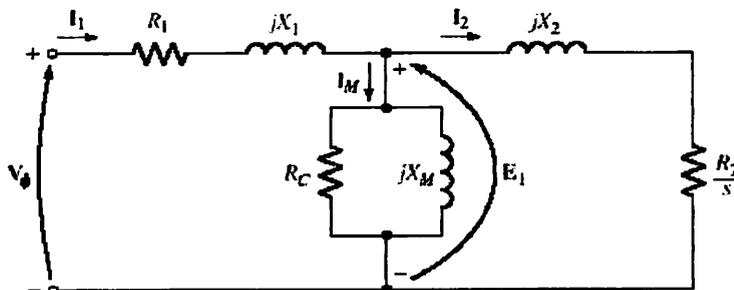
$$P_o = T_o \cdot \omega_r \dots\dots\dots (2.16)$$

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

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

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

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



Gambar 2.9. Rangkaian Ekivalen Motor Induksi

Dimana:

$V_l$  = 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:

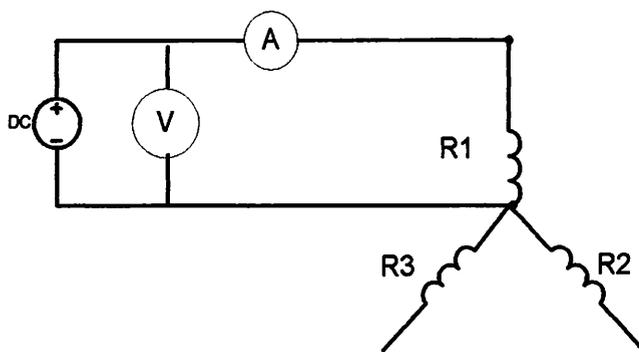
- Daya Output (Hp/KW)
- Tegangan Nominal  $V_{Y-\Delta}$  (Volt)
- Arus Nominal (Amp)
- Power Faktor
- Kecepatan (rpm)
- Jumlah Kutub

## 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 :

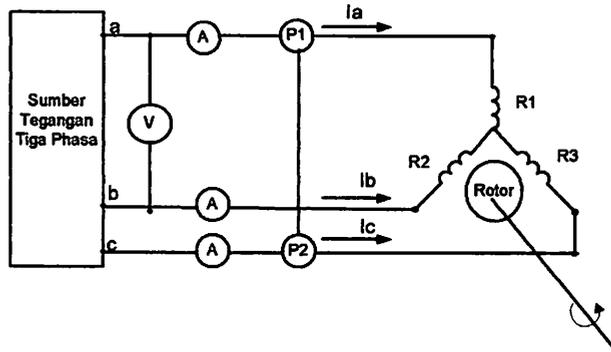
$$R_{ab} = R_1 = \frac{V_{DC}}{I_{DC}} \Omega \dots\dots\dots (2.20)$$

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

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

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

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

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

$R_c$ , 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

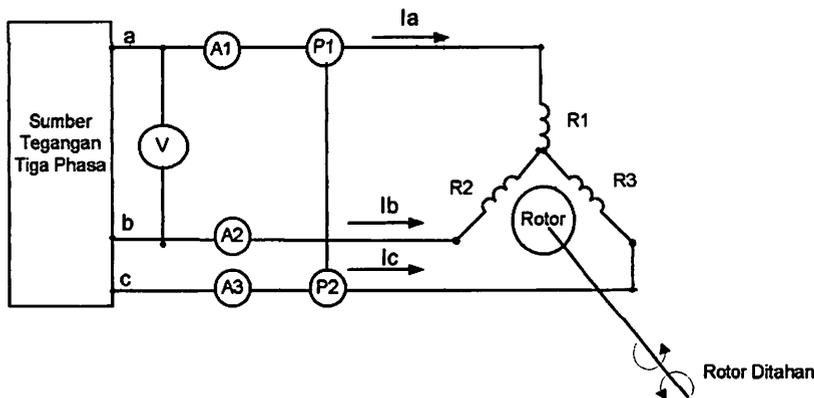
$$P_{rs} = 3I_{nl}^2 \cdot R_s \text{ (Watt)} \dots\dots\dots (2.28)$$

Rugi Gesek, angin, rugi besi :

$$P_{fvc} = P_{nl} - P_{rs} \text{ (Watt)} \dots\dots\dots (2.29)$$

**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 ;

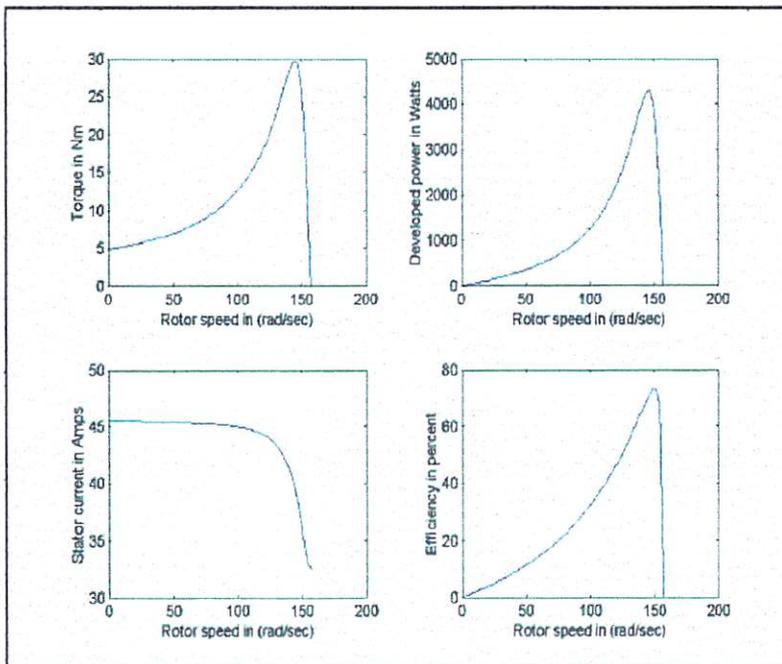
$$X_s = X_r' = 0.5 X_{ek} \text{ ohm/phase}$$

## 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.

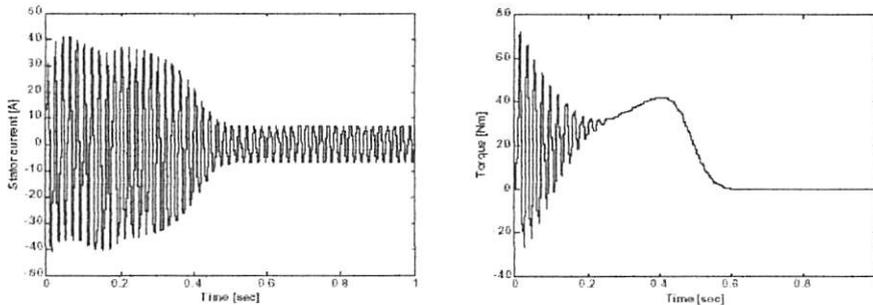


Gambar 2.13. Karakteristik Motor Induksi keadaan *steady state* [8]

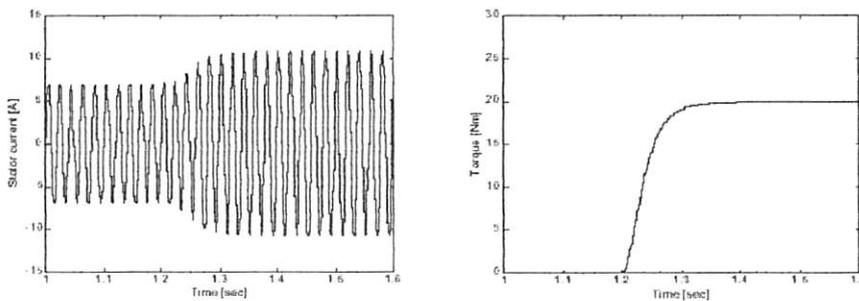
### 2.7.2. Performa Transient

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.

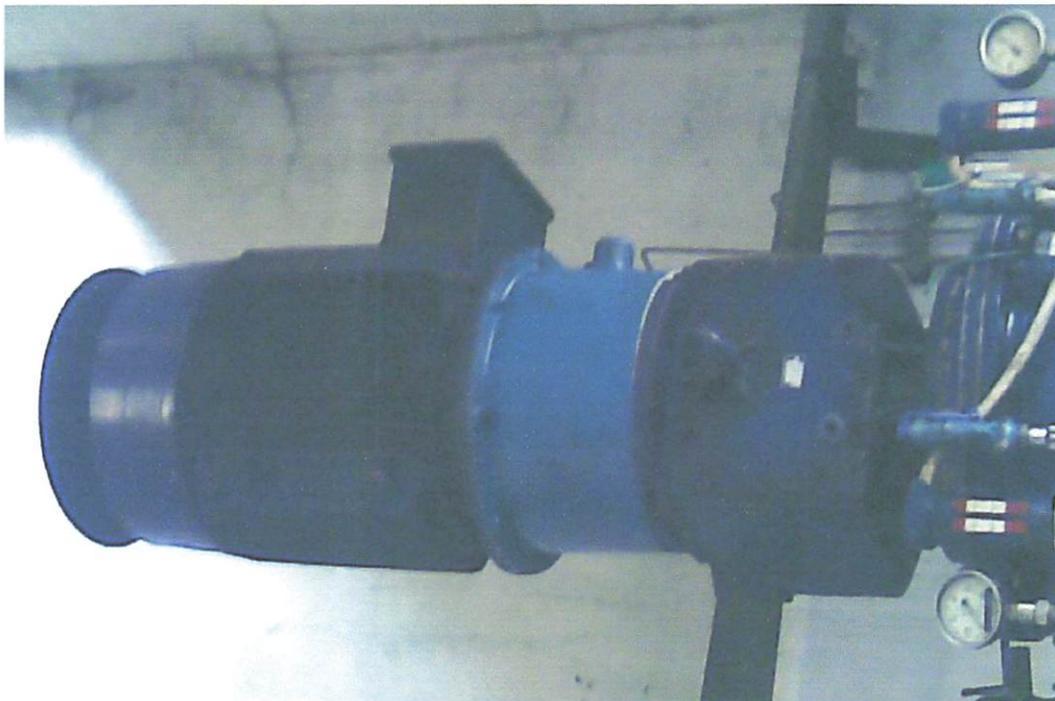
Perubahan torsi beban pada motor akan mempengaruhi, arus stator, tegangan dan *fluks* rotor. Tidak semua motor dijalankan pada torsi yang konstan misalnya suatu motor dijalankan pada 0,5 dari torsi rata-rata pada awal dan torsi penuh setelah motor berjalan beberapa detik. Faktor-faktor dalam ini merupakan 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

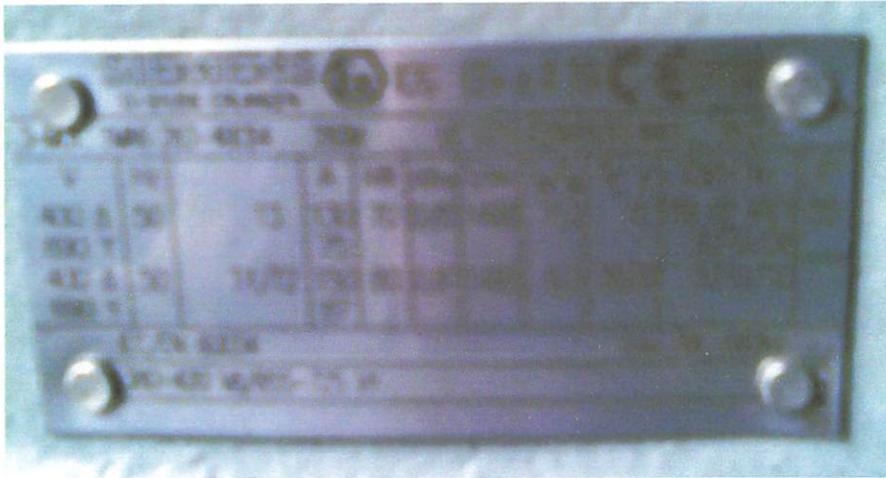
# ANALISA *ARUS STARTING* MOTOR INDUKSI 3 PHASA DAN PEMODELAN SIMULASI *SOFTWARE ETAP POWER* *STATION*

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

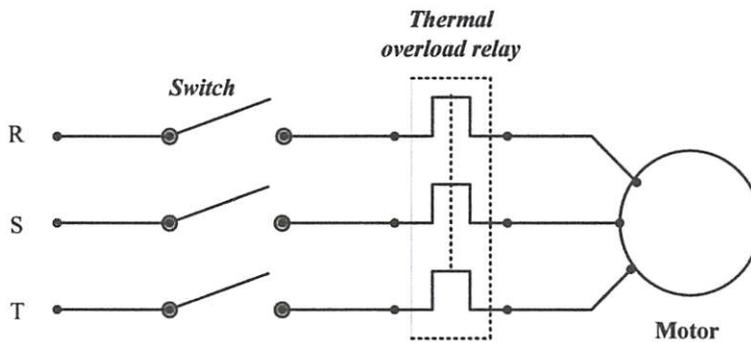
Permasalahan dalam menjalankan motor induksi 3 phasa adalah timbulnya arus awal (arus pengasutan) yang cukup besar. Arus pengasutan pada sebagian besar motor induksi arus bolak-balik memiliki besar beberapa kali besar arus nominal. Arus yang ditarik pada saat pengasutan mencapai 4 sampai dengan 7 kali 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, sedangkan torsi pengasutannya adalah 0,75 sampai 2 kali torsi beban penuh.

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:

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

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

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.

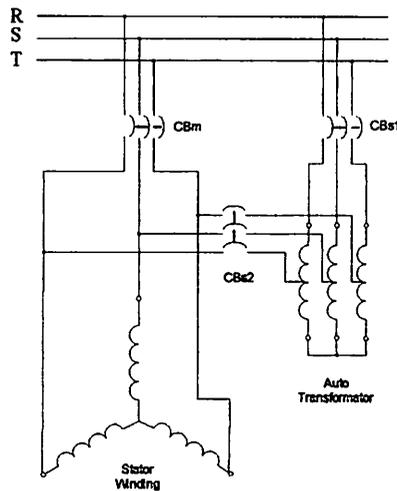
Tabel 3-1  
Karakteristik Tegangan, Arus, Dan Torsi Untuk Motor Desain B NEMA.

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-Transformer* <sup>[6]</sup>



Gambar 3.4. Pengasutan *Auto-Transformer*

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.

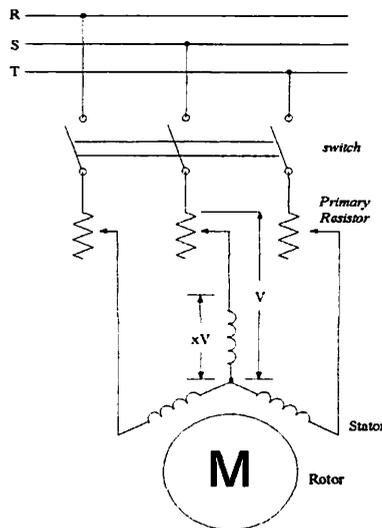
Rangkaian pengasutan *auto-transformator* dapat pada gambar 3.2. Pertama  $CB_s$  ditutup kemudian diikuti oleh  $CB_{s2}$ , kemudian setelah motor berakselerasi maka  $CB_{s2}$  ditutup. Terakhir,  $CB_{s1}$  dibuka untuk melepaskan hubungan *Auto-Transformer* dari jaringan.

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.

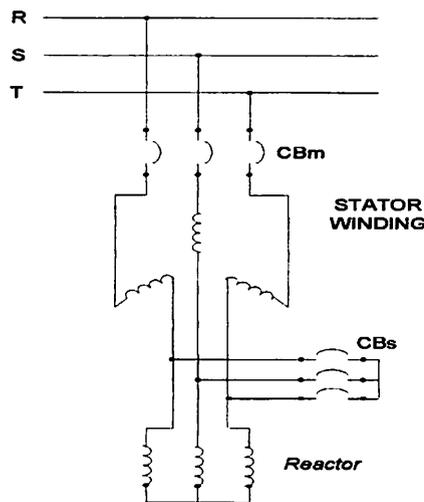
Nilai tahanan dipilih untuk menghasilkan torsi pengasutan yang cukup sambil mengurangi arus pengasutan. Arus "inrush" motor menurun selama *accelerasi*, sehingga mengurangi penurunan tegangan pada resistor dan memberikan torsi yang lebih besar. Hal ini mengakibatkan *accelerasi* yang lembut. Sesudah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

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

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

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

### 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:

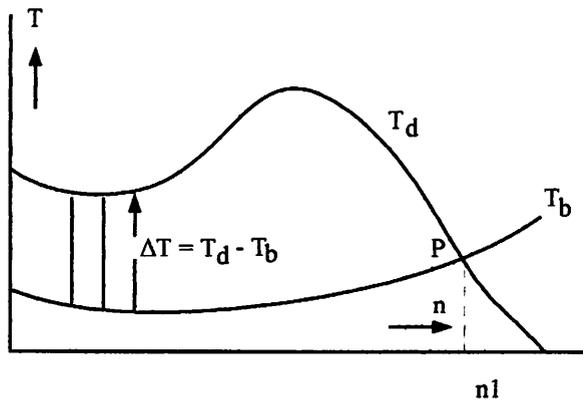
$$J = m R^2 = m D^2 / 4 \dots\dots\dots(3.13)$$

= 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:

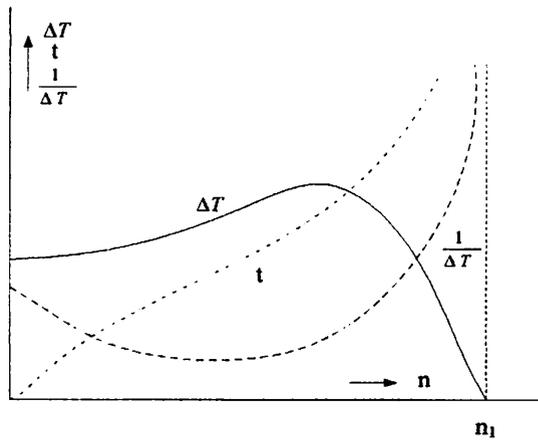
$$t_1 = \frac{\pi}{120} mD \int_0^{n_1} \frac{1}{\Delta T} dn \dots\dots\dots(3.18)$$

Sehingga:

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

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

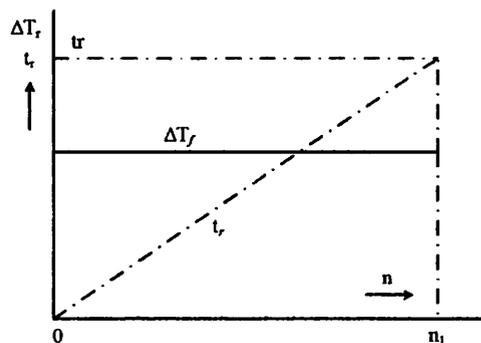
Gambar 3.8. memperlihatkan kelebihan kopel  $\Delta T$  sebagai fungsi putaran  $n$ , yaitu  $\Delta T = T_a - T_b$ , yang setelah mencapai putaran nominal  $n_1$  menjadi nol.



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  $n_1$

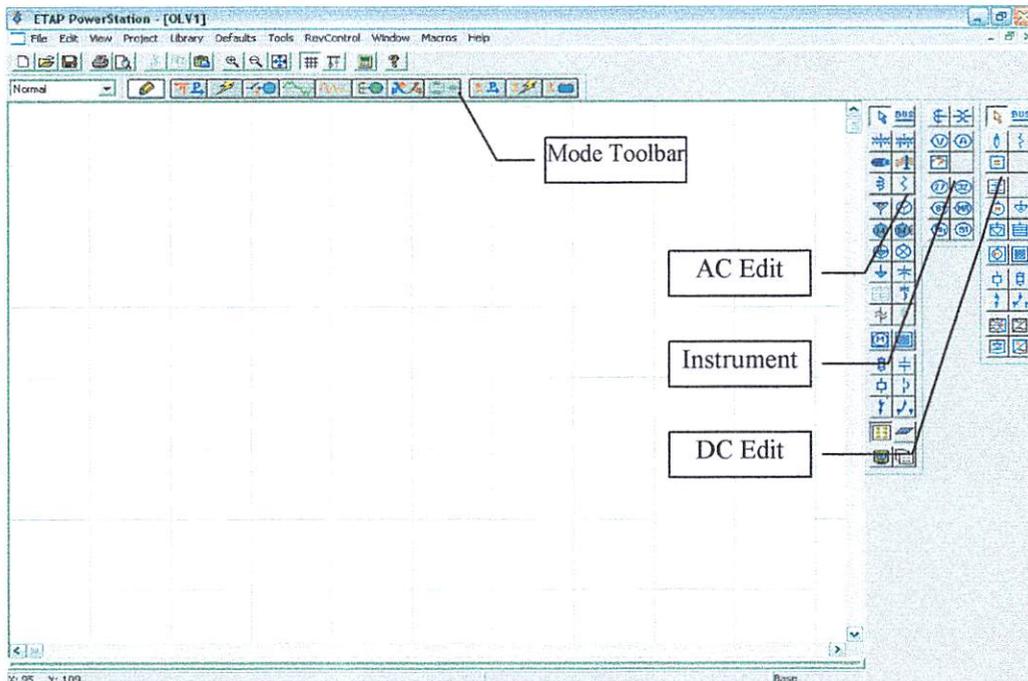
Bilamana hal ini dilakukan, maka untuk  $t_I$  diperoleh nilai praktis:

$$t_1 \approx \frac{\pi}{120} \frac{mD^{-2}}{\Delta T_r} n_1 \dots \dots \dots (3.20)$$

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

### 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*)**

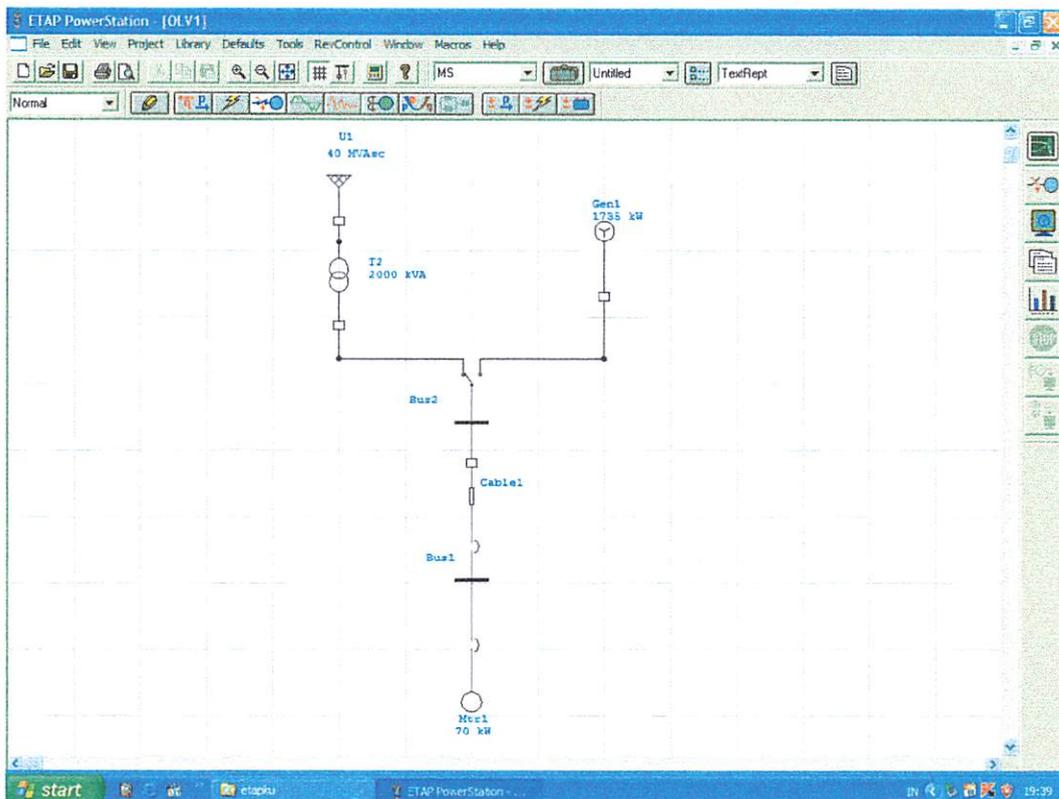
*ETAP Power Station* menggabungkan konsep elektrik, logika, mekanik dan fisik dari suatu elemen sistem dalam database yang sama. Sebagai contoh: sebuah kabel, tidak hanya terdiri dari data sifat-sifat listrik dan dimensi fisik, tetapi juga informasi yang mengindikasikan jalur yang dilalui. Gabungan data-data 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.

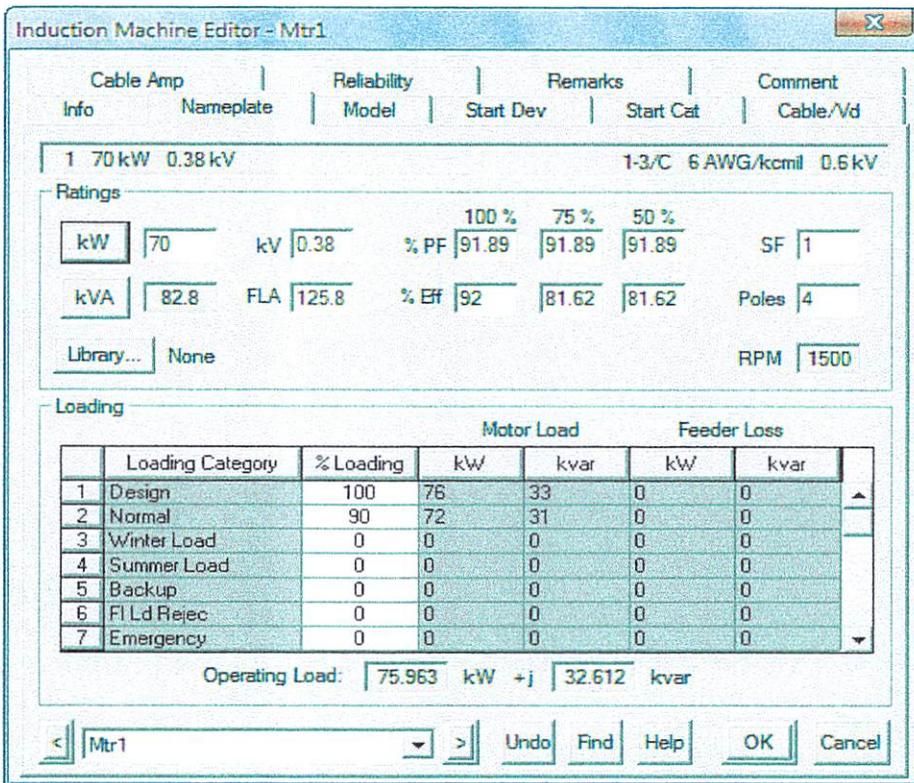
Standar yang digunakan *ETAP Power Station* versi 4.0.0 ada dua yaitu *IEEE* dan *JEC*. Hal ini berdasarkan kenyataan bahwa dalam sistem tenaga di dunia terbagi dalam dua satuan umum. Pada gambar 3.10. terdapat *toolbar AC Edit*, *DC Edit* dan *Instrument* yang merupakan kumpulan dari alat-alat ukur.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

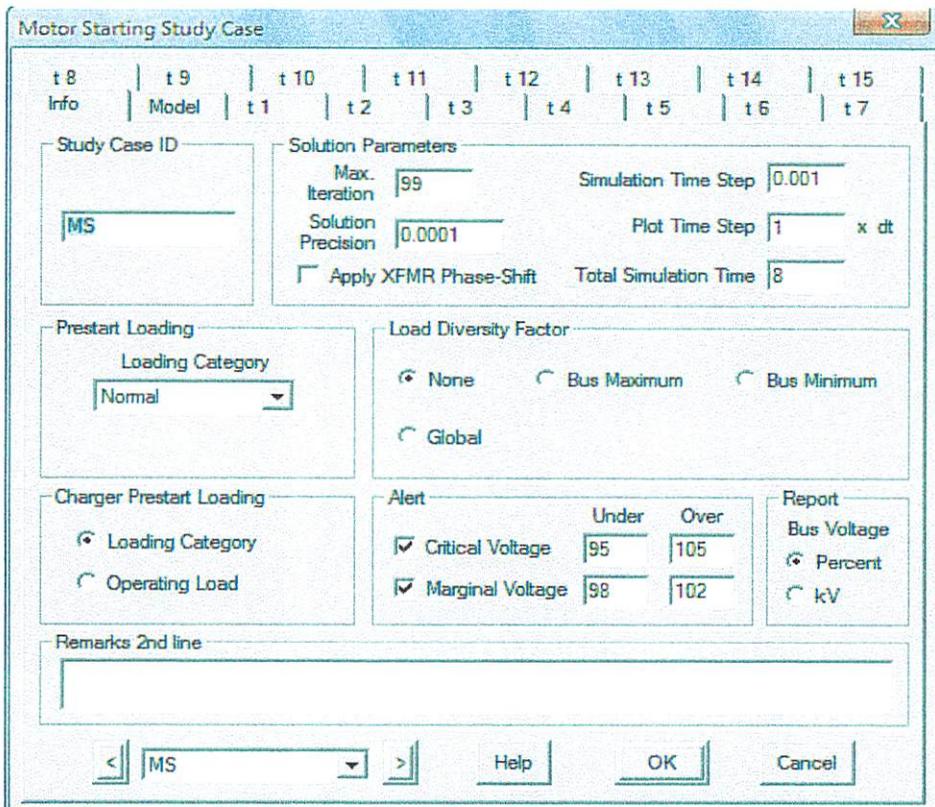
Dengan bantuan *Software ETAP Power Station* yaitu dengan cara memasukkan data *Name Plate* motor didalam *Menu Induction Machine Editor program ETAP Power Station*. Kemudian memilih peralatan pengasutan motor yang akan digunakan untuk menganalisa. Dengan mensetting waktu asut dan total simulasi pada 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*

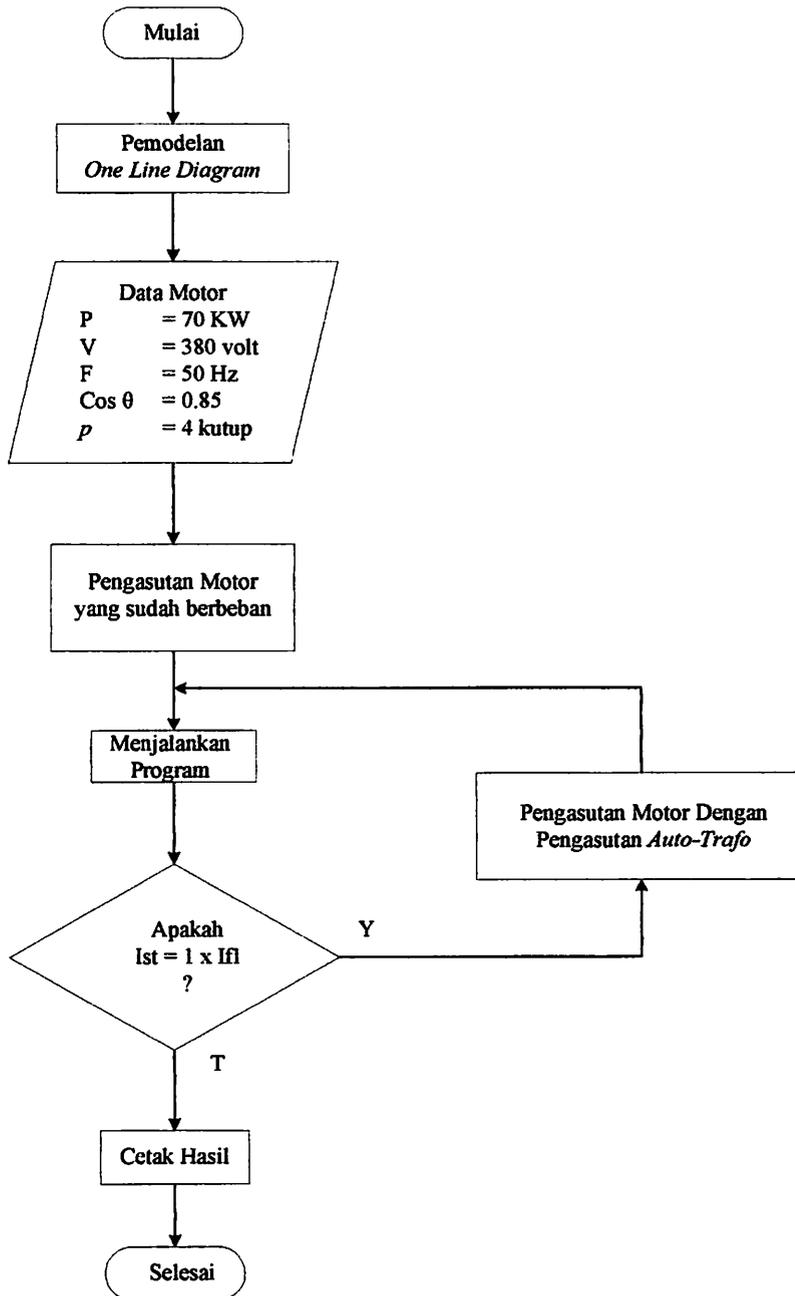
1. Mulai
2. Membuat *one line* diagram simulasi
3. Memasukkan data motor P, V, I, f, Cos  $\varphi$ , p
4. Melakukan pengasutan motor yang sudah berbeban
5. Running program
6. Apakah  $I_{start} = 1 \times I_{nominal}$

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**

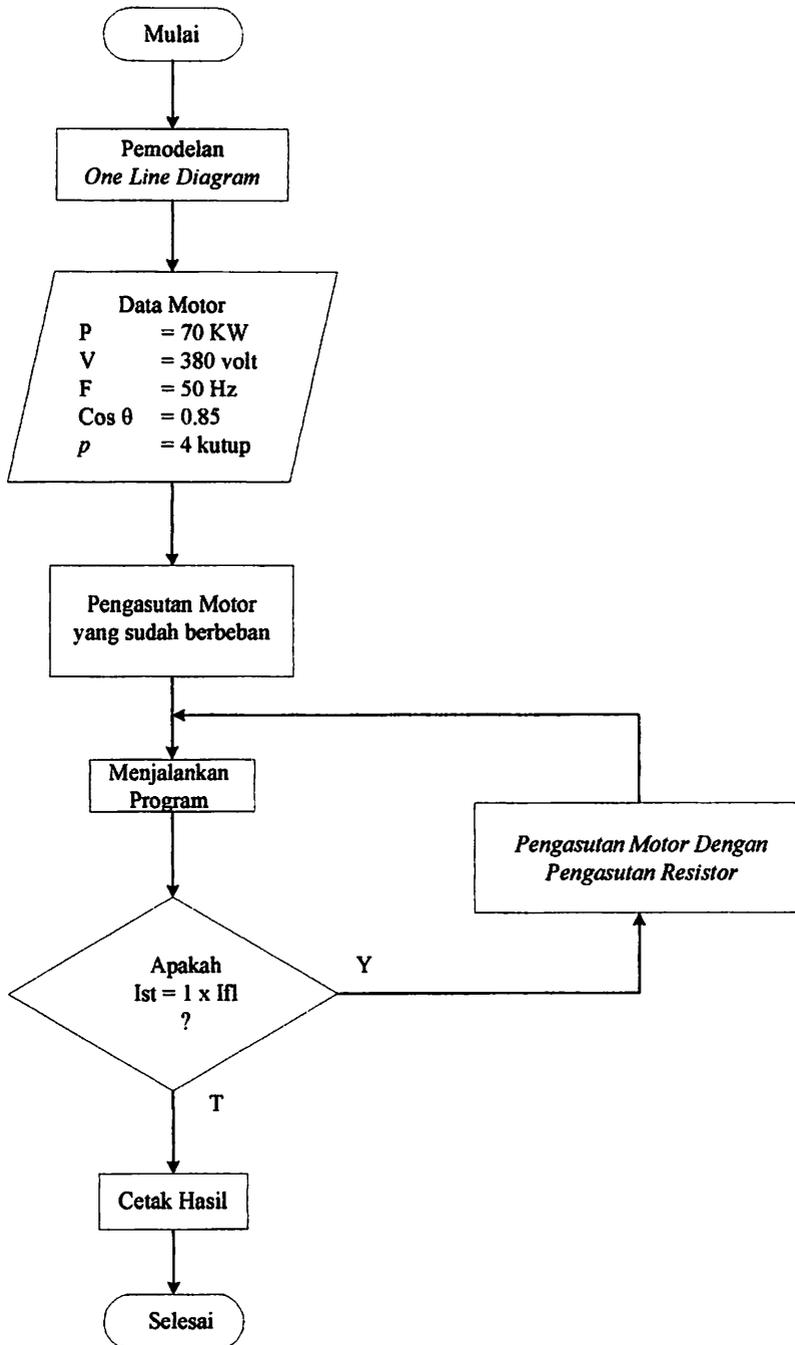
1. Mulai
2. Membuat *one line* diagram simulasi
3. Memasukkan data motor P, V, I, f, Cos  $\phi$ , p
4. Melakukan pengasutan motor yang sudah berbeban
5. Running program
6. Apakah  $I_{start} = 1 \times I_{nominal}$

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

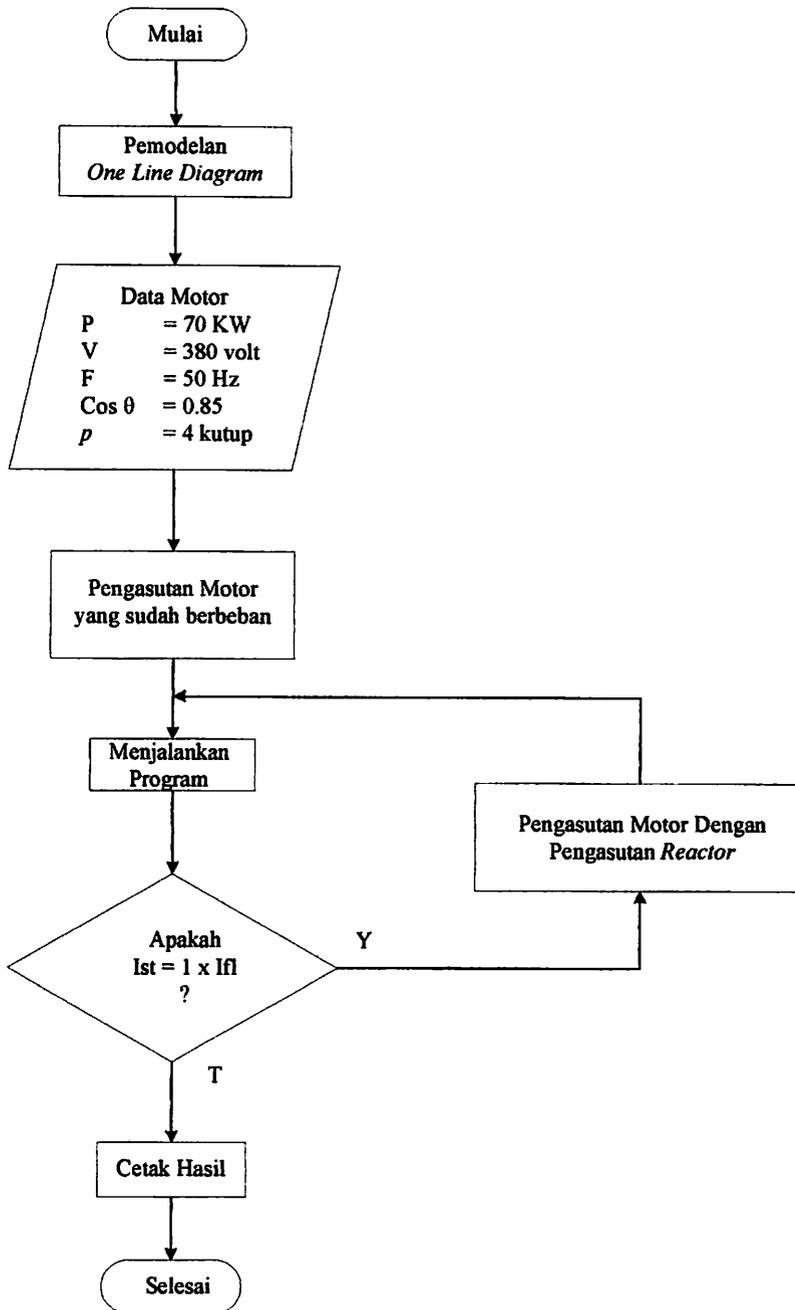
1. Mulai
2. Membuat *one line* diagram simulasi
3. Memasukkan data motor P, V, I, f, Cos  $\varphi$ ,  $p$
4. Melakukan pengasutan motor yang sudah berbeban
5. Running program
6. Apakah  $I_{start} = 1 \times I_{nominal}$

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. SORINI TOWA BERLIAN CORP

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.

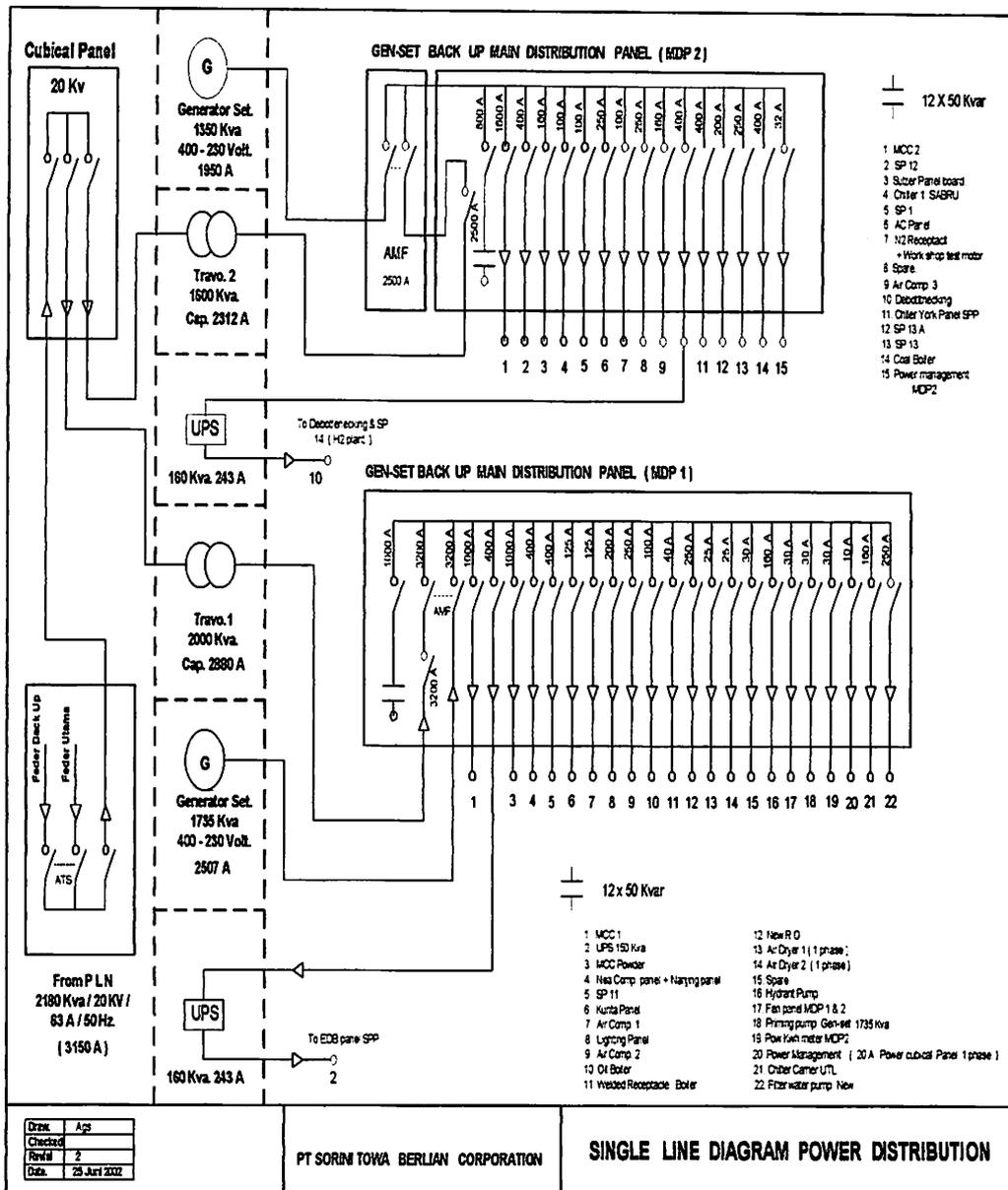
Tabel 4.1.  
Data Motor Induksi 3 phasa Pada Agitator

Daya	70 KW
Tegangan	380 Volt
Arus	126 Ampere
Frekuensi	50 Hz
Pole	4
Putaran	1488 rpm
Cos $\theta$	0.85

Motor yang dimaksud digunakan untuk menggerakkan mesin Agitator atau mesin pengaduk bahan baku sorbitol sebelum dilakukan proses fermentasi.

#### 4.2. Pemodelan One Line Diagram.

Gambar 4.1. berikut ini merupakan one line diagram kelistrikan di PT.SORINI TOWA BERLIAN CORP PASURUAN.



Gambar 4.1. One-Line Diagram PT SORINI TOWA BERLIAN CORP

### 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:

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

$$126 = \frac{70000}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0.85 \cdot \eta}$$

$$\eta = \frac{70000}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0.85 \cdot 126} = 0,99$$

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

$$I_{L-L} = \sqrt{3} \cdot 126 = 218,24 A$$

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

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

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

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

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

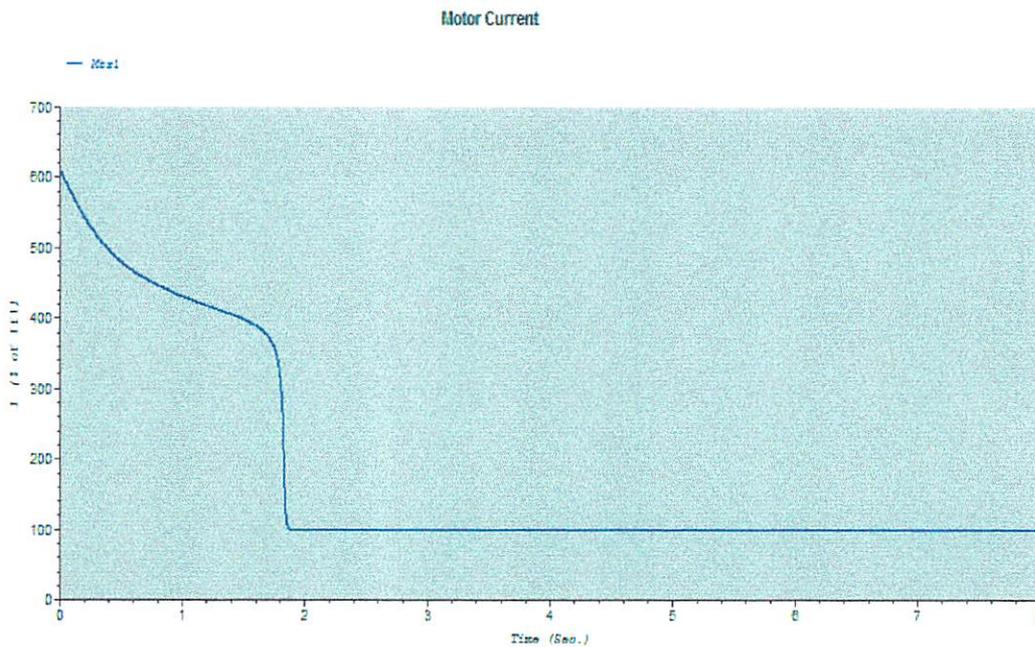
$$\omega_{ms} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 1488}{60} = 155,74 rad / s$$

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

$$T = \frac{70000}{155,74} = 449,46 N.m$$

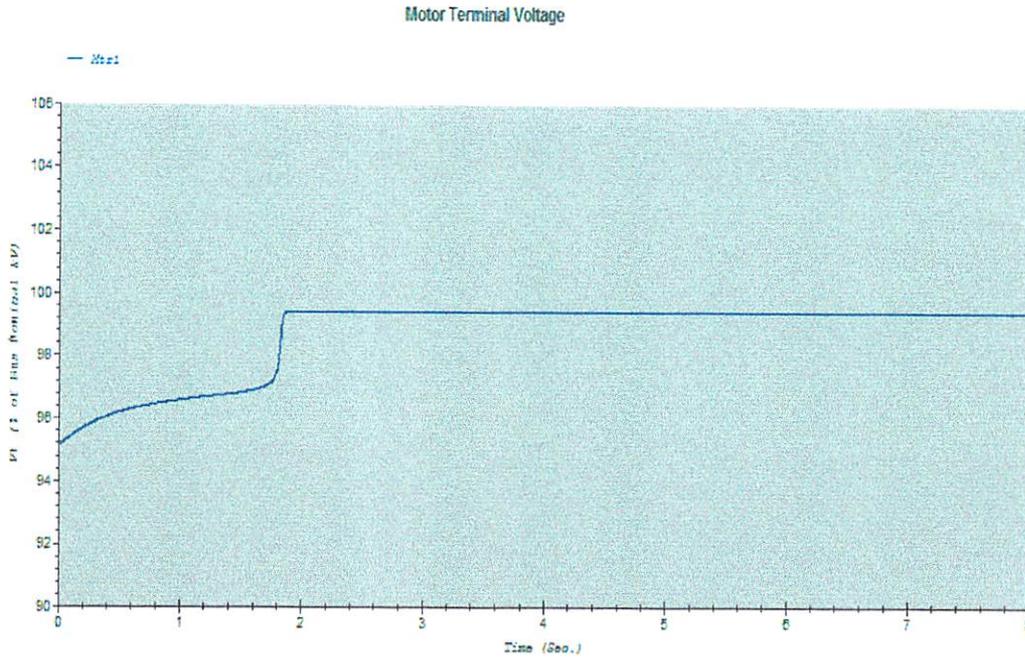
### 4.3.2. Tampilan Hasil Simulasi Tanpa Pengasutan Motor

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.



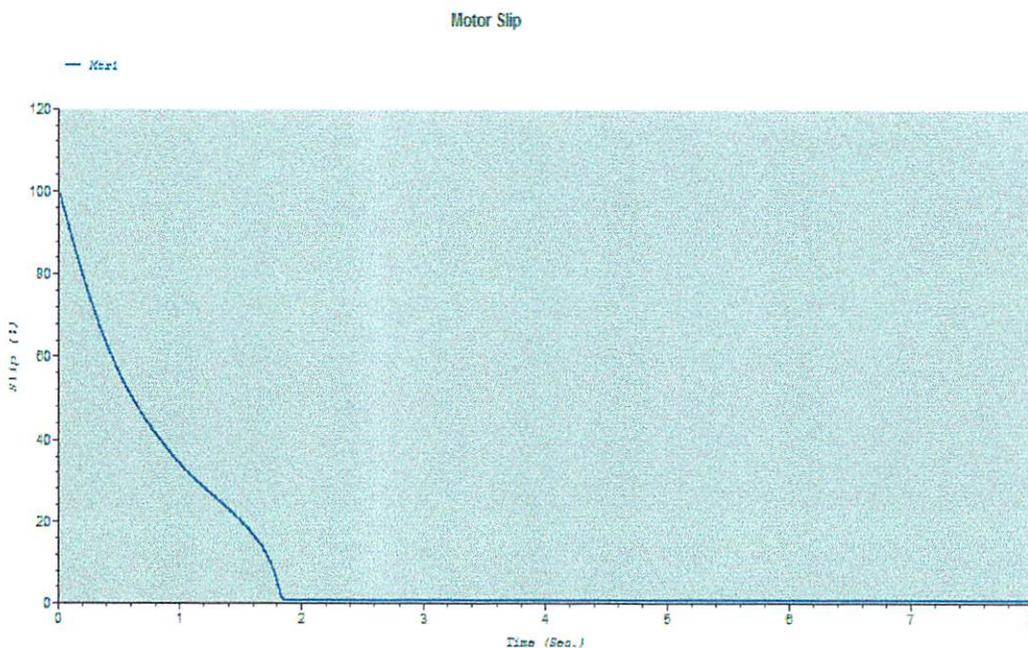
Gambar 4.4. Kurva Arus ( A ) Terhadap Waktu ( s ) tanpa menggunakan Pengasutan

Pada gambar 4.4. besarnya arus starting motor adalah 608,8 % dari *FLA* atau sama dengan 767,1 A dan ketika  $t = 1,9$  detik arus pada kondisi mantap yaitu 99,6 % dari *FLA* atau sama dengan 125,6 A.



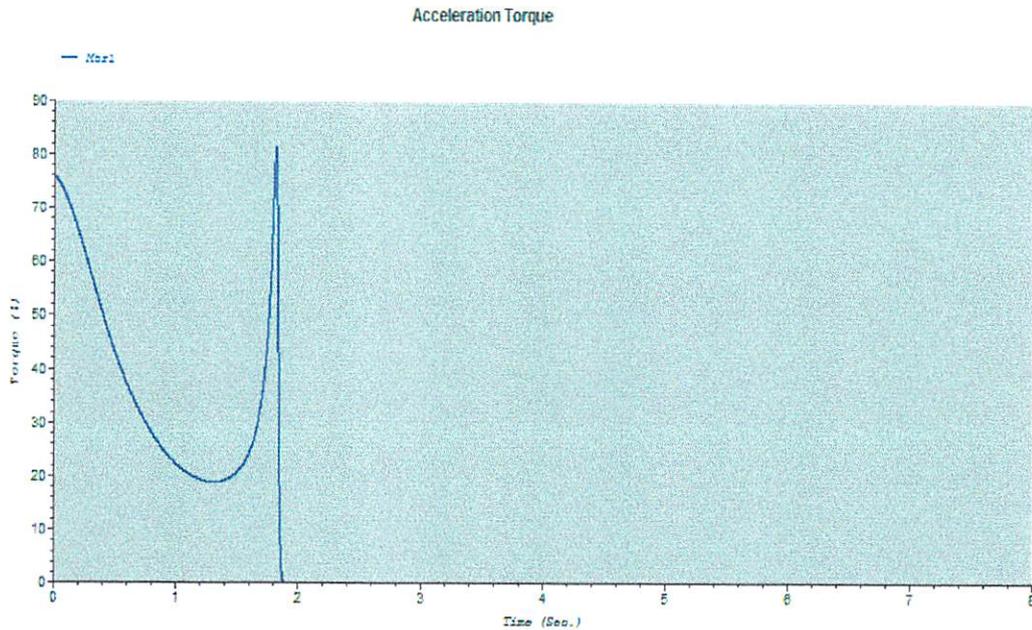
Gambar 4.5. Kurva Tegangan Terminal Motor ( kV ) Terhadap Waktu ( s )

Pada gambar 4.5 tegangan terminal motor besarnya pada saat asut adalah 95,16 % dari  $V_t$  atau sama dengan 361,6 V dan setelah  $t= 1,9$  detik tegangan terminal motor pada kondisi mantap yaitu 99,38 % dari  $V_t$  atau sama dengan 377,6 V.



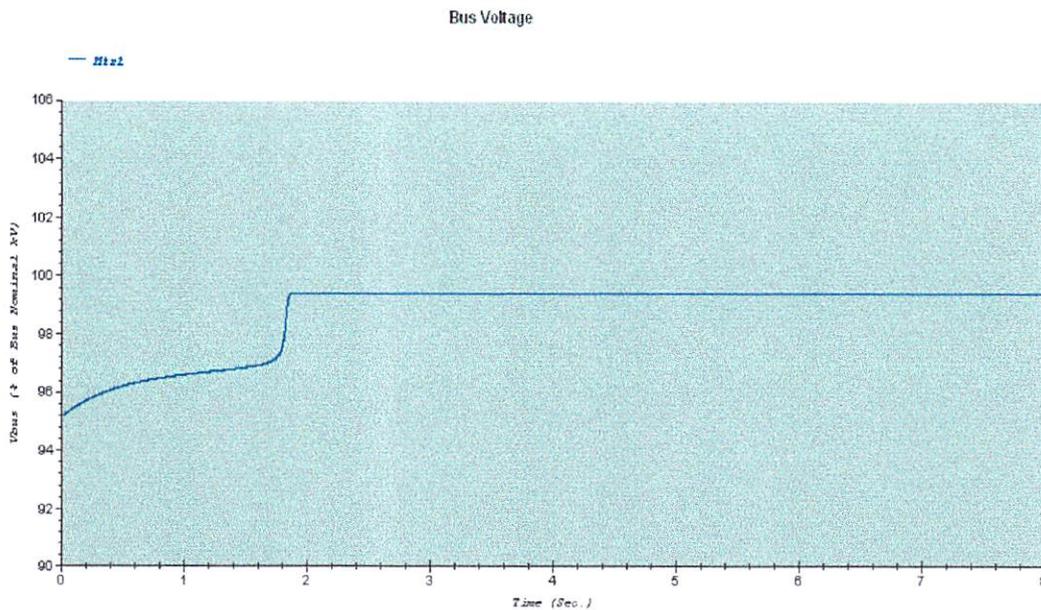
Gambar 4.6. Kurva Slip ( % ) Terhadap Waktu ( s )

Pada gambar 4.6 *slip* beban penuh besarnya adalah 99,8 % dan pada kondisi mantap besarnya slip adalah 0,89 %.



Gambar 4.7. Kurva Torsi ( N-m ) Terhadap Waktu ( s )

Pada gambar 4.7. torsi asut besarnya adalah 75,85 % dari Tsc atau sama dengan 340,9N-m.



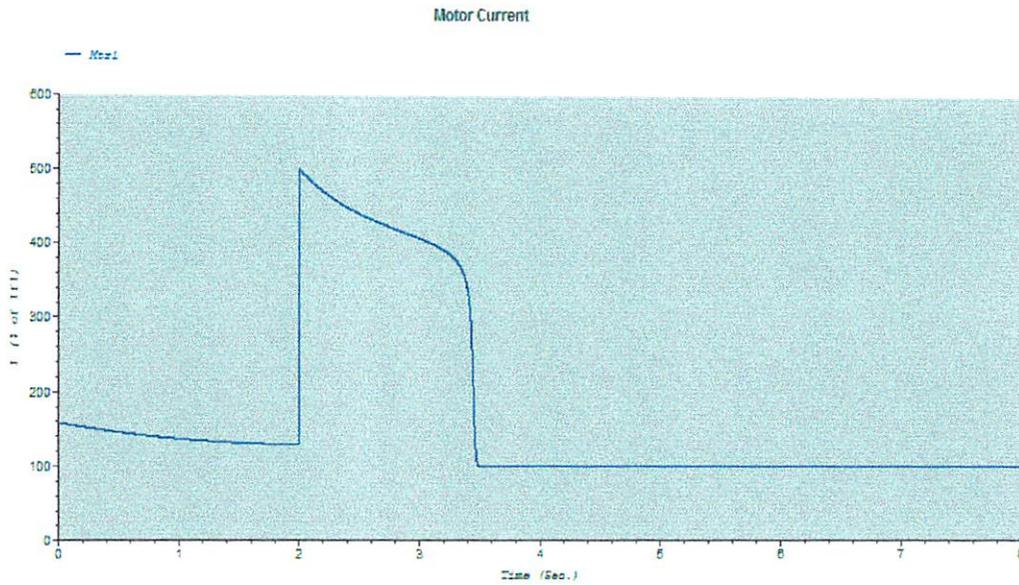
Gambar 4.8. Bus Voltage % Terhadap Waktu ( s )

Pada gambar 4.8 Tegangan bus pada saat start besarnya 95,16 % dari tegangan nominal bus atau 361,8 V dan pada kondisi mantap yaitu pada t=1,9 detik 99,38% atau sama dengan 377,6 V

#### 4.4. Hasil Simulasi Pengasutan Motor

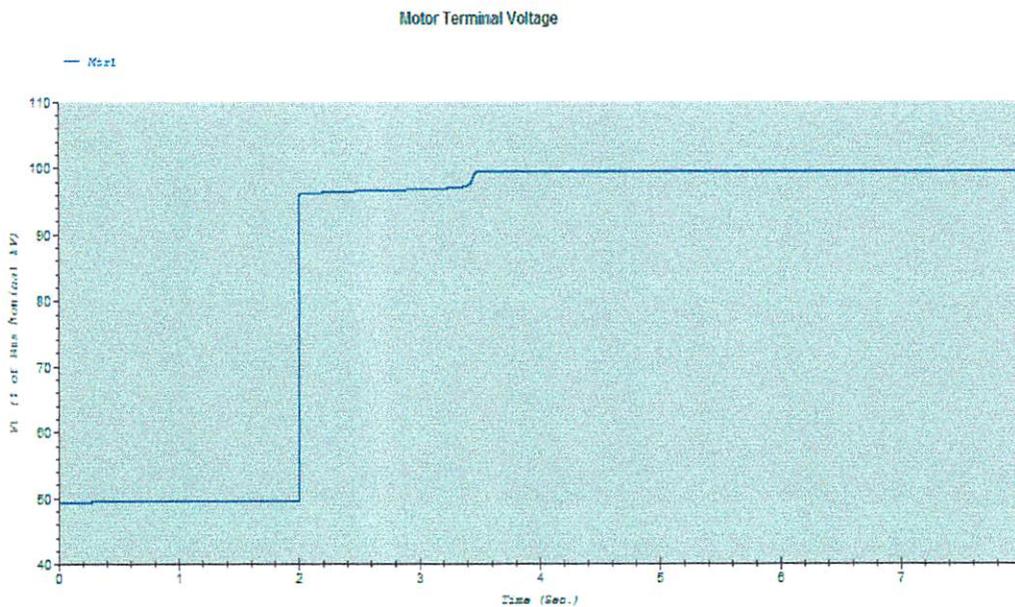
##### 4.4.1. Hasil Simulasi Pengasutan *Auto-Trafo*

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



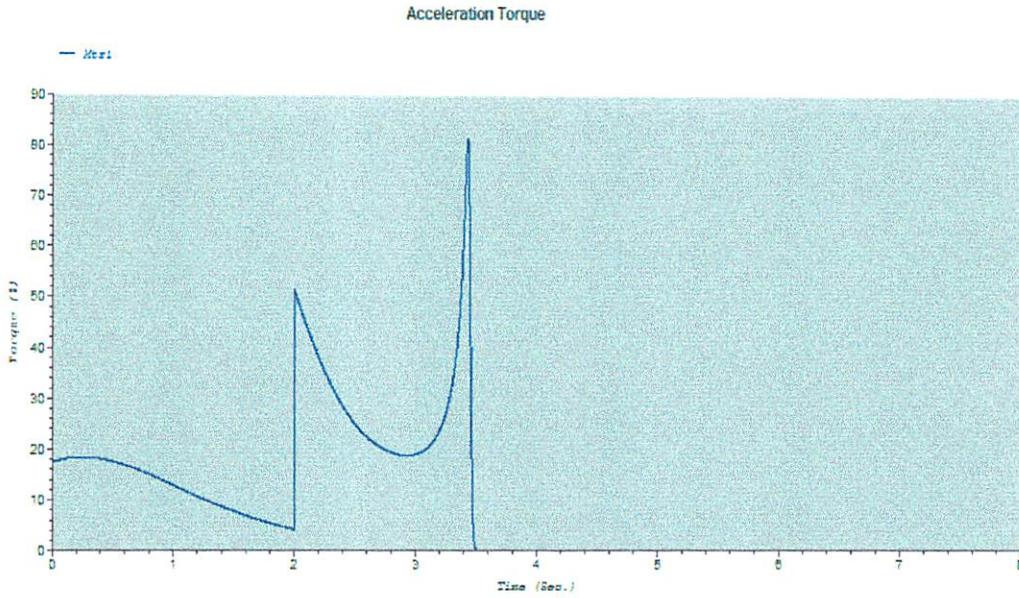
Gambar 4.9. Kurva Arus Pengasutan *Auto-Trafo* ( A ) Terhadap Waktu ( s )

Pada gambar 4.9. besarnya arus starting motor adalah 157,9 % dari *FLA* atau 198,9A dan arus pada kondisi mantap yaitu 99,6 % dari *FLA* atau 125,6 A.



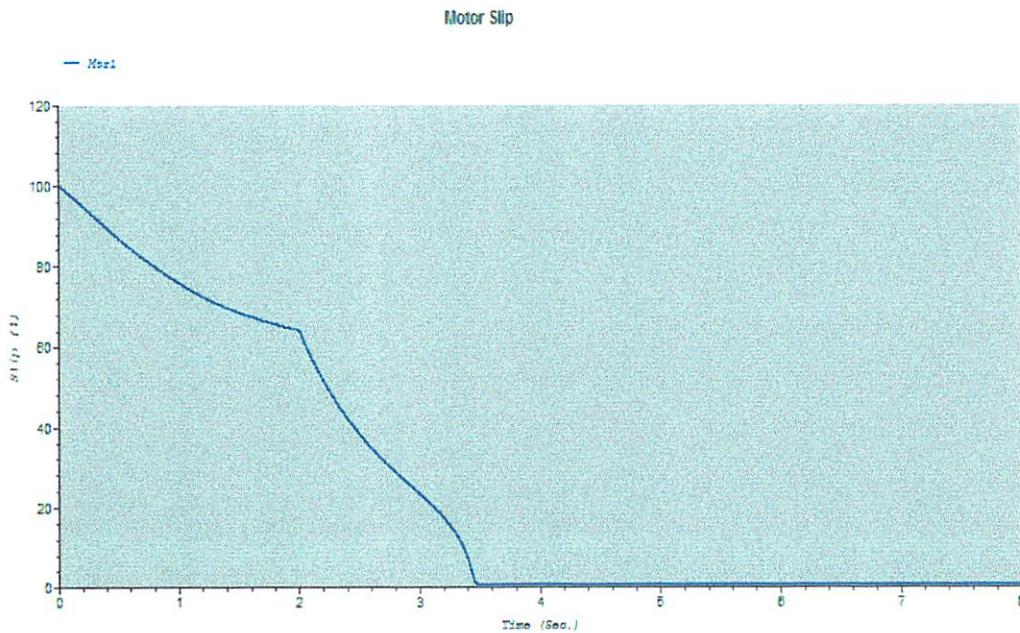
Gambar 4.10 Kurva Tegangan Terminal Motor (kV) Terhadap Waktu (s)

Pada gambar 4.10 tegangan terminal motor besarnya pada saat asut adalah 49,37 % dari  $V_t$  atau sama dengan 187,6 V dan tegangan terminal motor pada kondisi mantap yaitu 99,38 % dari  $V_t$  atau sama dengan 377,6 V.



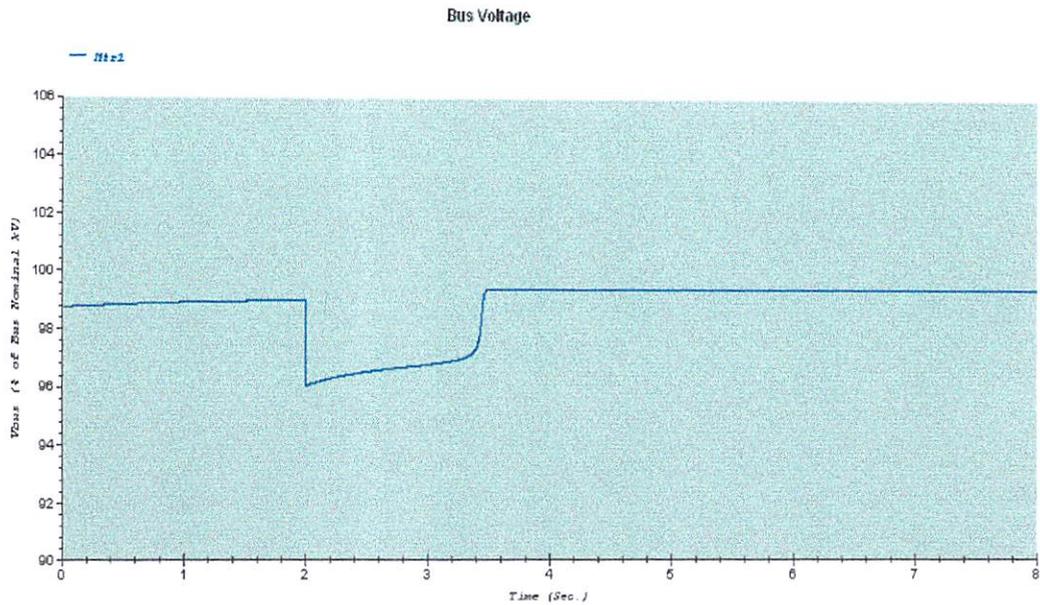
Gambar 4.11. Kurva Torsi Terhadap Waktu (s)

Pada gambar 4.11. torsi asut besarnya adalah 17,56 % dari  $T_{sc}$  atau sama dengan 78,9 N-m.



Gambar 4.12. Kurva Slip Terhadap Waktu (s)

Pada gambar 4.12 *slip* beban penuh besarnya adalah 99,97 % dan pada kondisi mantap besarnya slip adalah 0,89 %.

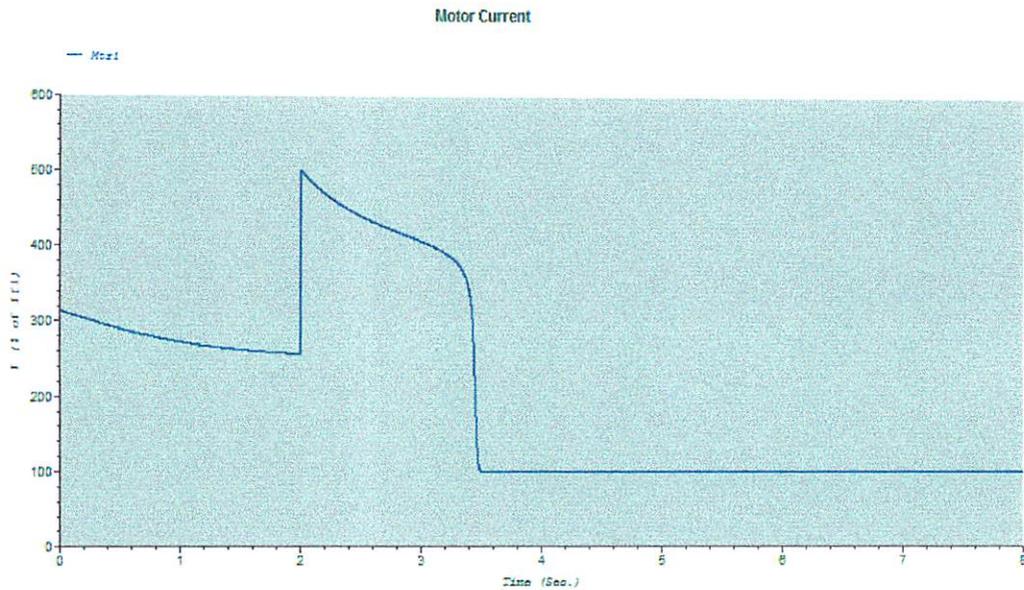


Gambar 4.13. Kurva *Bus voltage %* Terhadap Waktu

Pada gambar 4.13 besarnya tegangan bus pada saat asut adalah 98,74% dari tegangan nominal bus atau 375,2 dan pada saat mantap 99,38% atau 377,6 V.

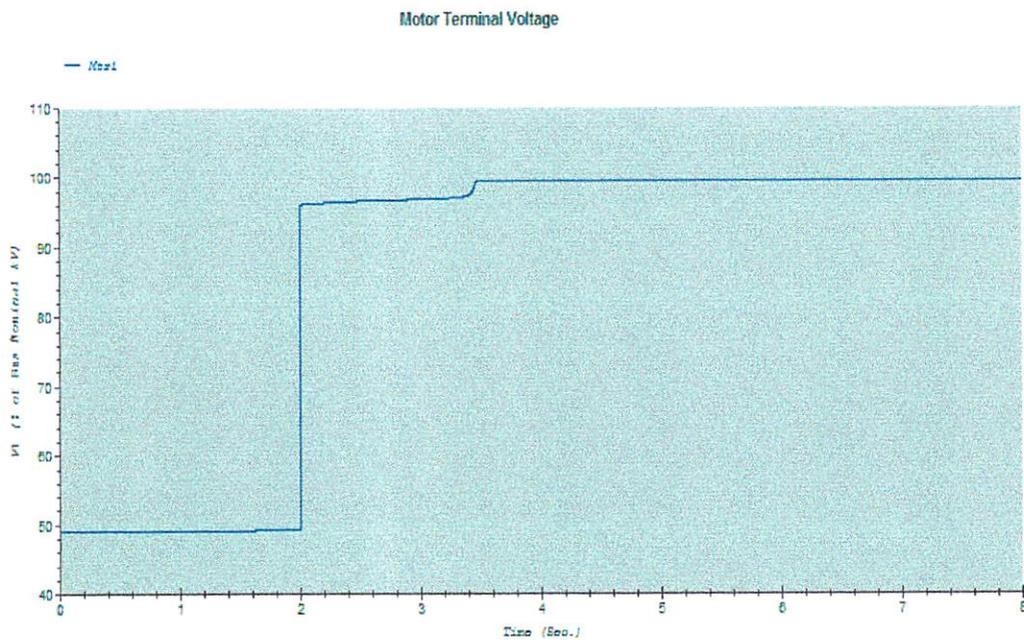
#### 4.4.2. Hasil Simulasi Menggunakan Pengasutan *Resistor*

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



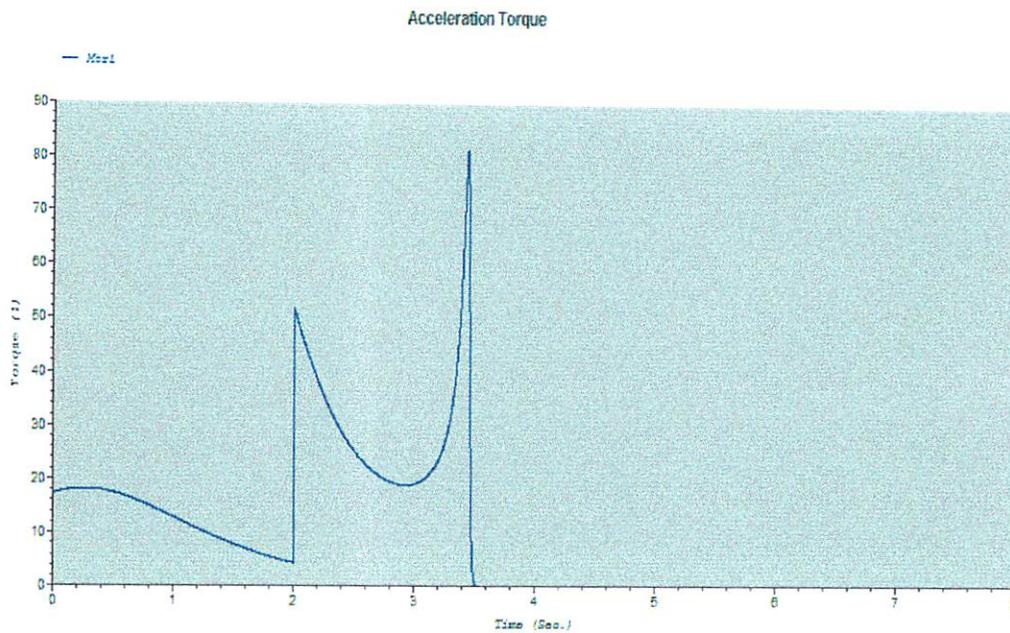
Gambar 4.14. Kurva Arus Pengasutan *Resistor* (A) Terhadap Waktu (s)

Pada gambar 4.14, besarnya arus starting motor adalah 313,6 % dari *FLA* atau 395,14 A dan arus pada kondisi mantap yaitu 99,6 % dari *FLA* atau 125,6 A.



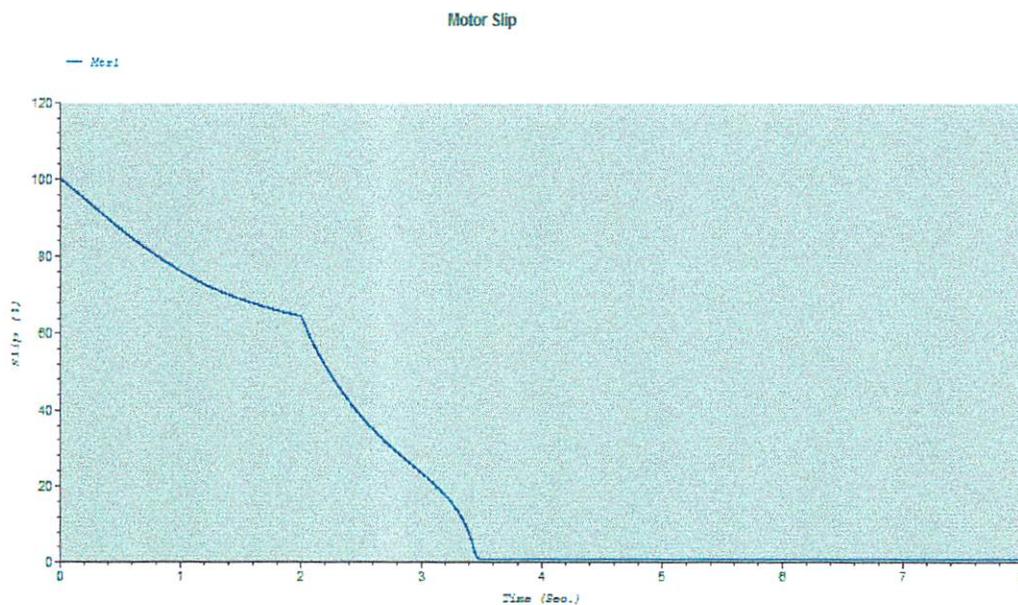
Gambar 4.15. Kurva Tegangan Terminal (kV) Terhadap Waktu (s)

Pada gambar 4.15 tegangan terminal motor besarnya pada saat asut adalah 49,02 % dari  $V_t$  atau sama dengan 186,27 V dan tegangan terminal motor pada kondisi mantap yaitu 99,38 % dari  $V_t$  atau sama dengan 377,6 V.



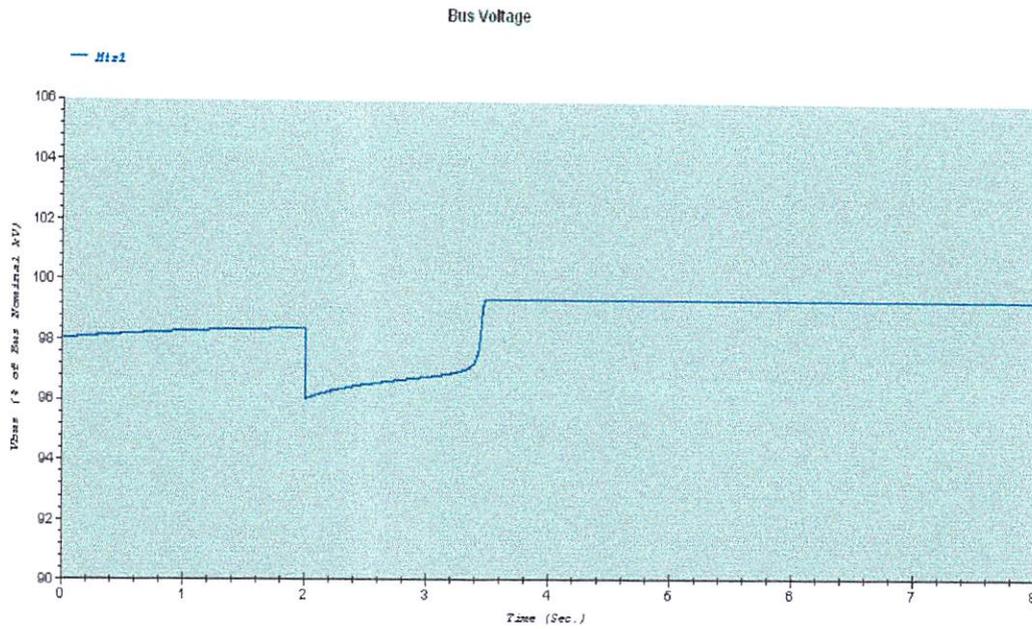
Gambar 4.16. Kurva Torsi Terhadap Waktu (s)

Pada gambar 4.16. torsi asut besarnya adalah 17,25 % dari  $T_{sc}$  atau sama dengan 77,53 N-m.



Gambar 4.17. Kurva Slip Terhadap Waktu (s)

Pada gambar 4.17 *slip* beban penuh besarnya adalah 99,97 % dan pada kondisi mantap besarnya slip adalah 0,89 %.

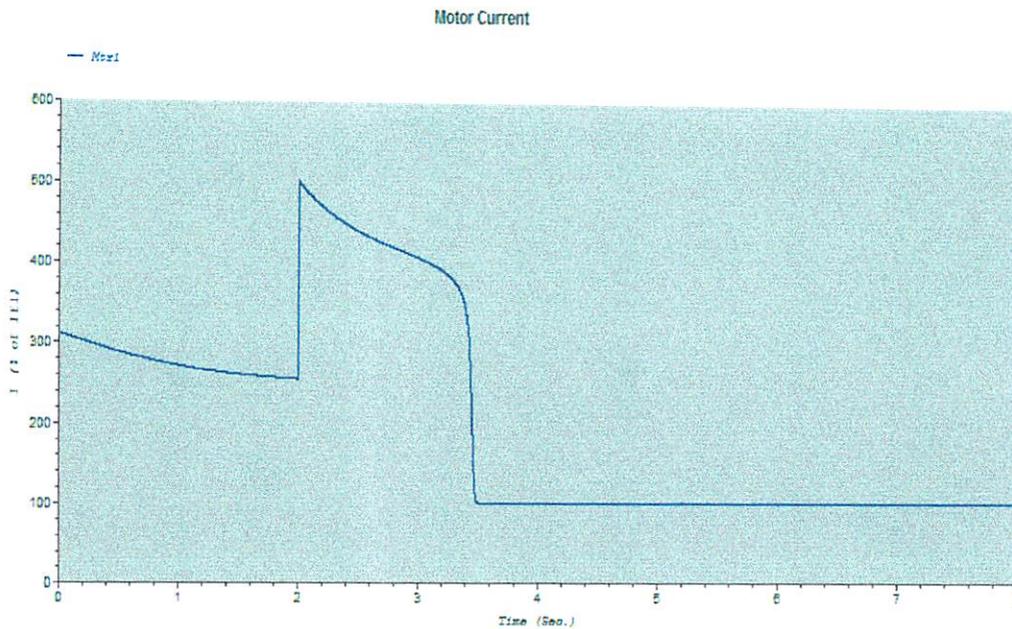


Gambar 4.18. Kurva *Bus voltage%* Terhadap Waktu (s)

Pada gambar 4.18 besarnya tegangan bus pada saat asut adalah 98,03% dari tegangan nominal bus atau 372,5 V dan pada saat mantap 99,38% atau 377,6 V.

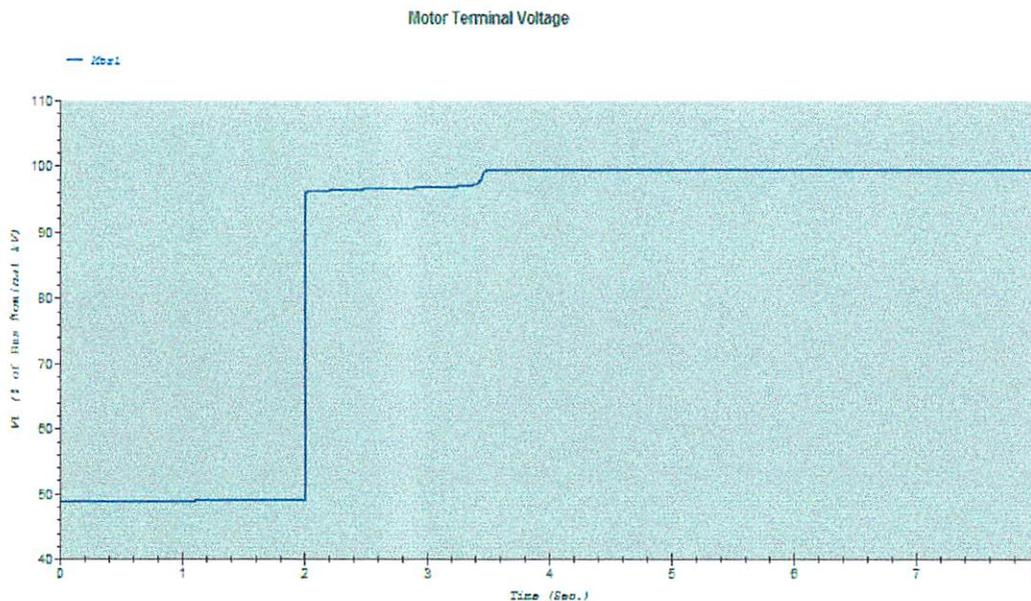
#### 4.4.3. Hasil Simulasi Menggunakan Pengasutan *Reactor*

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



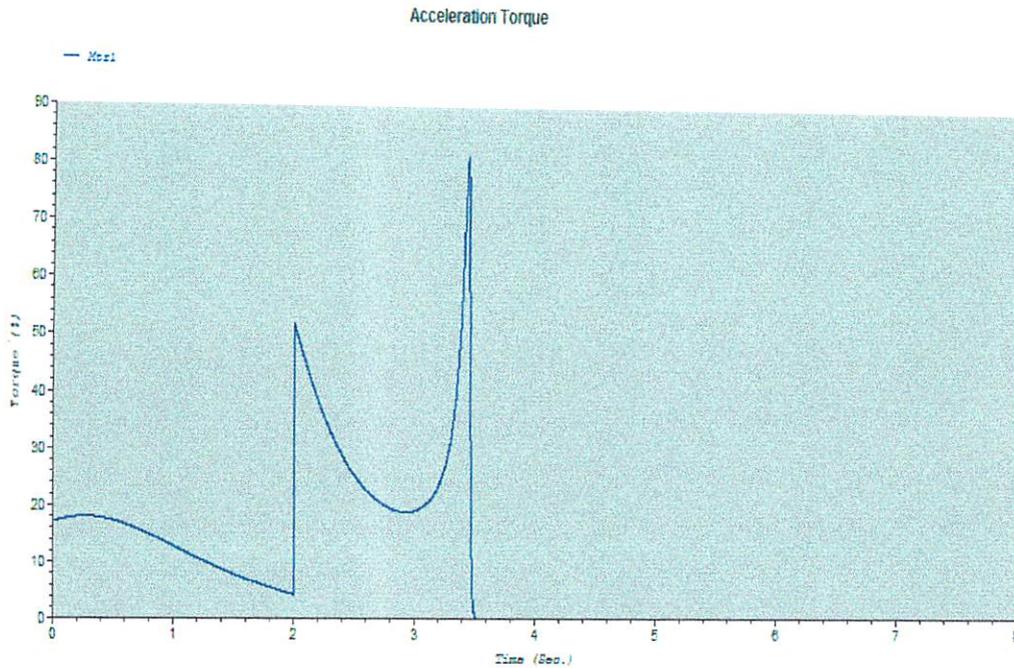
Gambar 4.19. Kurva Arus Pengasutan *Reactor* Terhadap Waktu (s)

Pada gambar 4.19, besarnya arus starting motor adalah 312,14 % dari *FLA* atau 393,3 A dan arus pada kondisi mantap yaitu 99,6 % dari *FLA* atau 125,6 A.



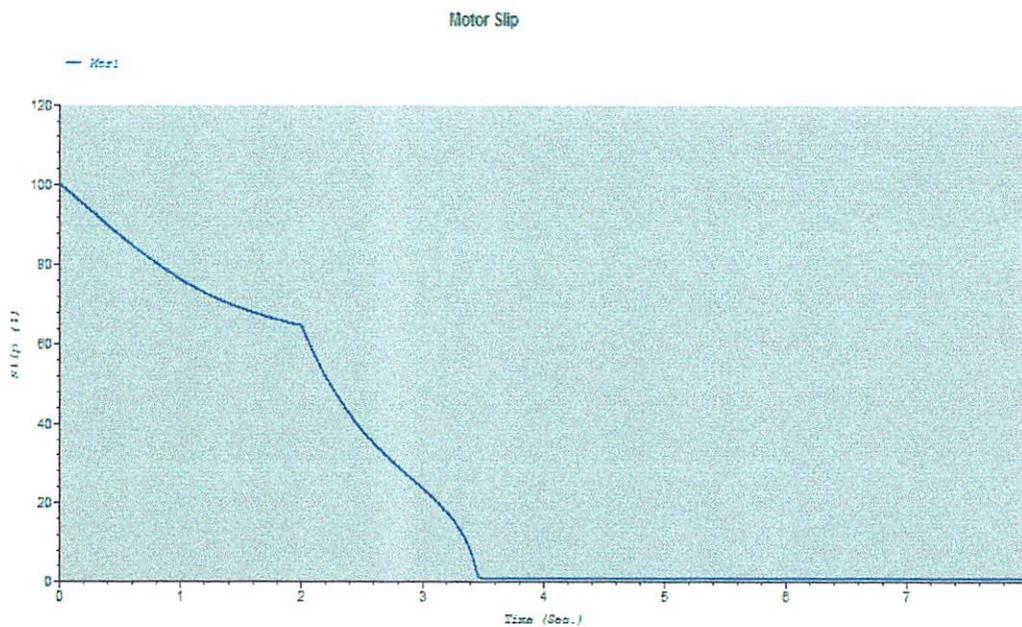
Gambar 4.20. Kurva Tegangan Terminal (kV) Terhadap Waktu (s)

Pada gambar 4.20 tegangan terminal motor besarnya pada saat asut adalah 48,79 % dari  $V_t$  atau sama dengan 185,4 V dan tegangan terminal motor pada kondisi mantap yaitu 99,38 % dari  $V_t$  atau sama dengan 377,6 V.



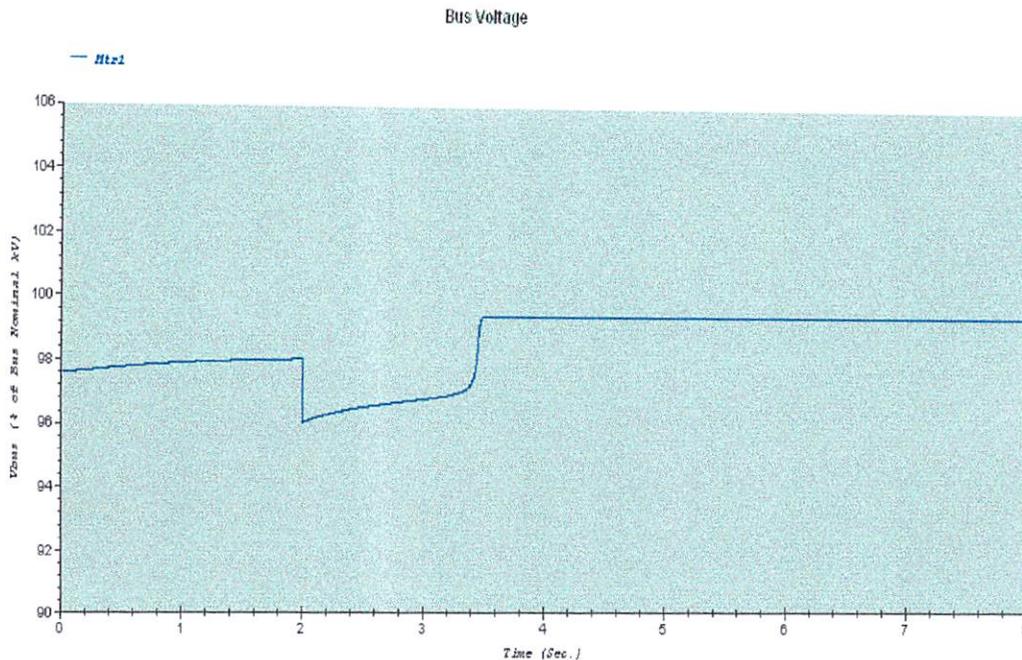
Gambar 4.21. Kurva Torsi Terhadap Waktu (s)

Pada gambar 4.21. torsi asut besarnya adalah 17,25 % dari  $T_{sc}$  atau sama dengan 77,53 N-m.



Gambar 4.22. Kurva Slip Terhadap Waktu (s)

Pada gambar 4.22 *slip* beban penuh besarnya adalah 99,97 % dan pada kondisi mantap besarnya *slip* adalah 0,89 %.



Gambar 4.23. Kurva *Bus voltage*% Terhadap Waktu (s)

Pada gambar 4.23 besarnya tegangan bus pada kondisi asut adalah 97,58 % atau sama dengan 370,8V dan kondisi mantap 99,38 % atau 377,6 V.

#### 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  $t = 6$  s dan *merunning* program maka didapatkan hasil yang terlihat pada tabel 4.3.

Tabel 4.3.  
 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)	608,8	157,93	316,6	312,14
Tegangan % dari $V_t$ (V)	95,16	49,37	49,02	48,79
Torsi % dari $T_{sc}$ (N-m)	75,85	17,56	17,25	17,05
<i>Slip</i> (%)	0,01	0,01	0,01	0,01

Pada saat motor dijalankan tanpa menggunakan peralatan pengasutan motor, maka arus yang ditarik motor sebesar 608,8 % 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 157,93 % dari FLA. Akan tetapi penurunan arus pengasutan berdampak pada penurunan torsi pengasutan. Dimana torsi pengasutan tersebut besarnya adalah 17,56 % dari  $T_{sc}$ . Sehingga motor ber*accelerasi* menjadi lambat.

Sedangkan menggunakan pengasutan *resistor* dengan Tap 50%, arus yang ditarik motor sebesar 313,6 % dari FLA. Maka torsi juga mengalami penurunan menjadi 17,25 % 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 17,05 % dari  $T_{sc}$ , dan arus pengasutan sebesar 312,14 % dari FLA.

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

Diketahui : FLA = 126 A,  $V_t = 380$  V

$$I_{st} = \frac{608,8}{100} \times 126 = 767,1 \text{ A}$$

$$V_t = \frac{95,16}{100} \times 380 = 361,8 \text{ V}$$

$$T_{st} = \frac{75,86}{100} \times 449,46 = 340,94 \text{ N} - m$$

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

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

Diketahui : FLA = 126 A,  $V_t = 380$  V, Tap = 50%

$$I_{st} = \frac{157,93}{100} \times 126 = 198,9 \text{ A}$$

$$V_t = \frac{49,37}{100} \times 380 = 187,61 \text{ V}$$

$$T_{st} = \frac{17,56}{100} \times 449,46 = 78,92 \text{ N} - m$$

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

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

Diketahui : FLA = 126 A, Vt = 380 V, Tap = 50%

$$I_{st} = \frac{313,6}{100} \times 126 = 395,14 \text{ A}$$

$$V_t = \frac{49,02}{100} \times 380 = 186,27 \text{ V}$$

$$T_{st} = \frac{17,25}{100} \times 449,46 = 77,53 \text{ N} - m$$

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

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

Diketahui : FLA = 126 A, Vt = 380 V, Tap = 50%

$$I_{st} = \frac{312,14}{100} \times 126 = 393,3 \text{ A}$$

$$V_t = \frac{48,79}{100} \times 380 = 185,4 \text{ V}$$

$$T_{st} = \frac{17,05}{100} \times 449,46 = 76,63 \text{ N} - m$$

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

Tabel 4.4.  
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	767,08	198,93	395,14	393,3
$V_t = 380$ Volt	361,8	187,61	186,27	185,4
$T_{st}$ N-m	340,94	78,92	77,53	76,63
<i>Slip</i> (%)	0,01	0,01	0,01	0,01

Setelah dilakukan analisa perhitungan dari hasil komputasi *software Etap Powerstation* Pada saat motor tanpa menggunakan peralatan pengasutan motor, maka arus yang ditarik motor sebesar 767,08 A .Hal ini tidak diijinkan karena berdampak pada penurunan tegangan bus yaitu turun kurang lebih 18,2 V menjadi 361,8 V, sehingga dapat mengganggu pada beban-beban yang lain.

Dengan menggunakan pengasutan *Auto-Trafo* dengan Tap 50%, maka arus starting motor relatif kecil yaitu 198,9 A.Dan tegangan bus mengalami penurunan sebesar 4,8 V menjadi 375,2 V.Akan tetapi berdampak pada penurunan torsi start dari 340,9 N-m menjadi 78,9 N-m.Sehingga motor ber*accelerasi* menjadi lambat.

Sedangkan menggunakan pengasutan *resistor* dengan Tap 50%, arus yang ditarik motor sebesar 395,14 A.Tegangan bus juga mengalami penurunan sebesar 7,5 V menjadi 372,5 V.Maka torsi juga mengalami penurunan menjadi 77,53 N-m. Sehingga *accelerasi* motor juga menjadi lambat.

Dengan menggunakan pengasutan *reactor* dengan Tap 50% *accelerasi* motor juga mengalami penurunan karena torsi pengasutan sebesar 76,63 N-m.

Arus starting yang ditarik motor sebesar 393,3 A. Dan tegangan bus mengalami penurunan kurang lebih 9,2 V menjadi 370,8 V

Dari beberapa percobaan dan perhitungan pengasutan motor, maka di dapatkan peralatan pengasutan motor yang paling optimal yaitu dengan menggunakan pengasutan *Auto-trafo*, dimana arus pengasutannya sebesar 157,93 % dari FLA.

## BAB V

### KESIMPULAN

#### 5.1. Kesimpulan

1. Starting motor tanpa menggunakan pengasutan mengakibatkan jatuh tegangan pada bus karena arus yang ditarik sangat besar, besarnya adalah 6,08 kali arus nominal, atau sama dengan 767,08 A. Dan torsi pengasutan sebesar 340,94 N-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 198,93 A. Dan torsi pengasutan adalah 78,92 N-m.
3. Dengan menggunakan pengasutan *resistor*, dengan tap 50% maka didapat arus awal sebesar 3,14 kali arus nominal, atau sama dengan 395,14 A. Dan torsi pengasutan besarnya adalah 77,53 N-m.
4. Pengasutan menggunakan *reactor* dengan tap 50%, maka didapat arus awal yang hampir sama dengan pengasutan menggunakan resistor yaitu sebesar 3,12 kali arus nominal atau sama dengan 393,3 A dan Torsi pengasutan sebesar 76,63 N-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

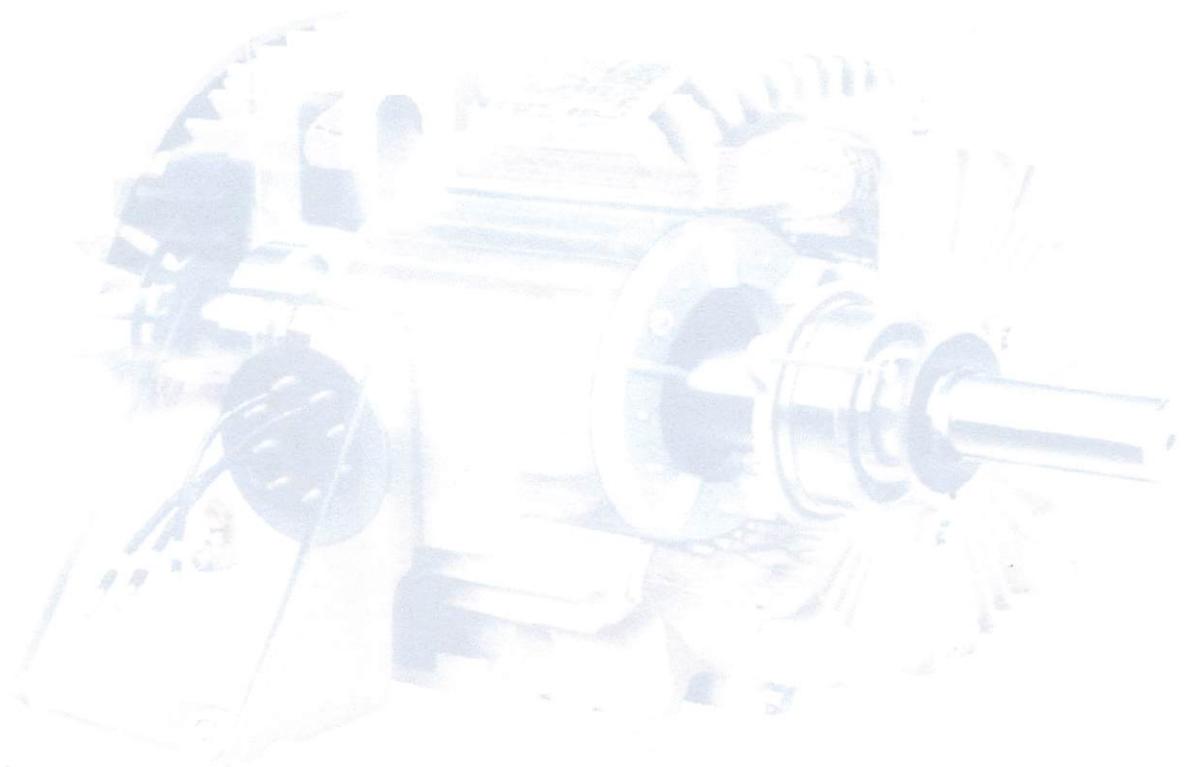
### *Journals :*

- [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

### *Books:*

- [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 I





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

## BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

**Nama** : EKO BUDI KRISTANTO  
**N.I.M.** : 02.12.011  
**Jurusan** : Teknik Elektro S-1  
**Konsentrasi** : Teknik Energi Listrik  
**Judul Skripsi** : **ANALISA ARUS STARTING MOTOR INDUKSI  
3 PHASA 70 KW MENGGUNAKAN SOFTWARE  
ETAP POWERSTATION PADA PT.SORINI  
TOWA BERLIAN CORP PASURUAN**

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

**Hari** : Selasa  
**Tanggal** : 17 Maret 2009  
**Dengan Nilai** : A ( 81,4 ) *BY*

### Panitia Ujian Skripsi



Ketua Majelis Penguji

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

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. 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 : Eko Budi Kristanto
2. NIM : 02.12.011
3. Jurusan : Teknik Elektro
4. Konsentrasi : Teknik Energi Listrik
5. Judul Skripsi : Analisa Arus Starting Motor Induksi 3 Phasa 70 KW menggunakan Software Etap Powerstation pada PT.Sorini Towa Berlian Corp Pasuruan.

Perbaikan meliputi :

No	Materi Perbaikan	Ket
1.	Abstrak diganti	
2.	Latar Belakang diberi pustaka	
3.	Setiap gambar 4.4 s/d 4.23 diberi penjelasan	
4.	Tabel 4.3 dan 4.4 diberi penjelasan	

**Penguji Kedua**

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

**Dosen Pembimbing**

**Ir. Teguh Herbasuki, MT**  
NIP.Y.1038900209

**DATA MOTOR INDUKSI 3 PHASA  
PADA PT.SORINI TOWA BERLIAN CORP PASURUAN**



DAYA	70 KW
TEGANGAN	380 V
ARUS	126 A
FREKUENSI	50 Hz
POLE	4
PUTARAN	1488
COS Ø	0.85

Arus starting = 771 Ampere  
Arus stady state = 125,8 Ampere  
Jenis beban = Agitator

Pasuruan, 15 November 2008

Mengetahui  
Ka.bag Instrumentasi



Ir. Agus Suliyanto

THE UNIVERSITY OF CHICAGO PRESS  
1215 EAST 57TH STREET, CHICAGO, ILL. 60637



1960  
1961  
1962  
1963  
1964  
1965  
1966  
1967

1968  
1969  
1970  
1971  
1972  
1973  
1974  
1975

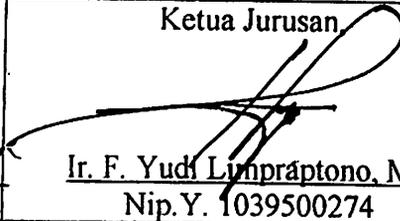
1976  
1977  
1978  
1979  
1980





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

**Konsentrasi: Teknik Energi Listrik/Teknik Elektronika \*)**

1.	Nama Mahasiswa : Eko Budi Kristanto		Nim : 02.120.11	
2.	Waktu Pengajuan :	Tanggal 24	Bulan 11	Tahun 2008
Spesifikasi Judul (berikan tanda silang)				
3.	<input type="checkbox"/> a. Sistem Tenaga Elektrik <input checked="" type="checkbox"/> b. Energi & Konversi Energi <input type="checkbox"/> c. Tegangan Tinggi & Pengukuran <input type="checkbox"/> d. Sistem Kendali Industri		<input type="checkbox"/> e. Elektronika & Komponen <input type="checkbox"/> f. Elektronika Digital & Komputer <input type="checkbox"/> g. Elektronika Komunikasi <input type="checkbox"/> h. Lainnya .....	
4.	Konsultasikan judul sesuai materi bidang ilmu kepada Dosen		Ketua Jurusan	
	<i>Ir. Teguh Herbasuki, MT</i>		 Ir. F. Yudi Limpraptono, MT Nip.Y. 1039500274	
5.	Judul yang diajukan mahasiswa	<b>ANALISA ARUS STARTING MOTOR INDUKSI 3 PHASA 70 KW MENGGUNAKAN SOFTWARE ETAP POWERSTATION PADA PT.SORINI TOWA BERLIAN CORP PASURUAN</b>		
6.	Perubahan Judul yang disetujui Dosen sesuai materi bidang ilmu	..... ..... .....		
Catatan:..... ..... .....				
7.	Persetujuan Judul Skripsi yang dikonsultasikan kepada Dosen sesuai materi bidang ilmu		Disetujui, 24-11-2008 Dosen  TEGUH HT	

**Perhatian :**

1. Formulir Pengajuan ini harap dikembalikan ke Jurusan paling lambat *satu minggu* setelah disetujui Kelompok Dosen Keahlian dengan dilampirkan Proposal Skripsi beserta persyaratan Skripsi sesuai Form. S-1.
2. \*) 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 **Ir. Teguh Herbasuki, MT**  
Dosen Institut Teknologi Nasional  
MALANG

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Eko Budi Kristanto  
Nim : 02.12.011  
Jurusan : Teknik Elektro S-1  
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik

Dengan ini mengajukan permohonan, kiranya Bapak bersedia menjadi Dosen Pembimbing Utama / Pendamping \*), untuk penyusunan Skripsi dengan judul (proposal terlampir) :

**ANALISA ARUS STARTING MOTOR INDUKSI 3 PHASA 70 KW  
MENGUNAKAN SOFTWARE ETAP POWERSTATION PADA  
PT. SORINI TOWA BERLIAN CORP PASURUAN**

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

Demikian permohonan kami dan atas kesediaan Bapak kami ucapkan terima kasih

Malang, 27 November 2008

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

**Ir. F. Yudi Limpraptono, MT**  
**NIP.Y. 1039500274**

**Hormat Kami,**

**Eko Budi Kristanto**  
**NIM. 02.12.011**

\*) Coret yang tidak perlu

Form S-3a



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

## PERNYATAAN KESEDIAAN DALAM PEMBIMBINGAN SKRIPSI

Sesuai permohonan dari mahasiswa :

Nama : Eko Budi Kristanto  
Nim : 02.12.011  
Semester : XII (Dua belas)  
Jurusan : Teknik Elektro S-1  
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik

Dengan ini Menyatakan **bersedia / tidak bersedia** \*) Membimbing Skripsi dari mahasiswa tersebut, dengan judul :

**ANALISA ARUS STARTING MOTOR INDUKSI 3 PHASA 70 KW  
MENGUNAKAN SOFTWARE ETAP POWERSTATION PADA  
PT. SORINI TOWA BERLIAN CORP PASURUAN**

Demikian surat Pernyataan ini kami buat agar dapat dipergunakan seperlunya.

Malang, 27 November 2008

Kami yang membuat pernyataan,

Ir. Teguh Herbasuki, MT  
NIP.Y. 1038900209

Catatan :

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

\*) Coret yang tidak perlu

Form. S-3b



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

KONSENTRASI		T.ENERGI LISTRIK			
1.	Nama Mahasiswa	EKO BUDI KRISTANTO		NIM	0212011
2.	Keterangan	Tanggal	Waktu		Tempat / Ruang
	Pelaksanaan	10-12-2008	09.00 - 10.30		SEMINAR LT 1
Spesifikasi Judul (berilah tanda silang) *)					
3.	<input checked="" type="checkbox"/> a. Sistem Tenaga Elektrik	e. Embbeded 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 ARUS STARTING MOTOR INDUKSI 3 PHASA 70 KW MENGGUNAKAN SOFTWARE ETAP POWER STATION PADA PT. SORINI TOWA BERLIAN CORP. PASURUAN			
5.	Perubahan Judul yang diusulkan oleh Kelompok Dosen Keahlian	..... ..... .....			
6.	Catatan :				
	..... ..... .....				
7.	Catatan :				
	..... ..... .....				
	Persetujuan Judul Skripsi				
	Disetujui, Dosen Keahlian I			Disetujui, Dosen Keahlian II	
Mengetahui, Ketua Jurusan.		Disetujui, Calon Dosen Pembimbing			
Ir. F. Yudi Limpraptono, MT NIP. Y. 1039500274		Pembimbing I		Pembimbing II	
		 Ir. TEGUH HERBASUKI, MT		.....	

Keterangan :

\*) dilingkari a, b, c, ..... sesuai dengan bidang keahlian



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 65145  
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

Malang, 11 Desember 2008

Nomor : ITN-511/I.TA/2/08  
Lampiran : -  
Perihal : BIMBINGAN SKRIPSI

Kepada : Yth. Sdr. **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 : EKO BUDI KRISTANTO,  
Nim : 0212011  
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 :

10 Desember 2008 s/d 10 Juni 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 : EKO BUDI KRISTANTO ✍  
Nim : 02.12.011  
Masa Bimbingan : 10 Desember 2008 s/d 10 Juni 2009  
Judul Skripsi : ANALISA ARUS STARTING MOTOR INDUKSI 3 PHASA 70 KW  
MENGUNAKAN SOFTWARE ETAP POWERSTATION PADA  
PT. SORINI TOWA BERLIAN CORP PASURUAN.

NO	TANGGAL	URAIAN	PARAF PEMBIMBING
1	19/12-2008	Konsultasi latar blk, tujuan	
2	05/01-2009	Konsultasi pengambilan data	
3	14/01-2009	Konsultasi analisa data	
4	28/01-2009	Konsultasi bab II & III	
5	04/02-2009	Konsultasi bab IV & V	
6	07/02-2009	Dibuatkan makalah seminar	
7	23/02-09	Acc makalah seminar	
8	26/02-09	Acc Ujian	
9			
10			

Malang,  
Dosen Pembimbing

Ir. Teguh Herbasuki, MT  
NIP.Y.1038900209



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

### 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 : Eko Budi k.  
NIM : 0212011  
Perbaikan meliputi :

- Abstrak diganti
- Daftar belakang, (Pustaka).
- hal 49-51 gambar 4.4 s/d gambar 4.8.
- setiap gambar 4.4. - 4.23 diberi Penjelasan.
- Tabel 4.3 - Tabel 4.4. diberi penjelasan

Malang, 17-03 2009

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



**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**  
**FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**  
**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1**  
**KAMPUS II : Jl. Karanglo Km 2 MALANG**

---

**SURAT PERMOHONAN**

Dengan Hormat,

Yang bertanda tangan di bawah ini sebagai pemohon, saya mahasiswa dengan identitas sebagai berikut :

Nama : EKO BUDI KRISTANTO  
NIM : 02.12.011  
Jurusan : Teknik Energi Listrik S-1  
Fakultas : Tekonologi Industri

Mengajukan permohonan penggunaan fasilitas Laboratorium Simulasi Sistem Tenaga Elektrik untuk keperluan Mengerjakan Skripsi menggunakan software *Etap Powerstation* di Lab.Simulasi Sistem Tenaga Elektrik.

Demikian surat permohonan ini saya buat dengan sebenarnya dan dapat dipertanggung jawabkan, terima kasih.

Mengetahui,

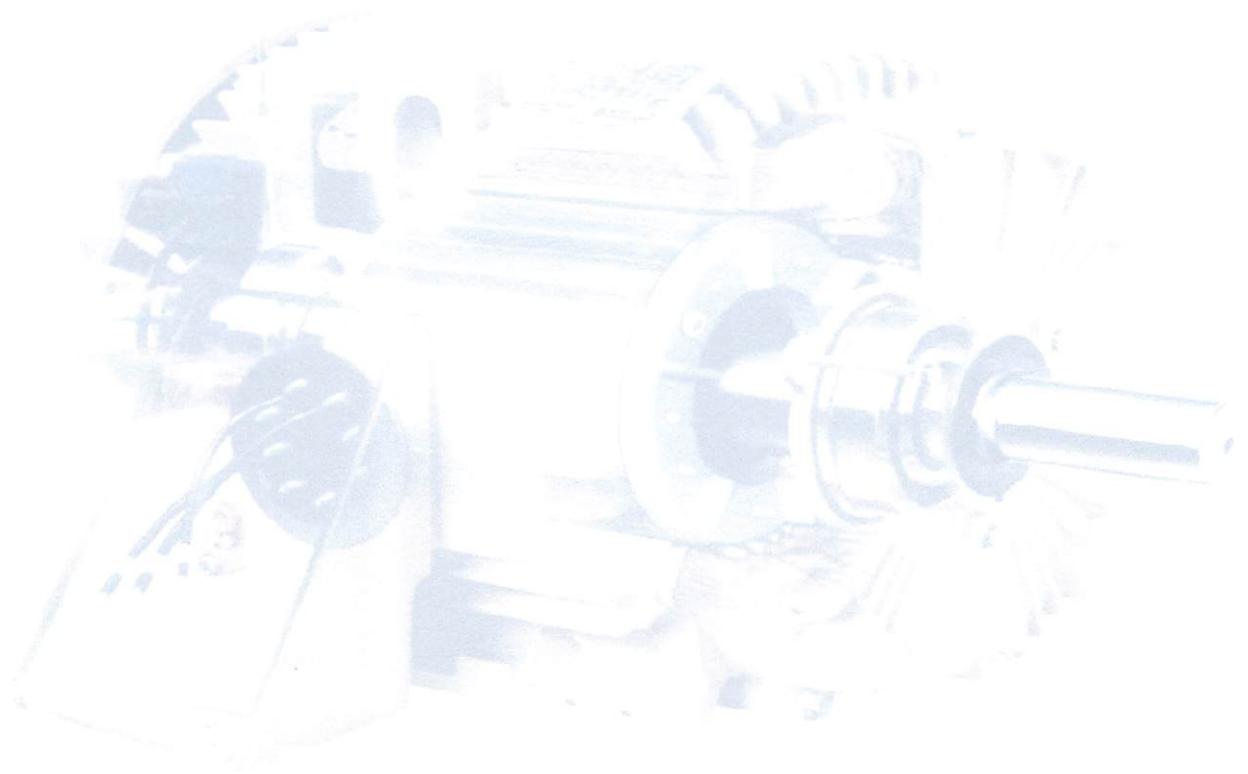
Kajur Teknik Elektro S-1

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

Pemohon

Eko Budi Kristanto  
Nim. 02.12.011

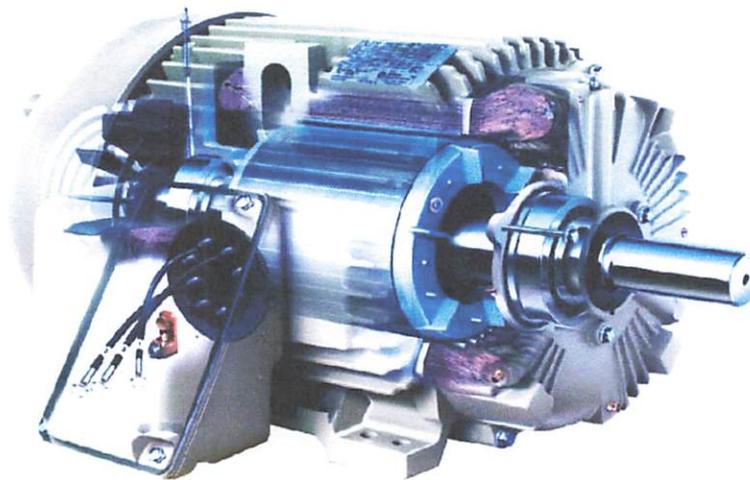
# LAMPIRAN II



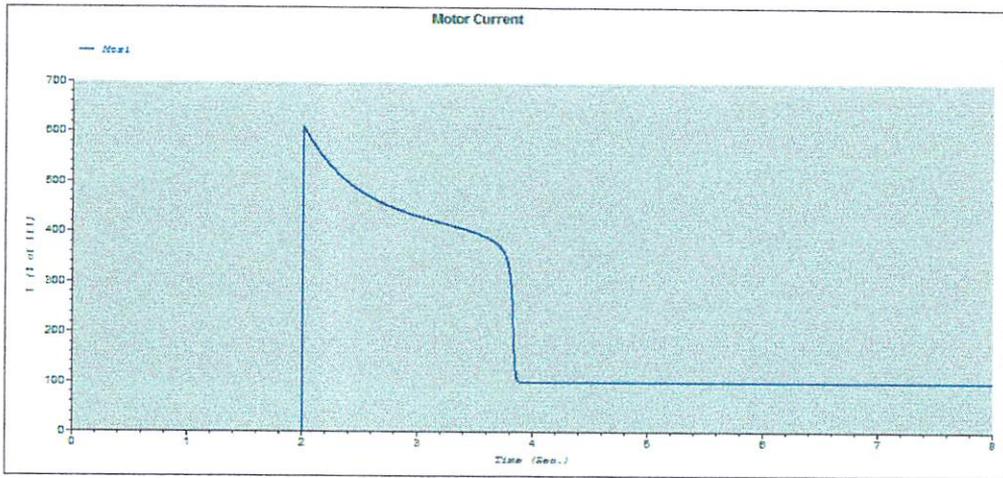
HASIL SIMULASI PENGASUTAN MOTOR

# Pengasutan Auto Trafo

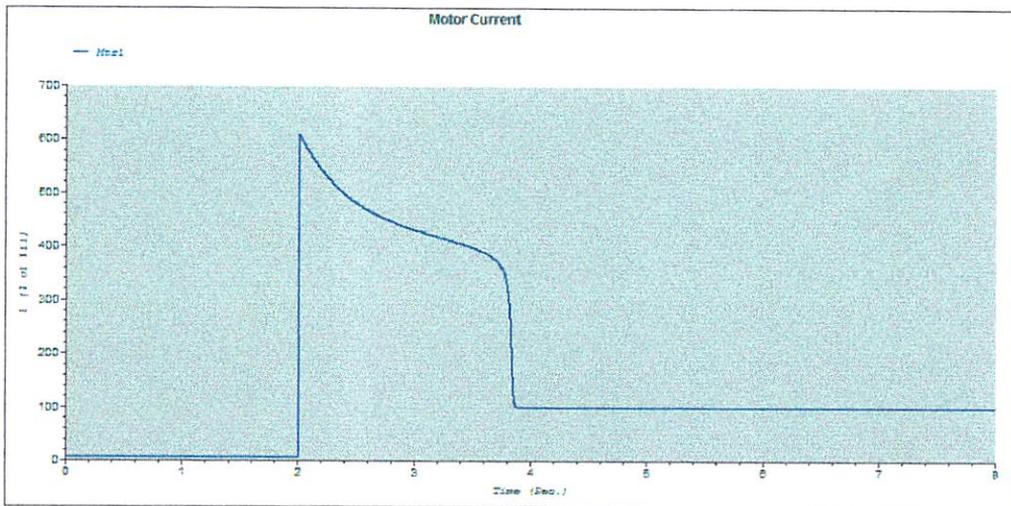
- *One Line Diagram Etap Powerstation*
  - *Kurva Arus Starting*
    - *Kurva Tegangan Bus*
      - *Kurva Torsi motor*
        - *Text Report simulasi Auto Trafo*



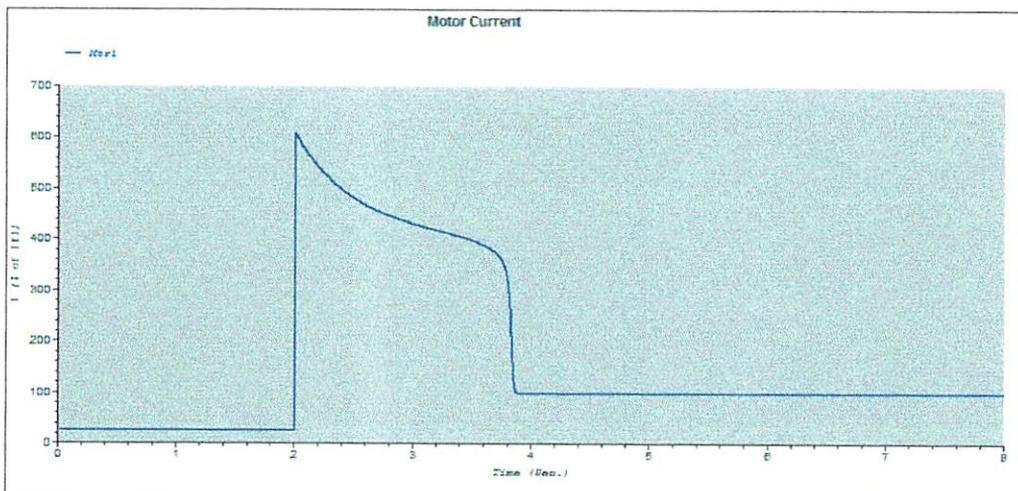
### TAP 0%



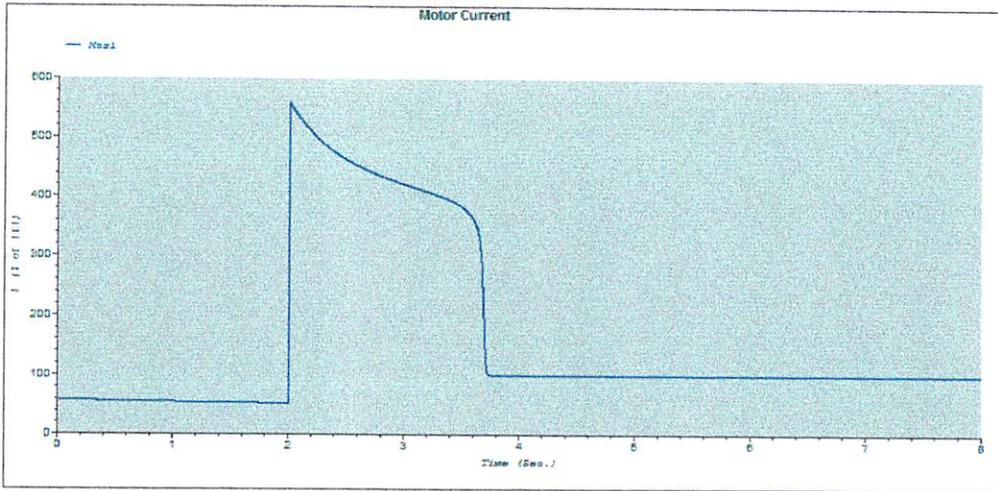
### TAP 10%



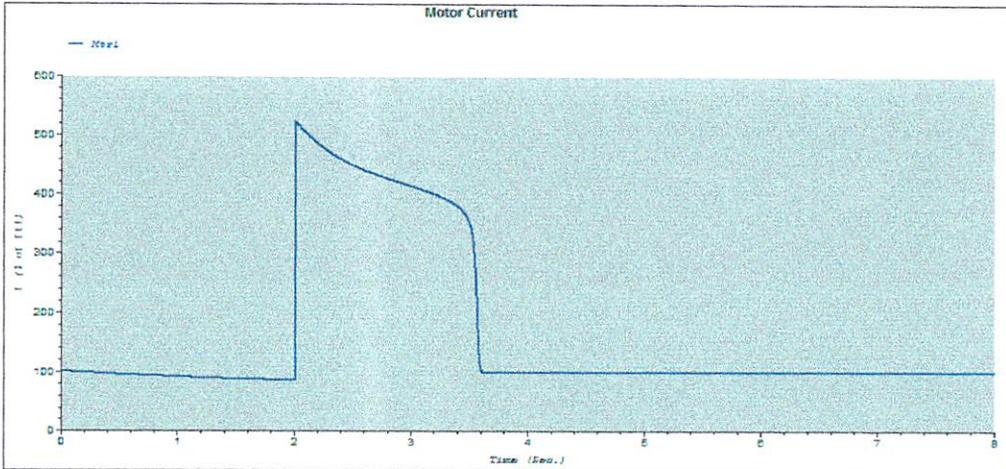
### TAP 20%



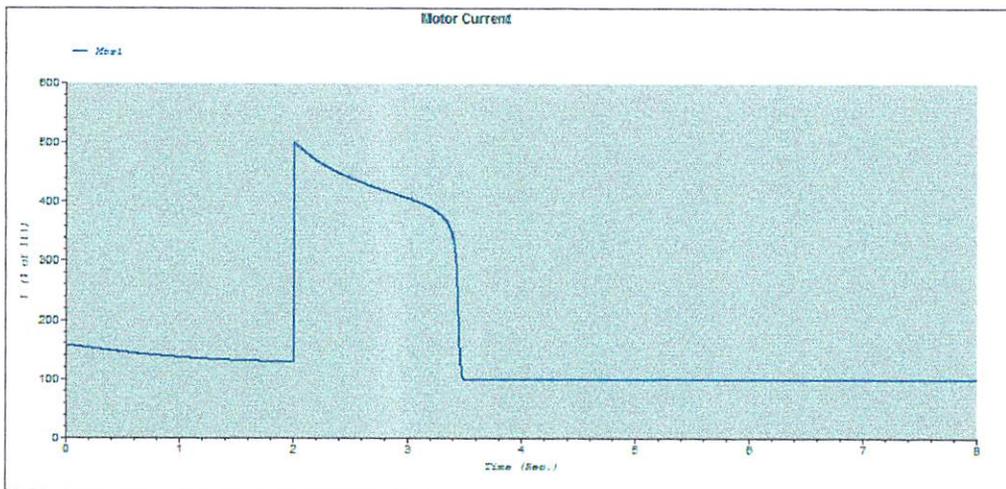
### TAP 30%



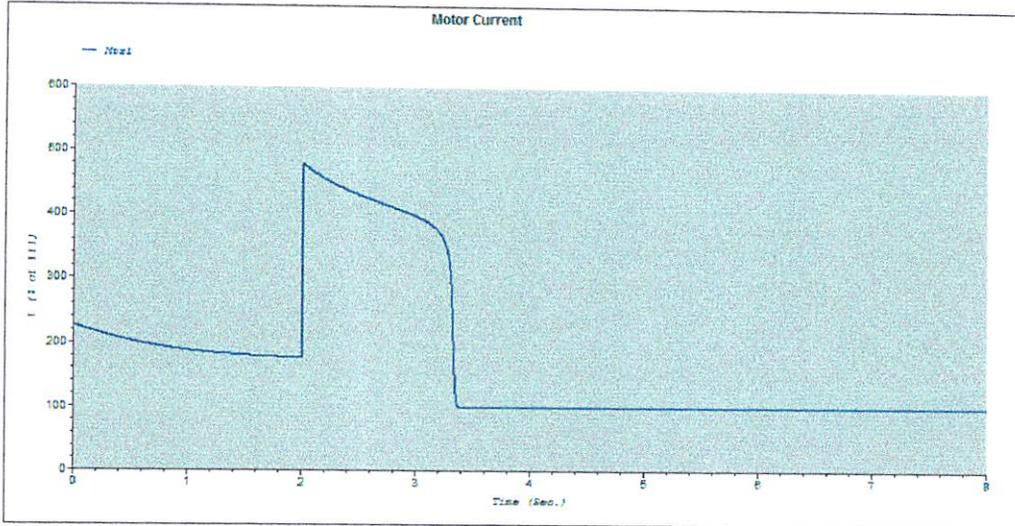
### TAP 40



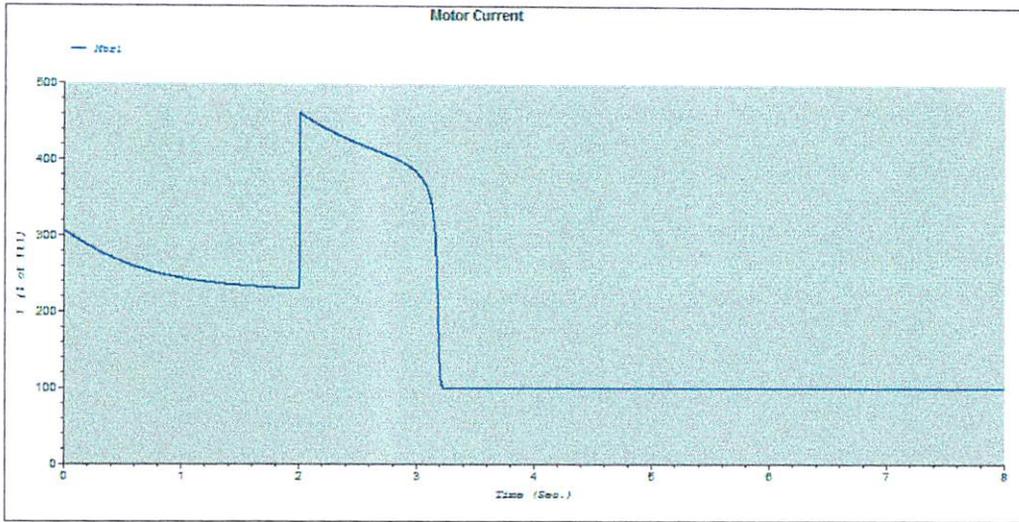
### TAP 50%



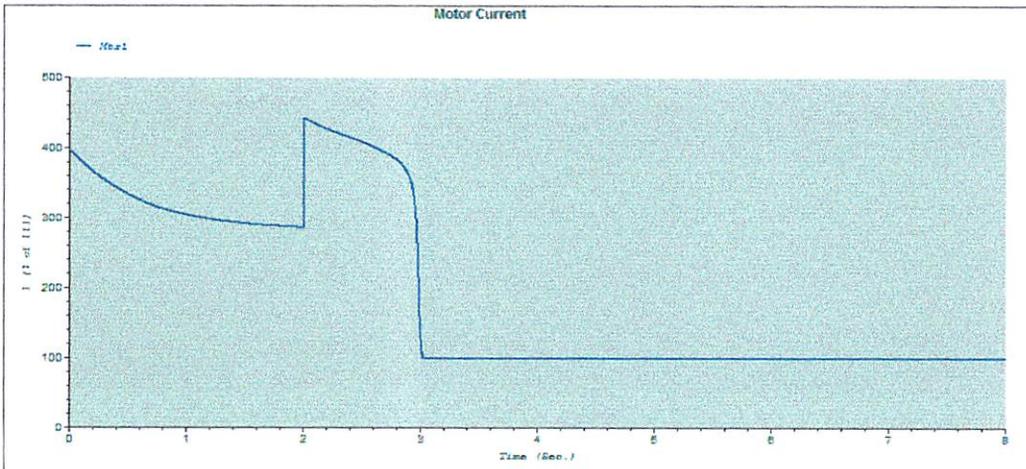
### TAP 60%



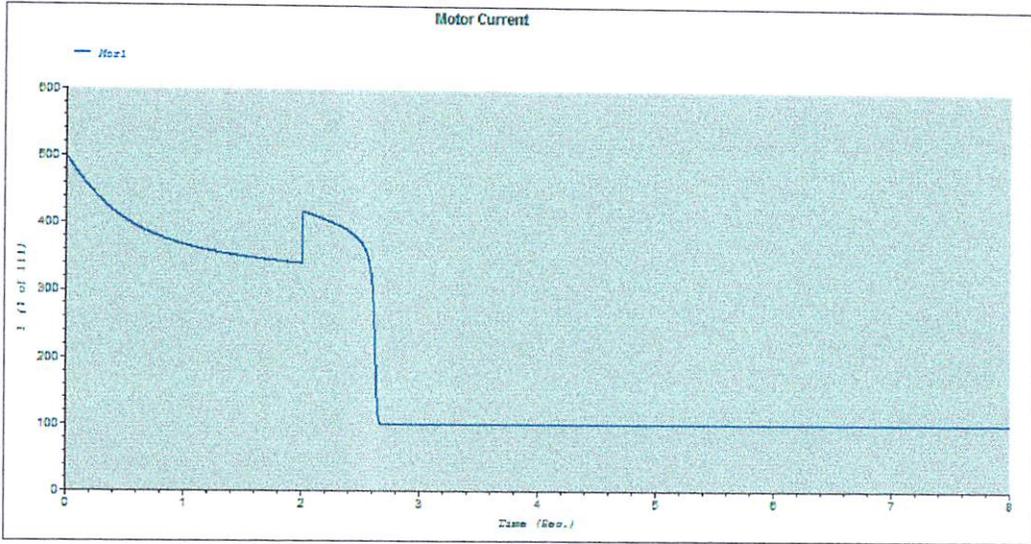
### TAP 70%



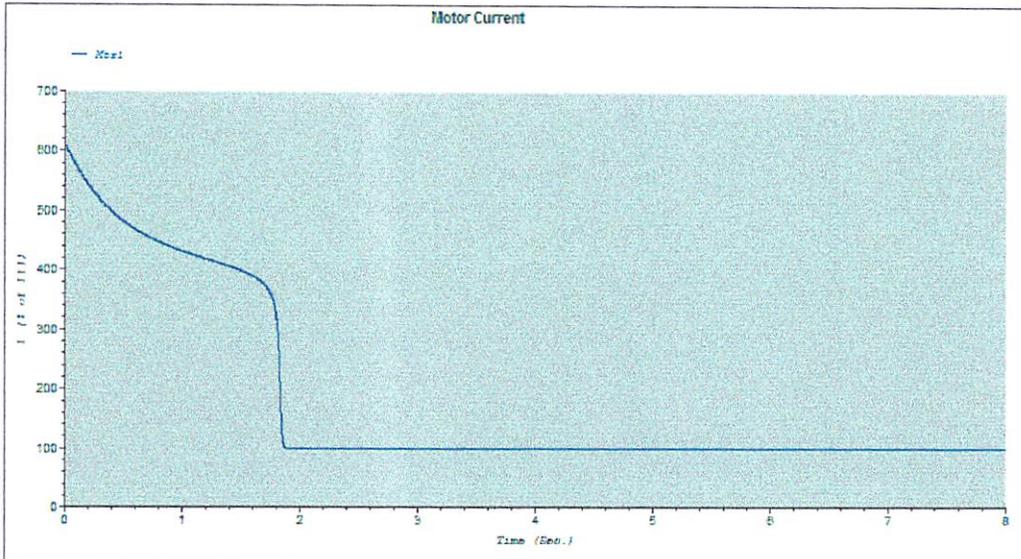
### TAP 80%



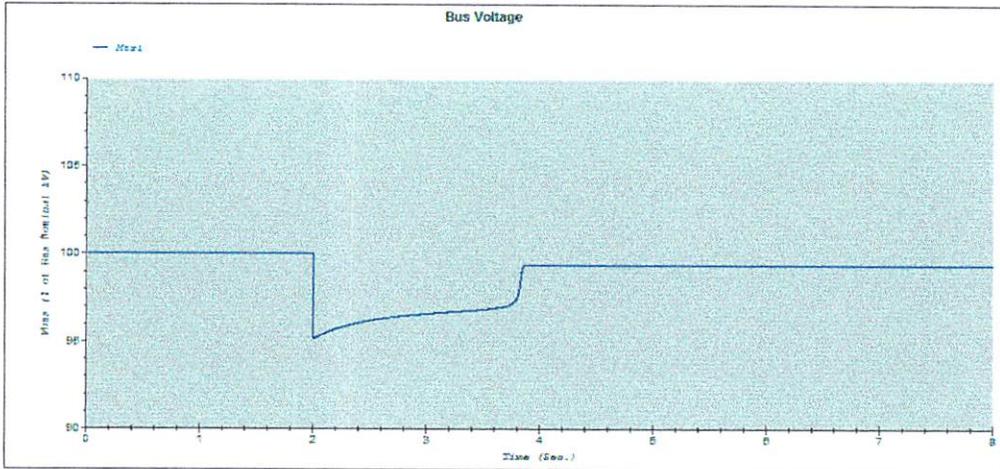
## TAP 90%



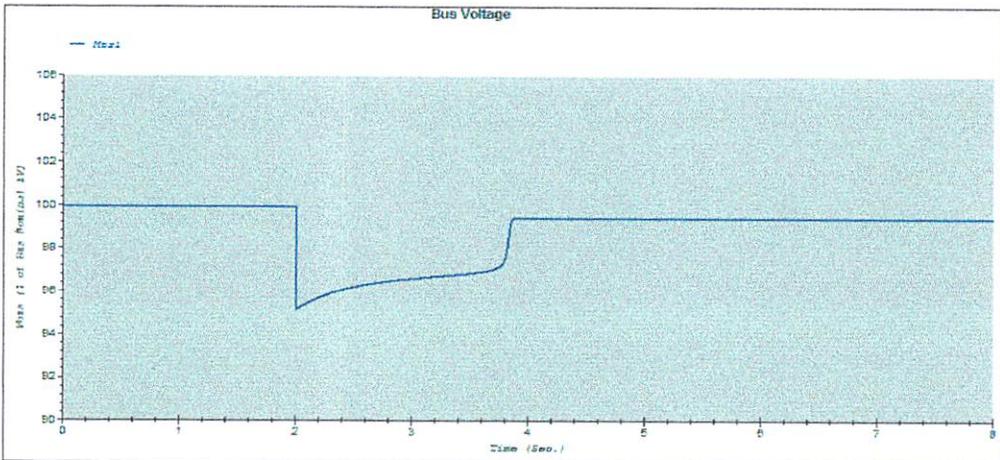
## TAP 100%



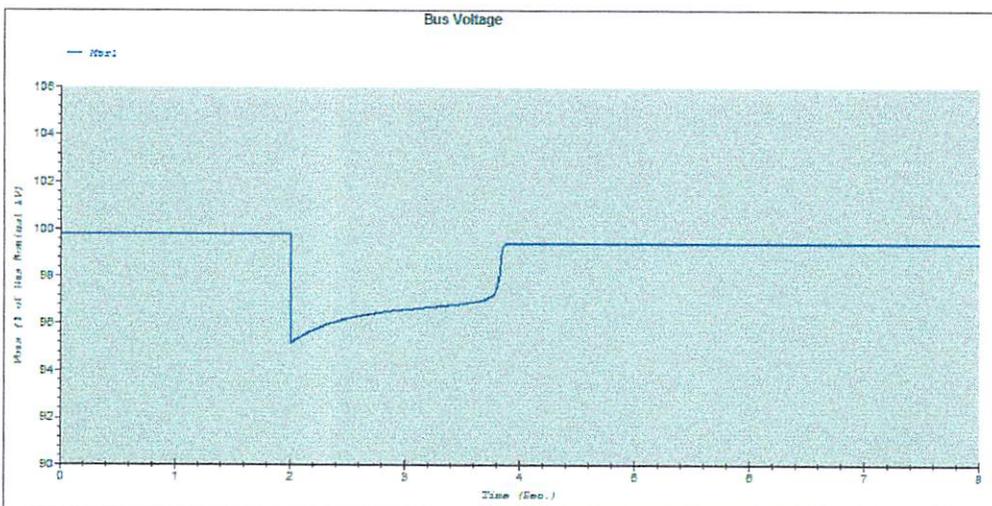
## TAP 0%



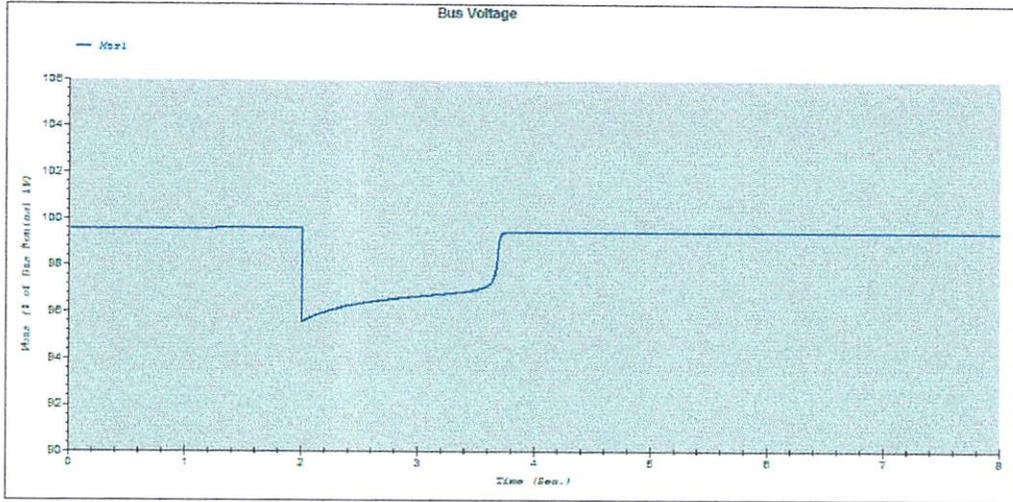
## TAP 10%



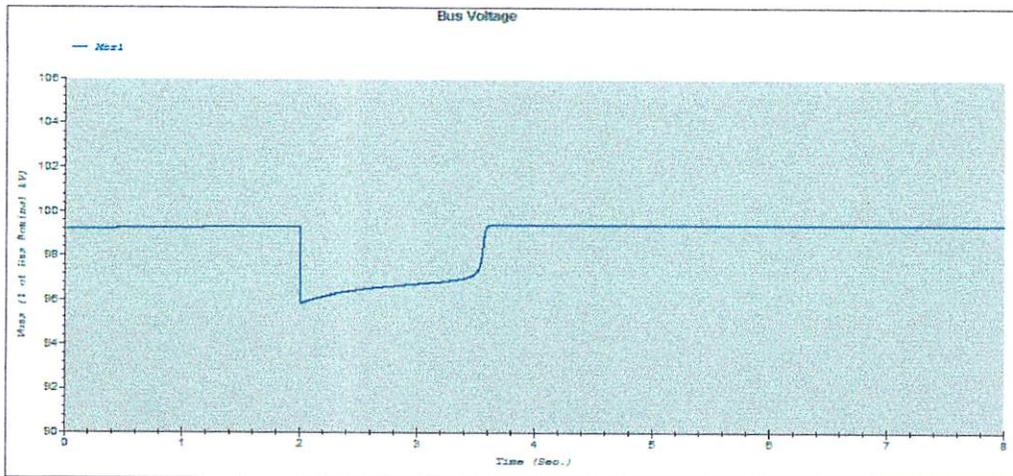
## TAP 20 %



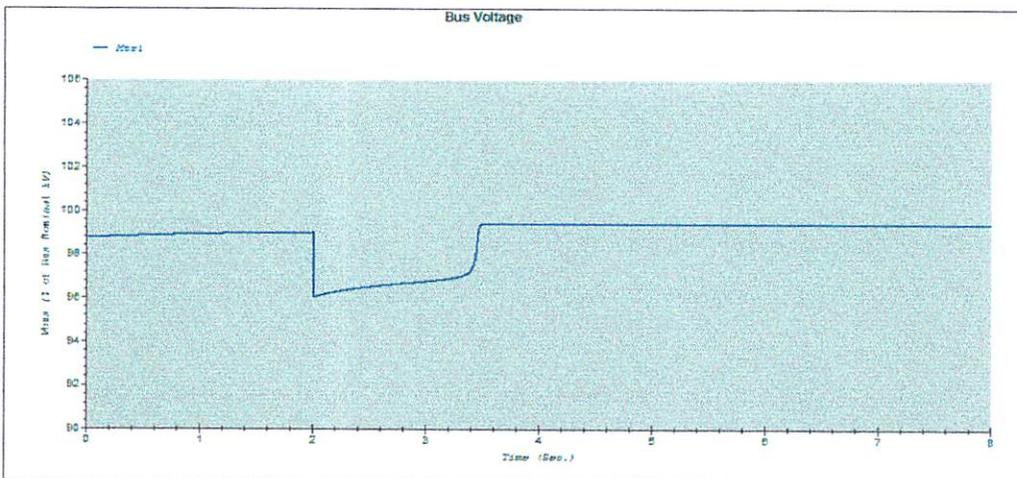
### TAP 30%



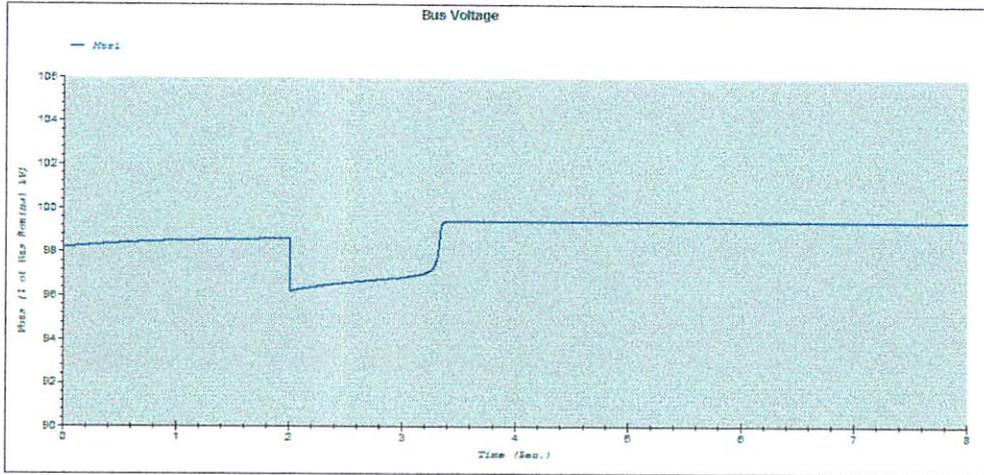
### TAP 40%



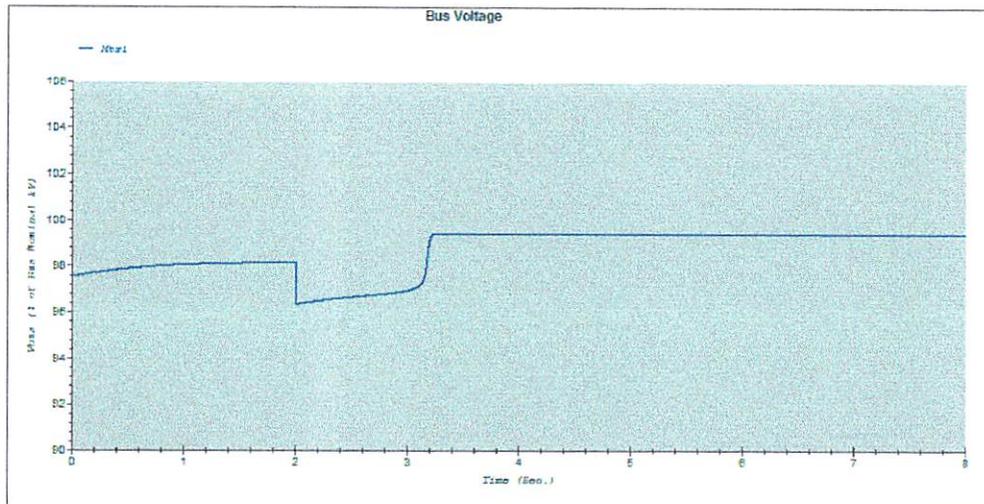
### TAP 50%



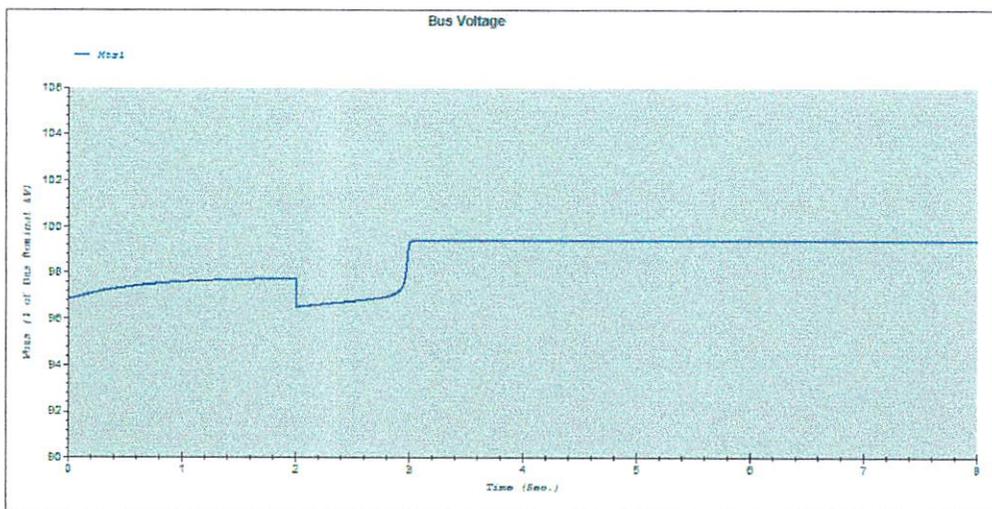
### TAP 60%



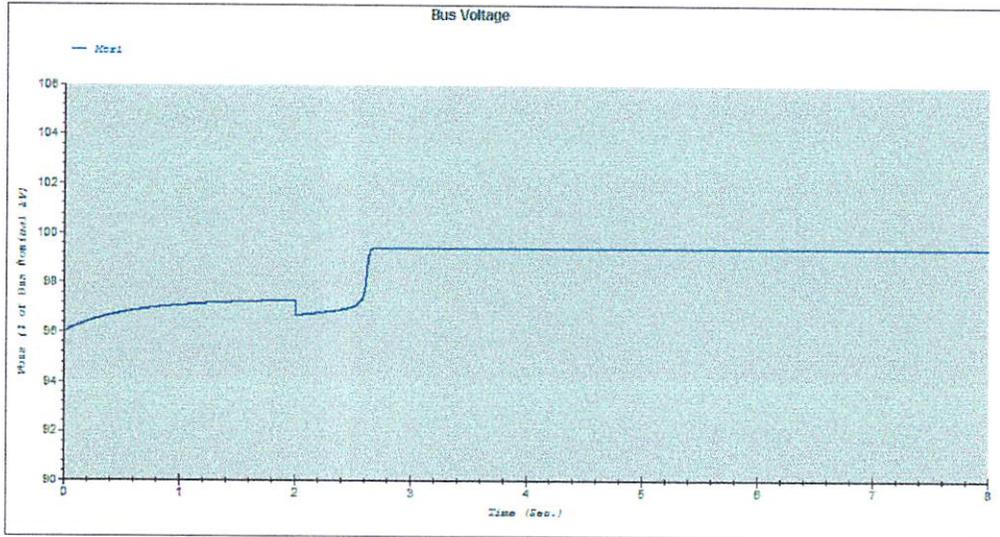
### TAP 70%



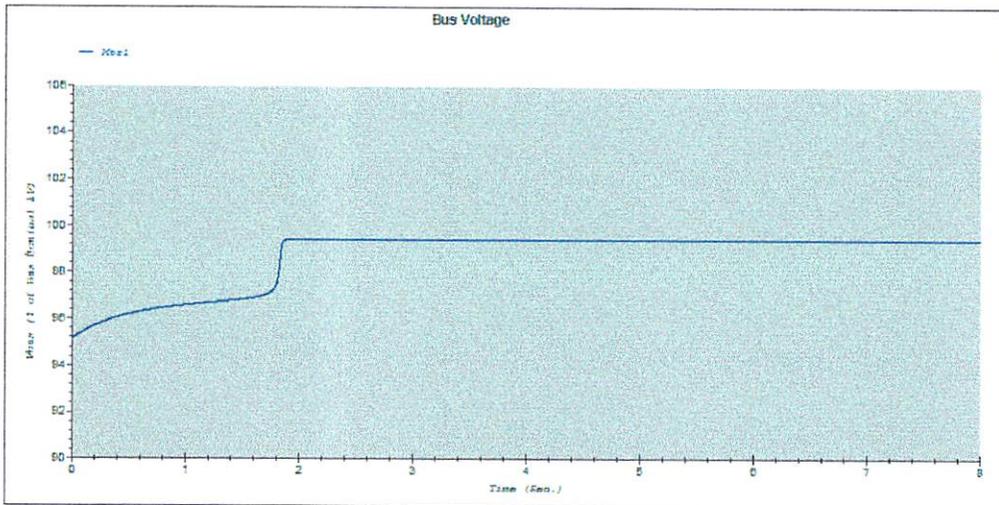
### TAP 80%



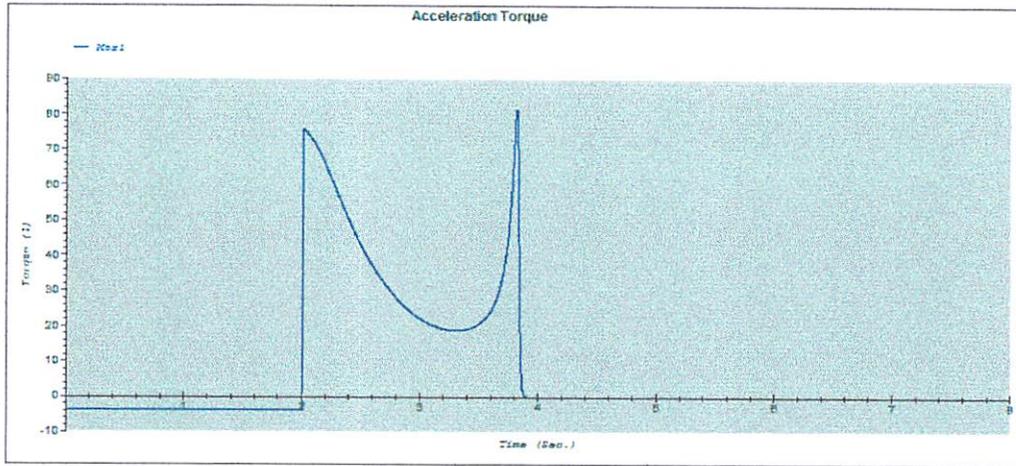
## TAP 90%



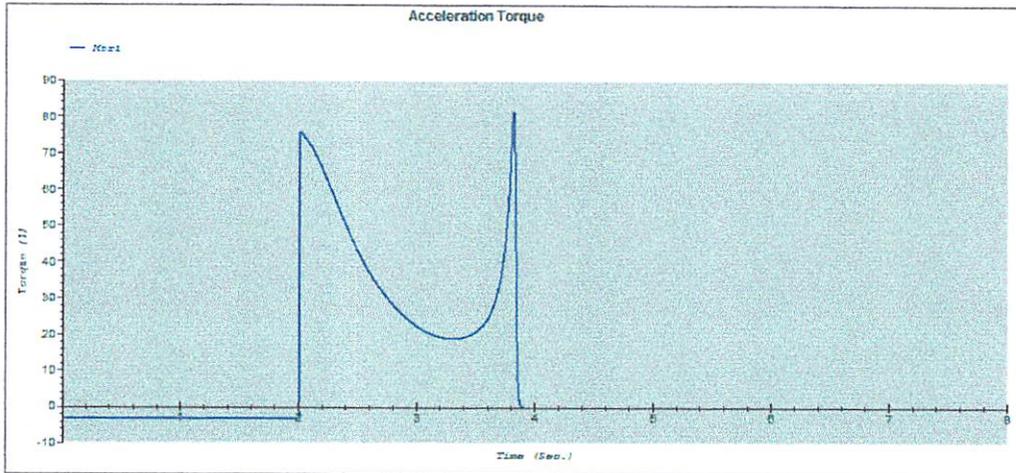
## TAP 100%



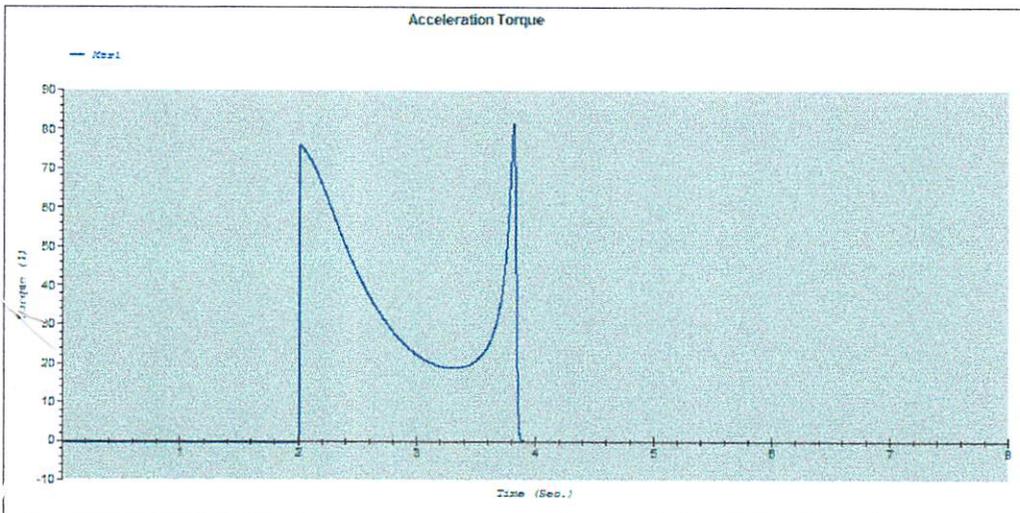
### TAP 0%



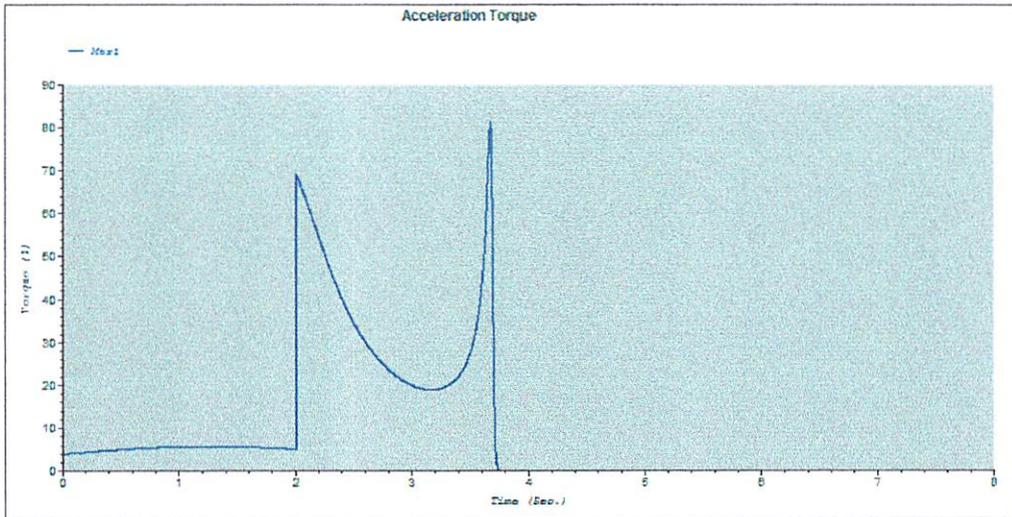
### TAP 10%



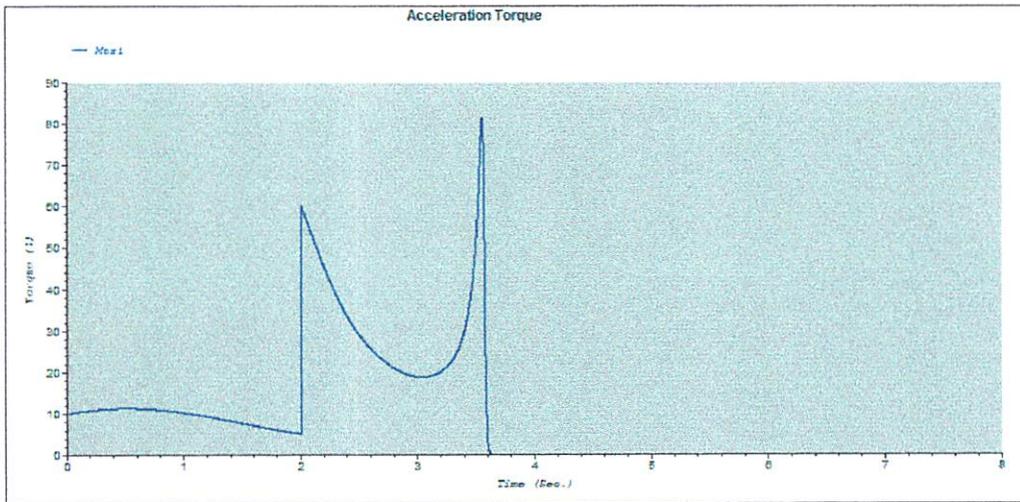
### TAP 20%



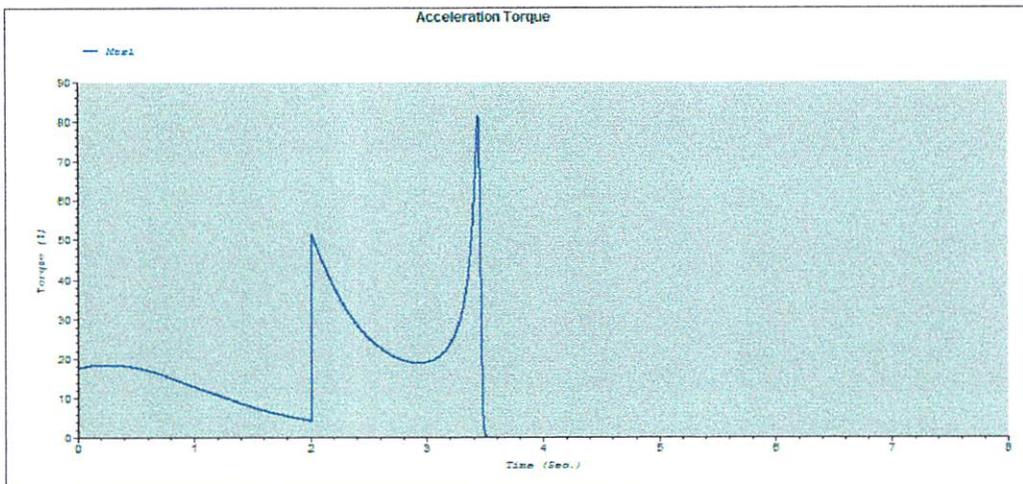
### TAP 30%



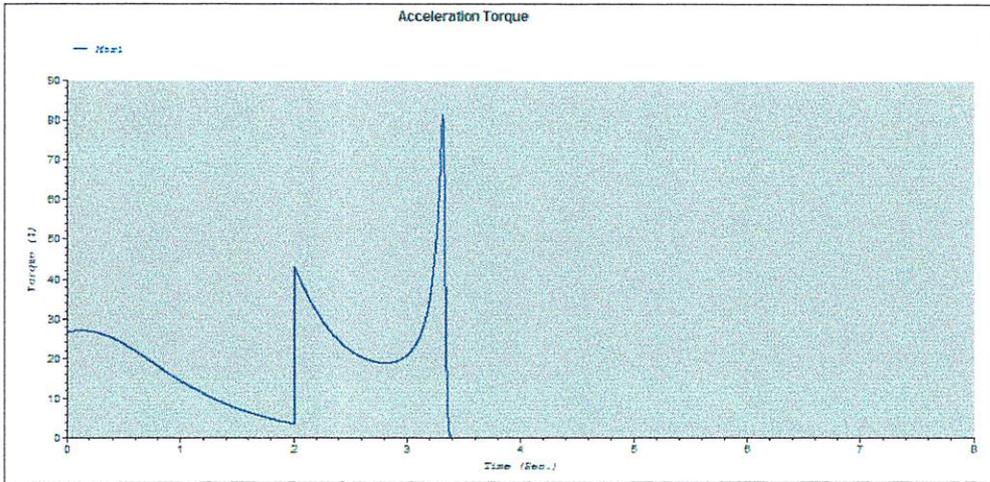
### TAP 40%



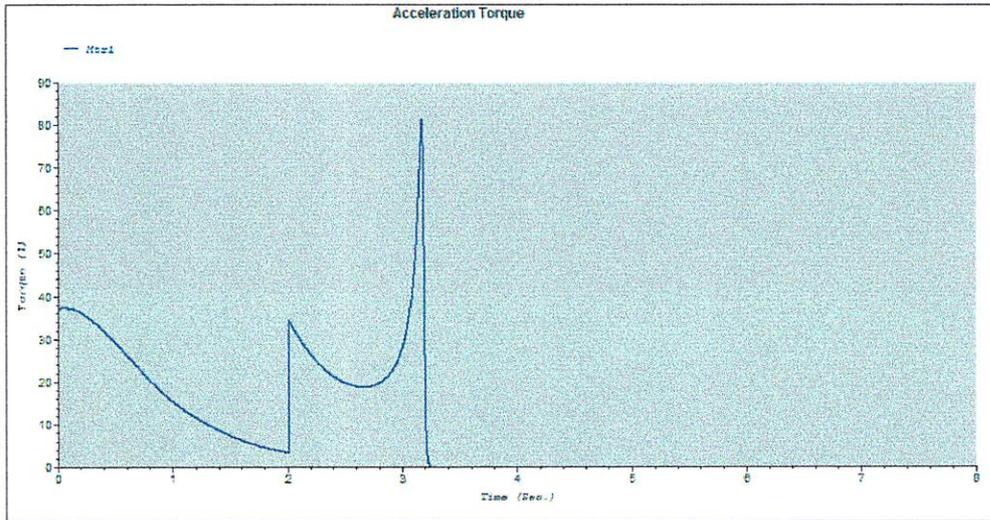
### TAP 50%



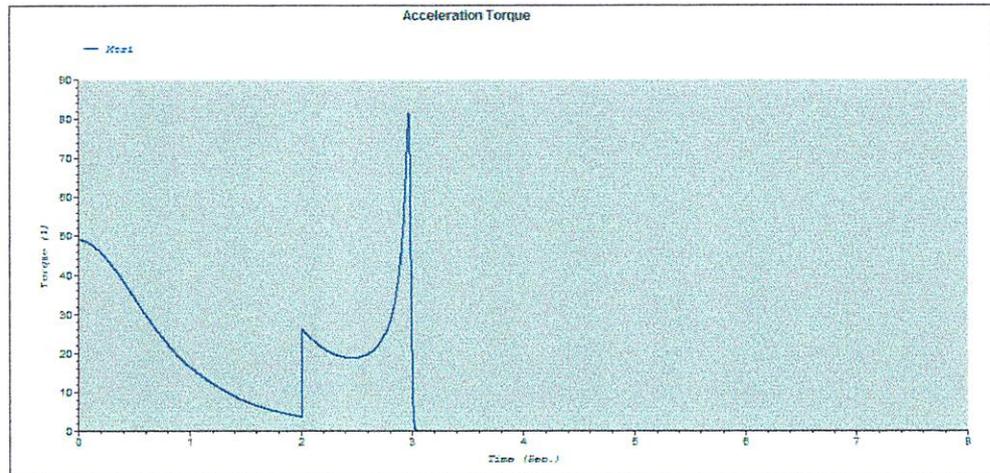
### TAP 60%



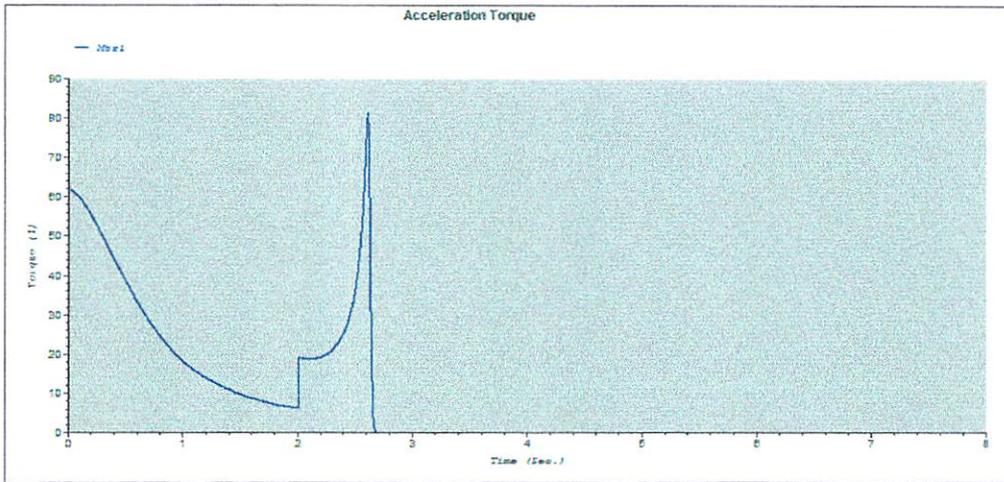
### TAP 70%



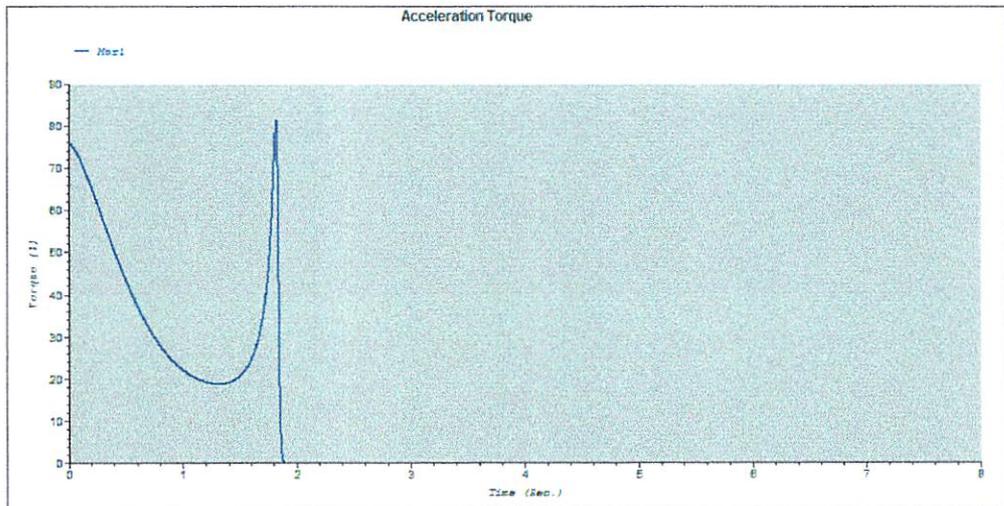
### TAP 80%



### TAP 90%



### TAP 100%



**DATA HASIL SIMULASI AUTO TRAFU UNTUK TAP 0-100 %**

<b>Hasil Simulasi</b>	<b>TAP</b>	<b>% dari FLA</b>	<b>Ampere</b>
Arus Starting	0%	0	0
Arus Starting	10%	6,39	8,0514
Arus Starting	20%	25,53	32,1678
Arus Starting	30%	57,3	72,198
Arus Starting	40%	101,5	127,89
Arus Starting	50%	157,9	198,954
Arus Starting	60%	226,2	285,012
Arus Starting	70%	305,8	385,308
Arus Starting	80%	395,6	498,456
Arus Starting	90%	497,7	627,102
Arus Starting	100%	608,8	767,088

<b>Hasil Simulasi</b>	<b>TAP</b>	<b>% dari V bus</b>	<b>Volt</b>
Tegangan Bus	0%	0	0
Tegangan Bus	10%	9,9	37,62
Tegangan Bus	20%	19,9	75,62
Tegangan Bus	30%	29,86	113,468
Tegangan Bus	40%	39,6	150,48
Tegangan Bus	50%	49,3	187,34
Tegangan Bus	60%	58,9	223,82
Tegangan Bus	70%	68,3	259,54
Tegangan Bus	80%	77,4	294,12
Tegangan Bus	90%	86,4	328,32
Tegangan Bus	100%	95,16	361,608

<b>Hasil Simulasi</b>	<b>TAP</b>	<b>% dari Tsc</b>	<b>N-m</b>
Torsi Starting	0%	-3,91	-17,5739
Torsi Starting	10%	-3,03	-13,6186
Torsi Starting	20%	-0,4	-1,79784
Torsi Starting	30%	3,94	17,70872
Torsi Starting	40%	9,95	44,72127
Torsi Starting	50%	17,56	78,92518
Torsi Starting	60%	26,6	119,5564
Torsi Starting	70%	37,17	167,0643
Torsi Starting	80%	48,9	219,7859
Torsi Starting	90%	61,9	278,2157
Torsi Starting	100%	75,85	340,9154

Project: Pengasutan  
Station: LAB SSTE  
Contract: FAJAR ANDIS  
Engineer: fajar

ETAP PowerStation  
4.0.0C

Page: 1  
Date: 03-25-2009  
SN: KLGCONSULT  
Revision: Base  
Config.: Normal

Study Case: MS

MOTOR ACCELERATION

Motor ID : Mtr1

Time (Sec)	Slip (%)	Current (% of FLA)	Terminal V (%)	Bus V (%)	Acc Torq. (%)	Time (Sec)	Slip (%)	Current (% of FLA)	Terminal V (%)	Bus V (%)	Acc Torq. (%)
0.000	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91	0.001	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91
0.002	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91	0.003	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91
0.004	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91	0.005	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91
0.006	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91	0.007	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91
0.008	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91	0.009	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91
0.010	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91	0.011	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91
0.012	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91	0.013	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91
0.014	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91	0.015	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91
0.016	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91	0.017	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91
0.018	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91	0.019	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91
0.020	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91	0.021	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91
0.022	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91	0.023	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91
0.024	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91	0.025	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91
0.026	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91	0.027	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91
0.028	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91	0.029	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91
0.030	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91	0.031	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91
0.032	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91	0.033	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91
0.034	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91	0.035	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91
0.036	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91	0.037	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91
0.038	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91	0.039	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91
0.040	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91	0.041	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91
0.042	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91	0.043	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91
0.044	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91	0.045	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91
0.046	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91	0.047	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91
0.048	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91	0.049	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91
0.050	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91	0.051	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91
0.052	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91	0.053	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91
0.054	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91	0.055	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91
0.056	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91	0.057	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91
0.058	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91	0.059	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91
0.060	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91	0.061	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91
0.062	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91	0.063	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91
0.064	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91	0.065	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91
0.066	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91	0.067	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91
0.068	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91	0.069	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91
0.070	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91	0.071	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91
0.072	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91	0.073	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91
0.074	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91	0.075	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91

Subject: Pengasutan  
 Location: LAB SSTE  
 Contract: FAJAR ANDIS  
 Name: fajar

ETAP PowerStation  
 4.0.0C

Page: 1  
 Date: 03-25-2009  
 SN: KLGCONSULT  
 Revision: Base  
 Config.: Normal

Study Case: MS

MOTOR ACCELERATION

Motor ID : Mtr1

Time (Sec)	Slip (%)	Current (% of FLA)	Terminal V (%)	Bus V (%)	Acc Torq. (%)	Time (Sec)	Slip (%)	Current (% of FLA)	Terminal V (%)	Bus V (%)	Acc Torq. (%)
0.000	99.97	157.93	49.37	98.74	17.56	0.001	99.95	157.91	49.37	98.74	17.56
0.002	99.92	157.88	49.37	98.75	17.57	0.003	99.90	157.86	49.37	98.75	17.58
0.004	99.87	157.83	49.37	98.75	17.59	0.005	99.85	157.81	49.37	98.75	17.59
0.006	99.82	157.78	49.37	98.75	17.60	0.007	99.80	157.76	49.37	98.75	17.61
0.008	99.77	157.73	49.37	98.75	17.61	0.009	99.75	157.71	49.37	98.75	17.62
0.010	99.72	157.68	49.37	98.75	17.63	0.011	99.70	157.66	49.37	98.75	17.63
0.012	99.67	157.63	49.37	98.75	17.64	0.013	99.65	157.61	49.37	98.75	17.65
0.014	99.62	157.58	49.37	98.75	17.65	0.015	99.59	157.56	49.37	98.75	17.66
0.016	99.57	157.53	49.37	98.75	17.66	0.017	99.54	157.51	49.37	98.75	17.67
0.018	99.52	157.48	49.37	98.75	17.68	0.019	99.49	157.46	49.37	98.75	17.68
0.020	99.47	157.43	49.37	98.75	17.69	0.021	99.44	157.41	49.37	98.75	17.70
0.022	99.42	157.38	49.37	98.75	17.70	0.023	99.39	157.36	49.37	98.75	17.71
0.024	99.37	157.33	49.37	98.75	17.72	0.025	99.34	157.31	49.37	98.75	17.72
0.026	99.31	157.28	49.38	98.75	17.73	0.027	99.29	157.26	49.38	98.75	17.73
0.028	99.26	157.23	49.38	98.75	17.74	0.029	99.24	157.21	49.38	98.75	17.75
0.030	99.21	157.18	49.38	98.75	17.75	0.031	99.19	157.16	49.38	98.75	17.76
0.032	99.16	157.13	49.38	98.75	17.77	0.033	99.14	157.11	49.38	98.75	17.77
0.034	99.11	157.08	49.38	98.75	17.78	0.035	99.08	157.06	49.38	98.75	17.78
0.036	99.06	157.03	49.38	98.75	17.79	0.037	99.03	157.01	49.38	98.75	17.80
0.038	99.01	156.98	49.38	98.75	17.80	0.039	98.98	156.96	49.38	98.75	17.81
0.040	98.96	156.93	49.38	98.75	17.81	0.041	98.93	156.91	49.38	98.75	17.82
0.042	98.91	156.88	49.38	98.75	17.82	0.043	98.88	156.86	49.38	98.75	17.83
0.044	98.85	156.83	49.38	98.75	17.84	0.045	98.83	156.81	49.38	98.75	17.84
0.046	98.80	156.78	49.38	98.75	17.85	0.047	98.78	156.76	49.38	98.75	17.85
0.048	98.75	156.73	49.38	98.75	17.86	0.049	98.73	156.71	49.38	98.75	17.86
0.050	98.70	156.68	49.38	98.75	17.87	0.051	98.67	156.66	49.38	98.76	17.88
0.052	98.65	156.63	49.38	98.76	17.88	0.053	98.62	156.61	49.38	98.76	17.89
0.054	98.60	156.58	49.38	98.76	17.89	0.055	98.57	156.56	49.38	98.76	17.90
0.056	98.55	156.53	49.38	98.76	17.90	0.057	98.52	156.51	49.38	98.76	17.91
0.058	98.49	156.48	49.38	98.76	17.91	0.059	98.47	156.46	49.38	98.76	17.92
0.060	98.44	156.43	49.38	98.76	17.93	0.061	98.42	156.41	49.38	98.76	17.93
0.062	98.39	156.38	49.38	98.76	17.94	0.063	98.36	156.36	49.38	98.76	17.94
0.064	98.34	156.33	49.38	98.76	17.95	0.065	98.31	156.31	49.38	98.76	17.95
0.066	98.29	156.28	49.38	98.76	17.96	0.067	98.26	156.26	49.38	98.76	17.96
0.068	98.24	156.23	49.38	98.76	17.97	0.069	98.21	156.21	49.38	98.76	17.97
0.070	98.18	156.18	49.38	98.76	17.98	0.071	98.16	156.16	49.38	98.76	17.98
0.072	98.13	156.13	49.38	98.76	17.99	0.073	98.11	156.11	49.38	98.76	17.99
0.074	98.08	156.08	49.38	98.76	18.00	0.075	98.05	156.06	49.38	98.76	18.00

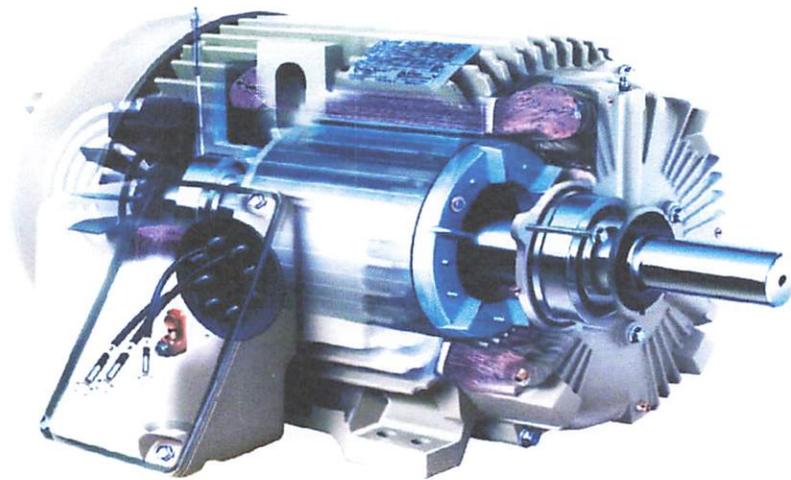
MOTOR ACCELERATION

Motor ID : Mtr1

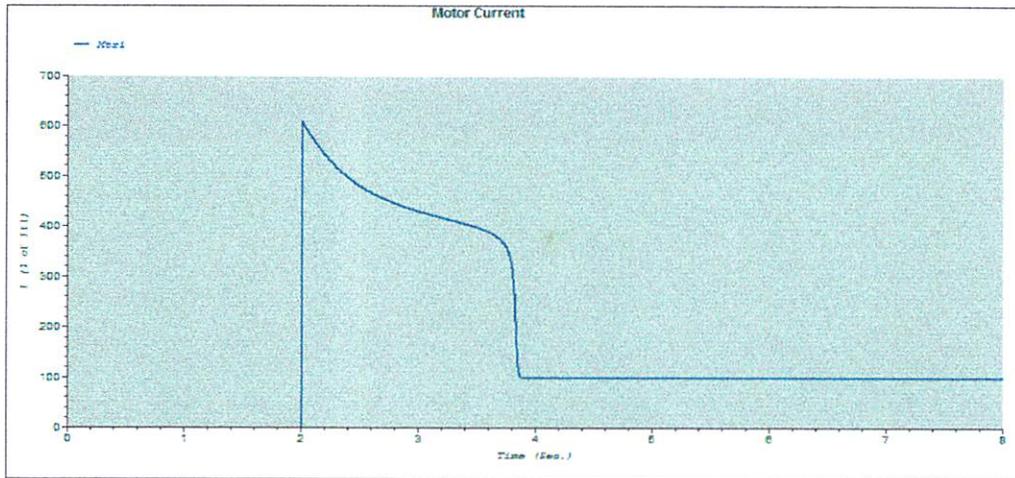
Time (Sec.)	Slip (%)	Current (% of FLA)	Terminal V (%)	Bus V (%)	Acc Torq. (%)	Time (Sec.)	Slip (%)	Current (% of FLA)	Terminal V (%)	Bus V (%)	Acc Torq. (%)
0.000	99.89	608.80	95.16	95.16	75.85	0.001	99.78	608.40	95.16	95.16	75.83
0.002	99.67	608.00	95.17	95.17	75.81	0.003	99.56	607.60	95.17	95.17	75.78
0.004	99.45	607.20	95.17	95.17	75.75	0.005	99.35	606.81	95.18	95.18	75.73
0.006	99.24	606.41	95.18	95.18	75.70	0.007	99.13	606.01	95.18	95.18	75.67
0.008	99.02	605.62	95.19	95.19	75.65	0.009	98.91	605.22	95.19	95.19	75.62
0.010	98.80	604.83	95.19	95.19	75.59	0.011	98.69	604.43	95.20	95.20	75.56
0.012	98.58	604.04	95.20	95.20	75.53	0.013	98.48	603.65	95.20	95.20	75.51
0.014	98.37	603.25	95.21	95.21	75.48	0.015	98.26	602.86	95.21	95.21	75.45
0.016	98.15	602.47	95.21	95.21	75.42	0.017	98.04	602.08	95.22	95.22	75.39
0.018	97.93	601.69	95.22	95.22	75.35	0.019	97.82	601.30	95.22	95.22	75.32
0.020	97.72	600.91	95.22	95.22	75.29	0.021	97.61	600.53	95.23	95.23	75.26
0.022	97.50	600.14	95.23	95.23	75.23	0.023	97.39	599.75	95.23	95.23	75.19
0.024	97.28	599.37	95.24	95.24	75.16	0.025	97.17	598.98	95.24	95.24	75.13
0.026	97.07	598.60	95.24	95.24	75.09	0.027	96.96	598.21	95.25	95.25	75.06
0.028	96.85	597.83	95.25	95.25	75.03	0.029	96.74	597.45	95.25	95.25	74.99
0.030	96.64	597.07	95.26	95.26	74.96	0.031	96.53	596.68	95.26	95.26	74.92
0.032	96.42	596.30	95.26	95.26	74.89	0.033	96.31	595.92	95.27	95.27	74.85
0.034	96.20	595.54	95.27	95.27	74.81	0.035	96.10	595.17	95.27	95.27	74.78
0.036	95.99	594.79	95.27	95.27	74.74	0.037	95.88	594.41	95.28	95.28	74.70
0.038	95.77	594.03	95.28	95.28	74.66	0.039	95.67	593.66	95.28	95.28	74.63
0.040	95.56	593.28	95.29	95.29	74.59	0.041	95.45	592.91	95.29	95.29	74.55
0.042	95.34	592.53	95.29	95.29	74.51	0.043	95.24	592.16	95.30	95.30	74.47
0.044	95.13	591.79	95.30	95.30	74.43	0.045	95.02	591.41	95.30	95.30	74.39
0.046	94.92	591.04	95.30	95.30	74.35	0.047	94.81	590.67	95.31	95.31	74.31
0.048	94.70	590.30	95.31	95.31	74.27	0.049	94.60	589.93	95.31	95.31	74.23
0.050	94.49	589.56	95.32	95.32	74.19	0.051	94.38	589.19	95.32	95.32	74.14
0.052	94.28	588.83	95.32	95.32	74.10	0.053	94.17	588.46	95.33	95.33	74.06
0.054	94.06	588.09	95.33	95.33	74.02	0.055	93.96	587.73	95.33	95.33	73.97
0.056	93.85	587.36	95.33	95.33	73.93	0.057	93.74	587.00	95.34	95.34	73.89
0.058	93.64	586.63	95.34	95.34	73.84	0.059	93.53	586.27	95.34	95.34	73.80
0.060	93.43	585.91	95.35	95.35	73.75	0.061	93.32	585.55	95.35	95.35	73.71
0.062	93.21	585.18	95.35	95.35	73.66	0.063	93.11	584.82	95.35	95.35	73.62
0.064	93.00	584.46	95.36	95.36	73.57	0.065	92.90	584.10	95.36	95.36	73.53
0.066	92.79	583.75	95.36	95.36	73.48	0.067	92.68	583.39	95.37	95.37	73.43
0.068	92.58	583.03	95.37	95.37	73.38	0.069	92.47	582.67	95.37	95.37	73.34
0.070	92.37	582.32	95.38	95.38	73.29	0.071	92.26	581.96	95.38	95.38	73.24
0.072	92.16	581.61	95.38	95.38	73.19	0.073	92.05	581.25	95.38	95.38	73.15
0.074	91.95	580.90	95.39	95.39	73.10	0.075	91.84	580.55	95.39	95.39	73.05

# Pengasutan Resistor

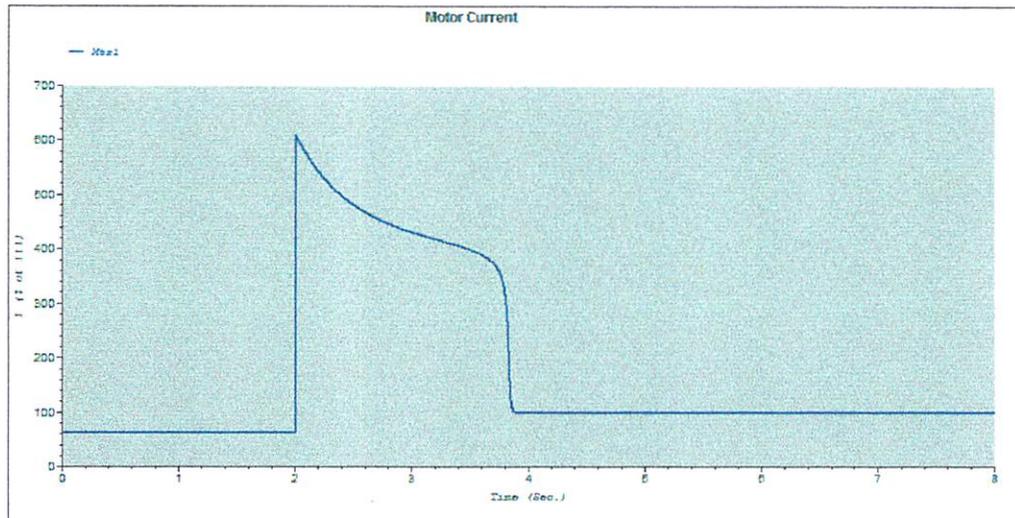
- *One Line Diagram Etap Powerstation*
- *Kurva Arus Starting*
- *Kurva Tegangan Terminal motor*
- *Kurva Torsi motor*
- *Text Report simulasi Resistor*



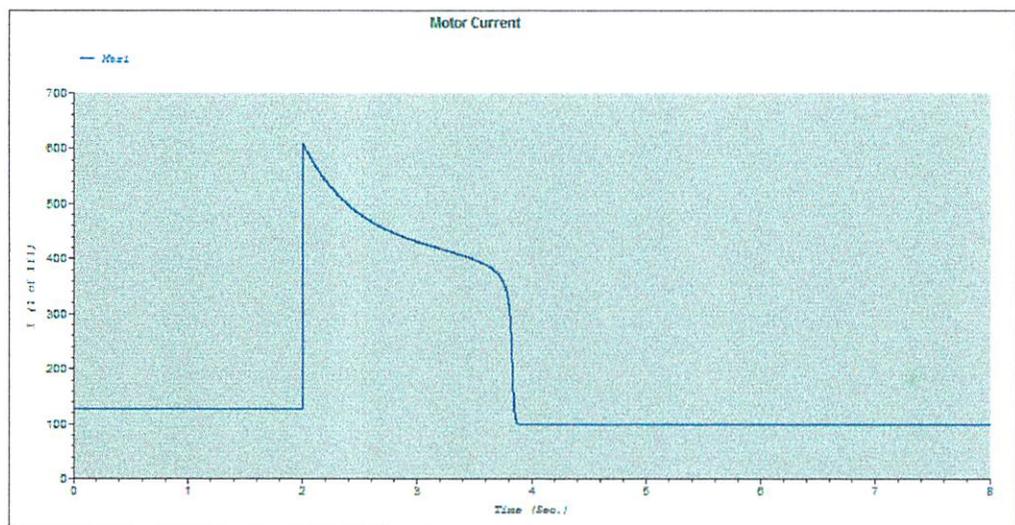
### TAP 100%



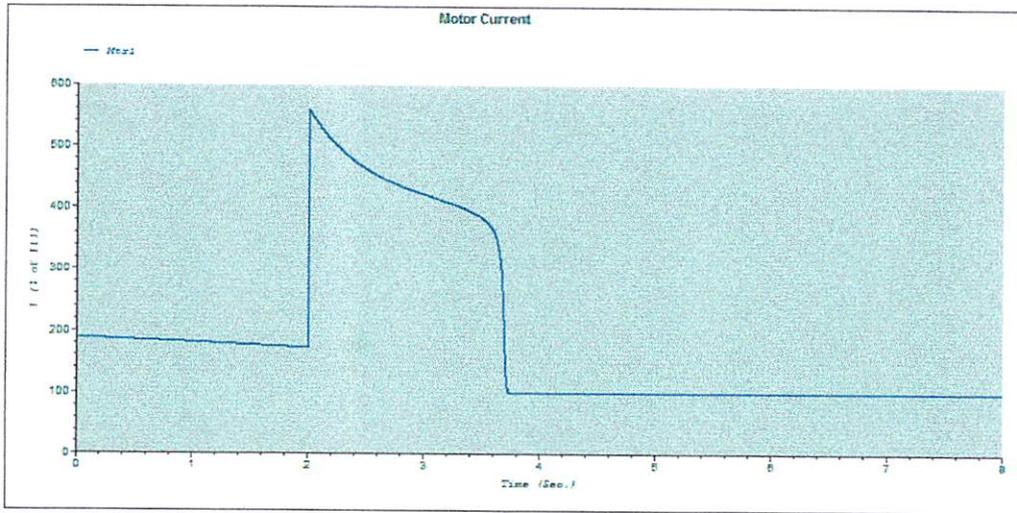
### TAP 90%



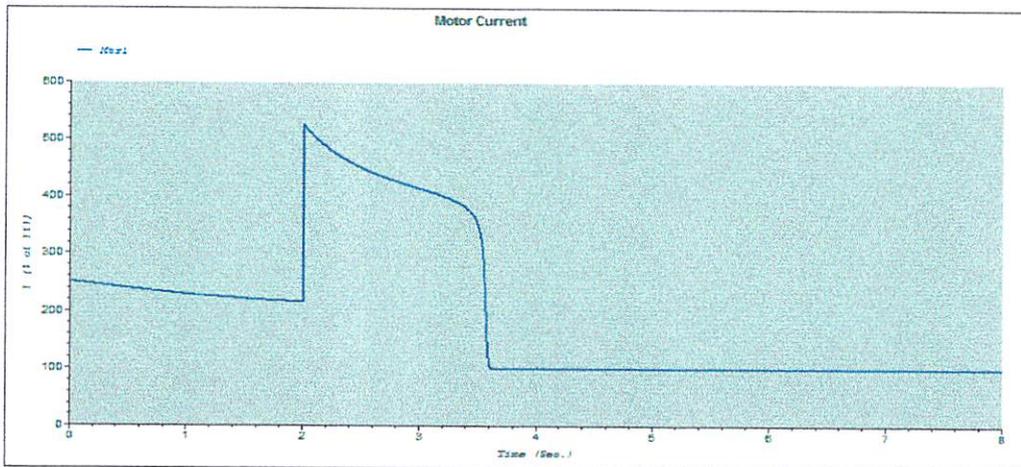
### TAP 80%



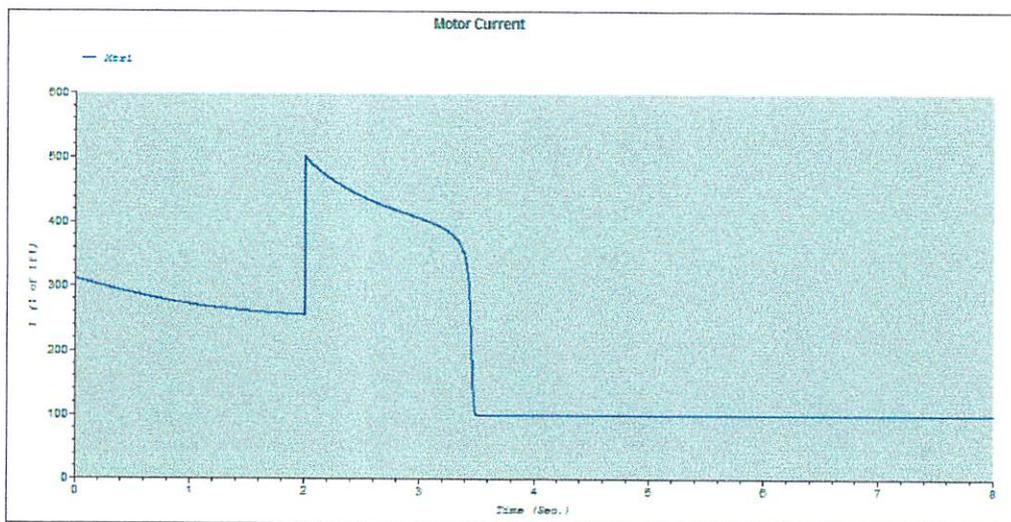
### TAP 70%



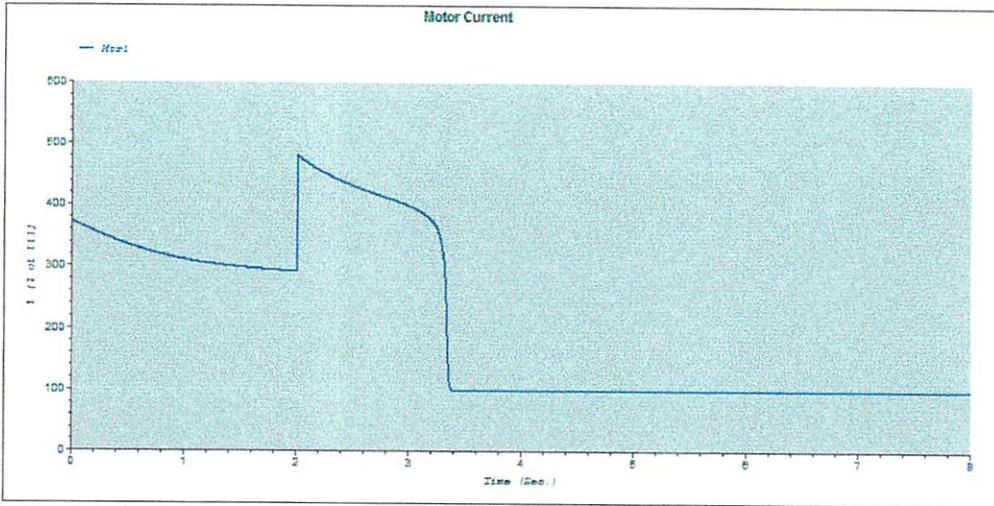
### TAP60%



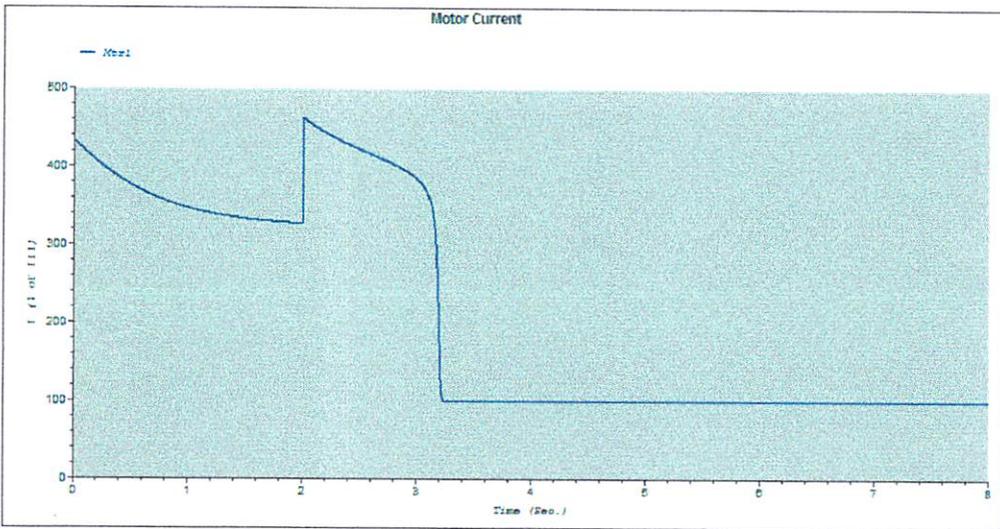
### TAP 50%



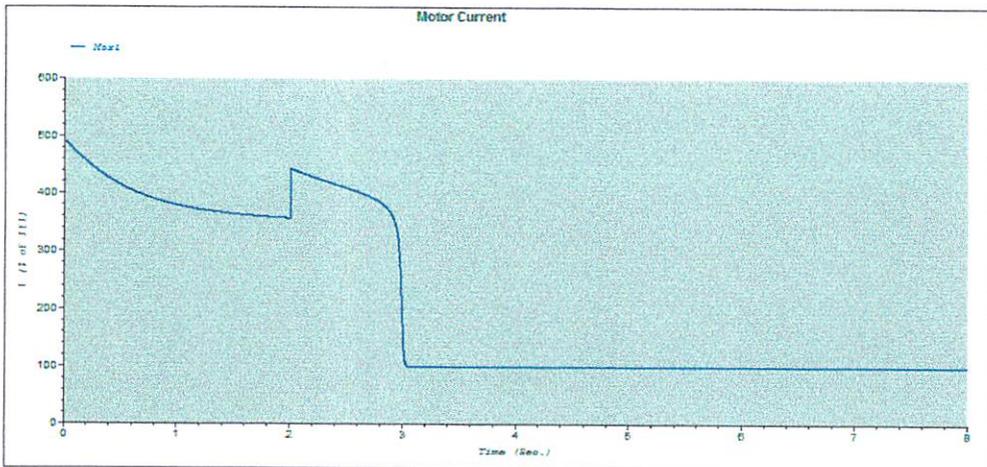
### TAP 40%



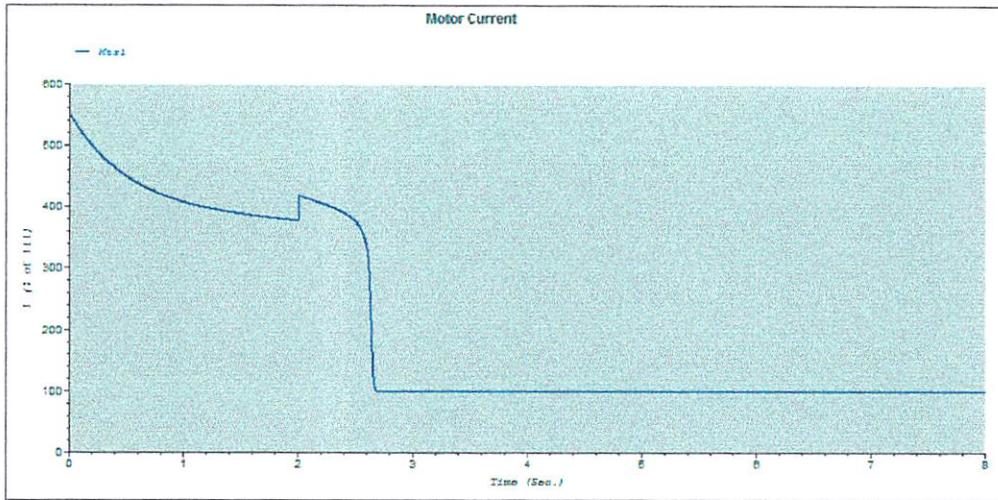
### TAP 30%



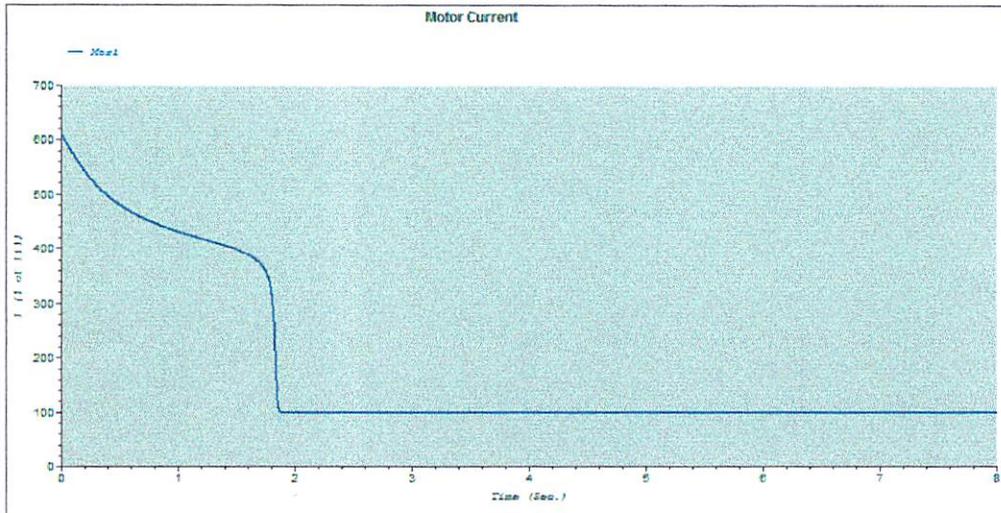
### TAP 20%



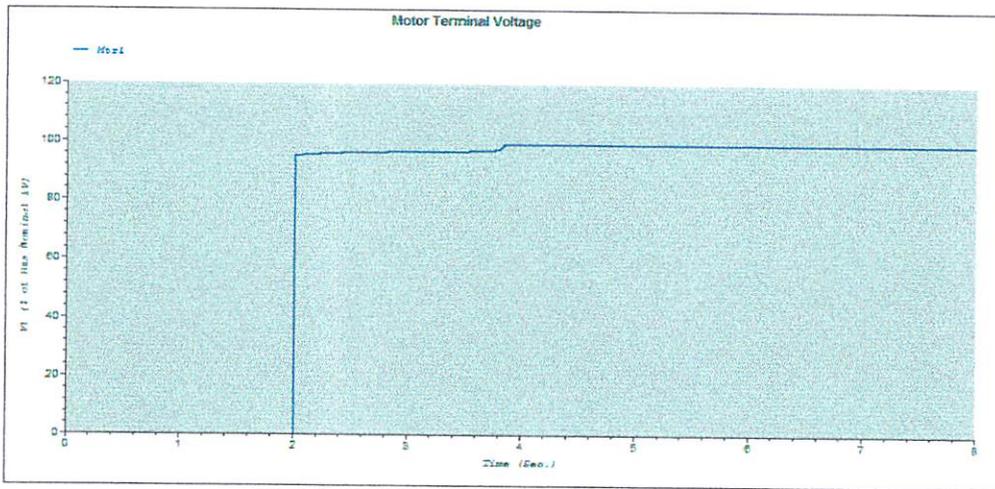
### TAP 10%



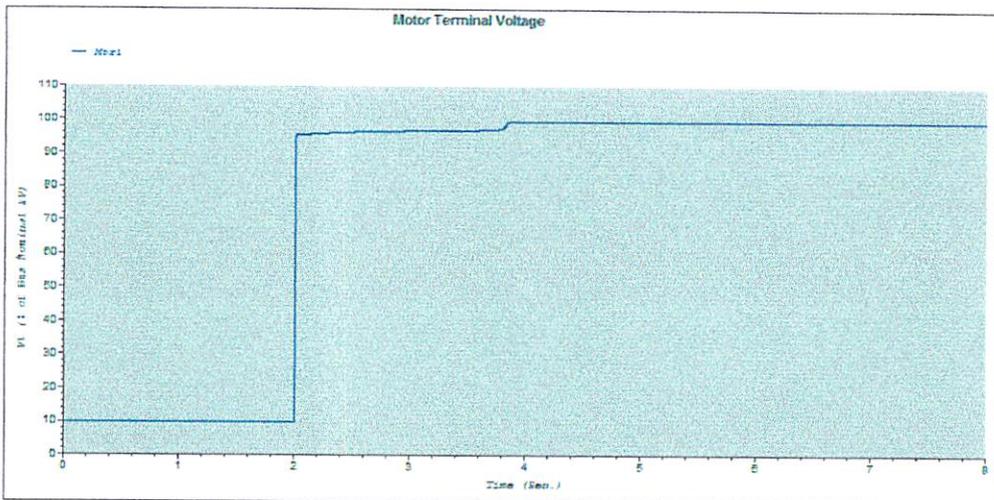
### TAP 0%



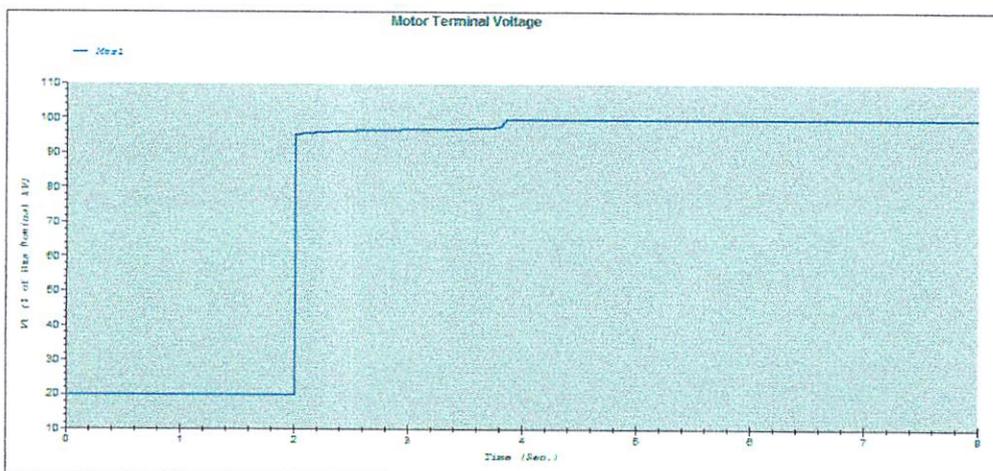
### TAP 100%



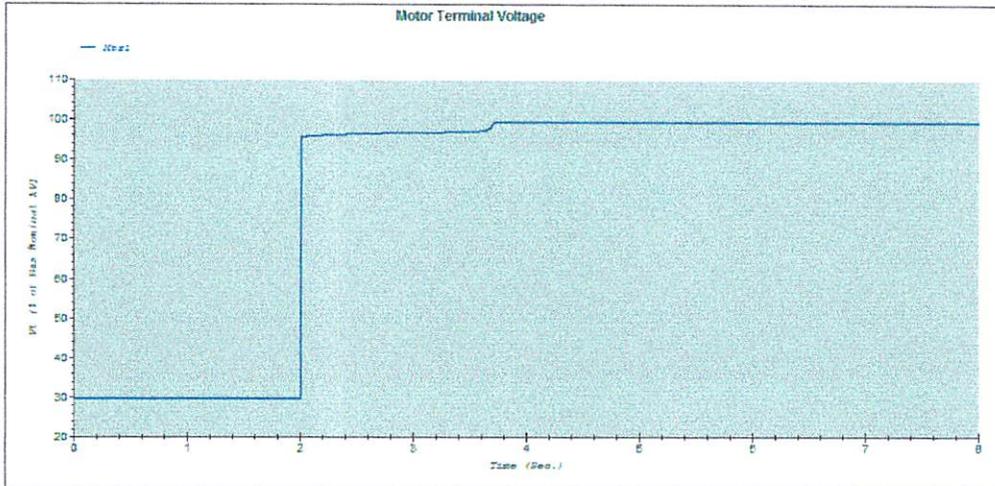
### TAP 90%



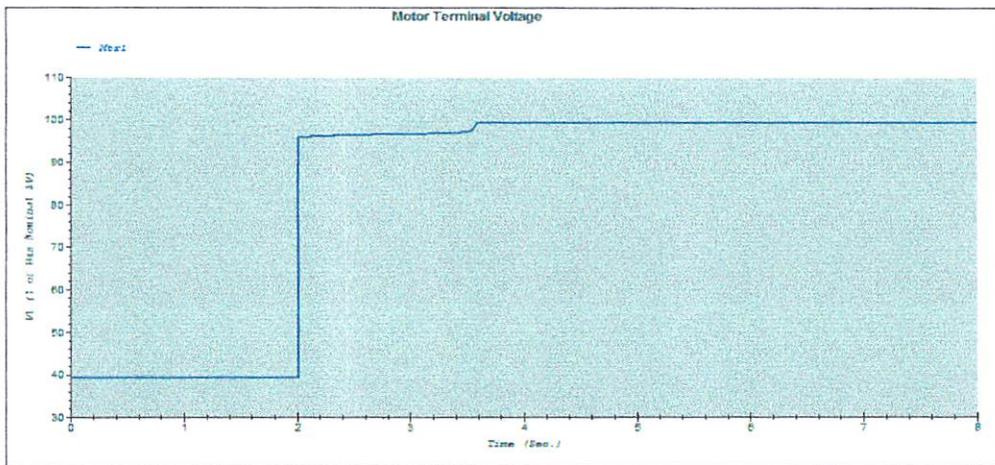
### TAP 80%



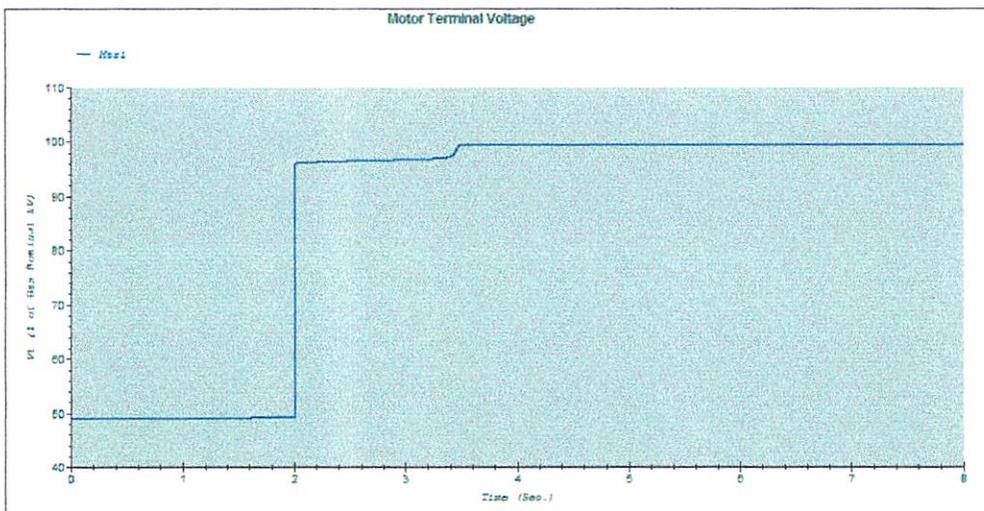
## TAP 70%



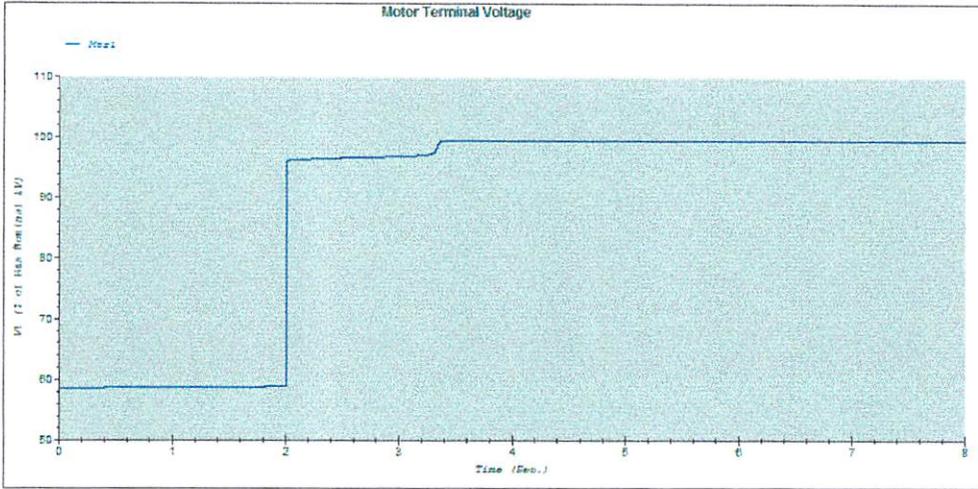
## TAP 60%



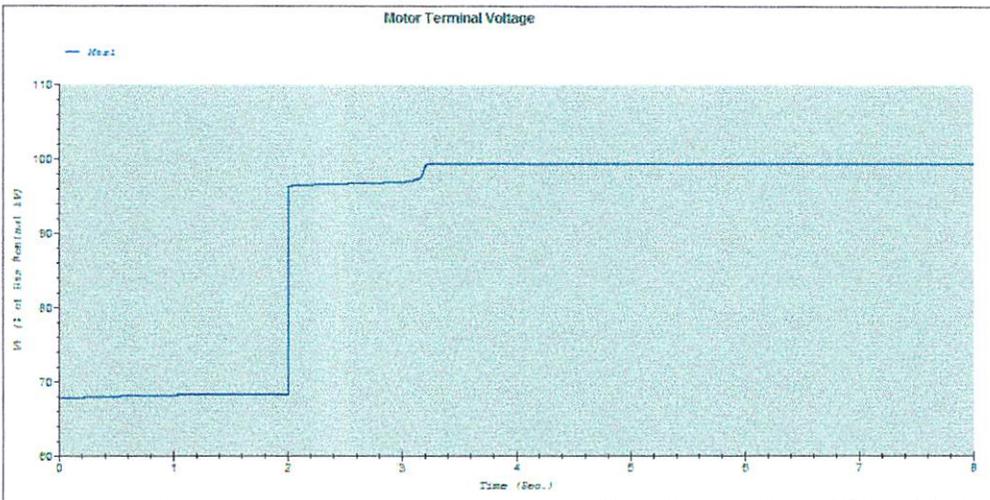
## TAP 50%



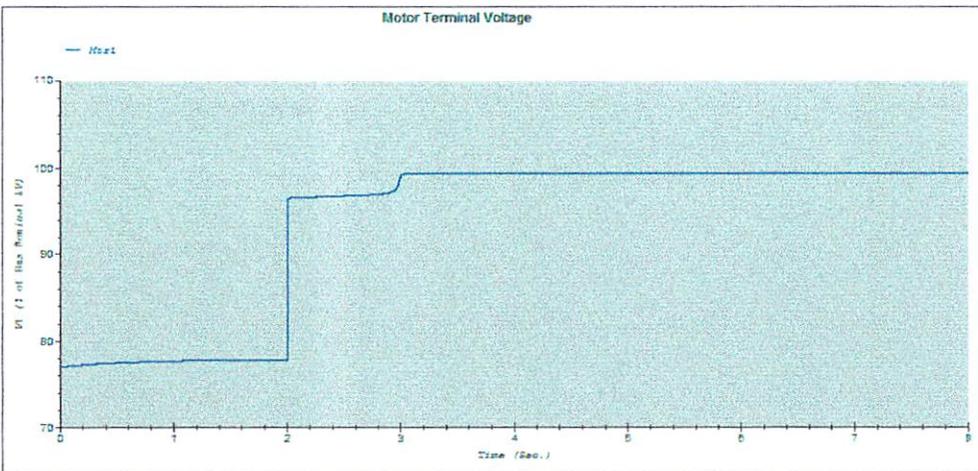
## TAP 40%



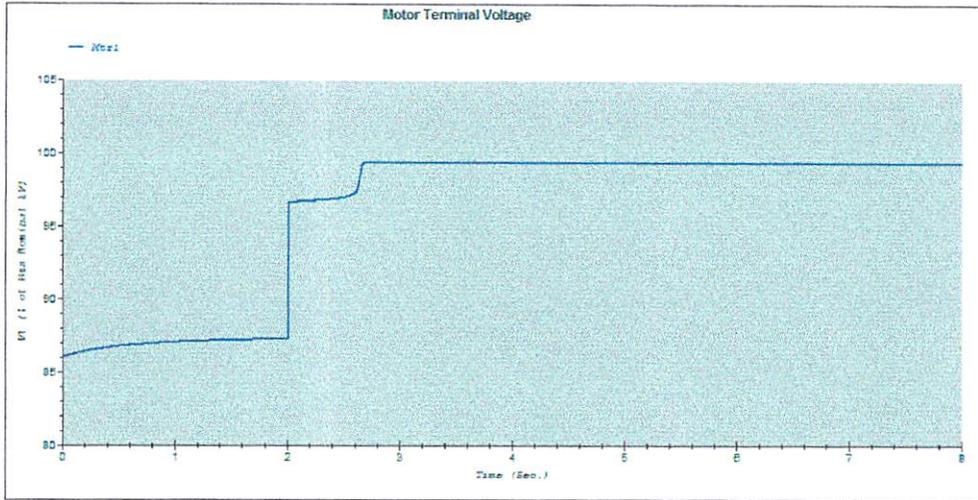
## TAP 30%



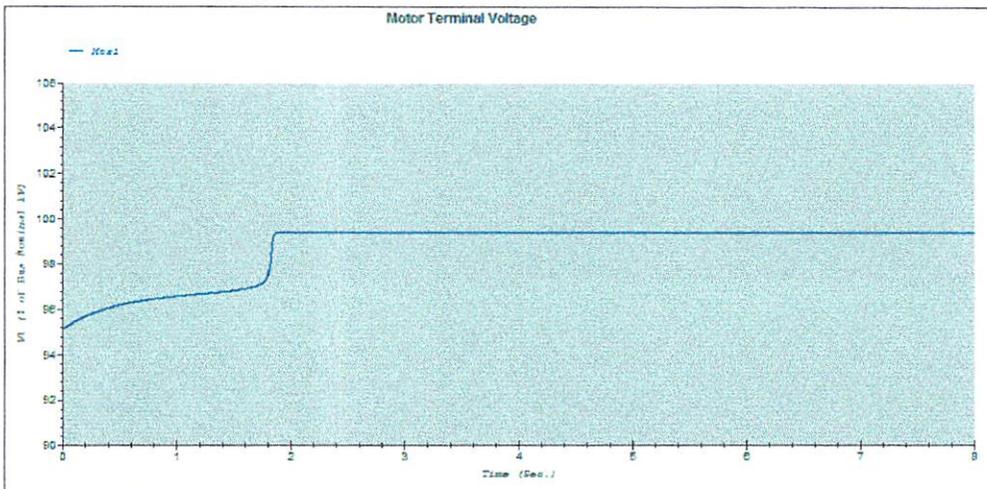
## TAP 20%



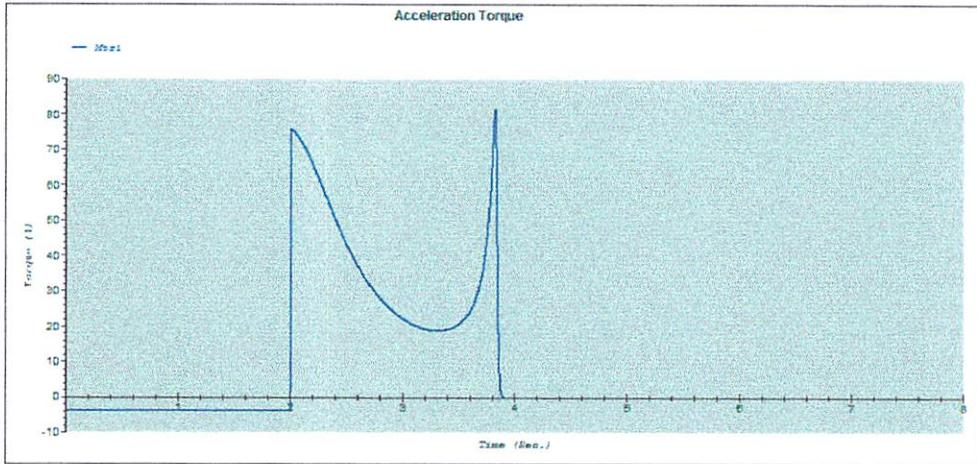
## TAP 10%



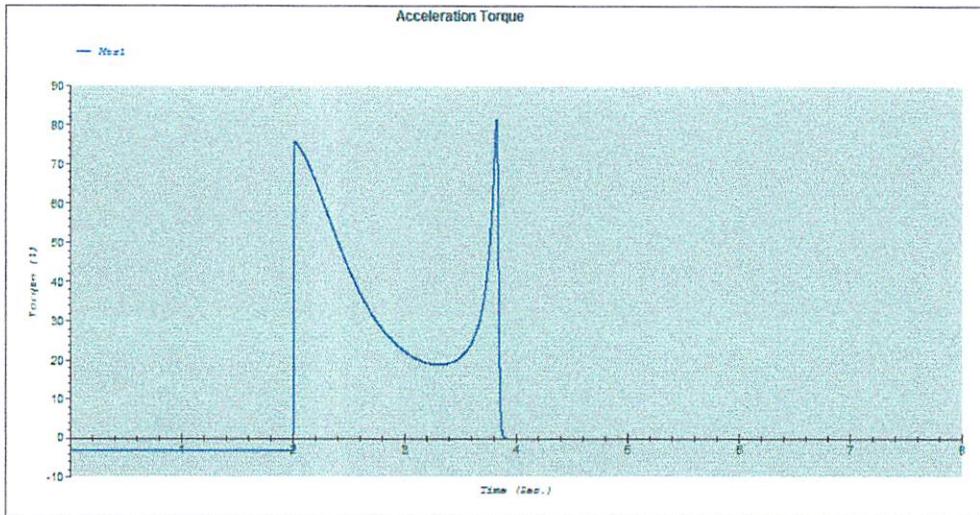
## TAP 0%



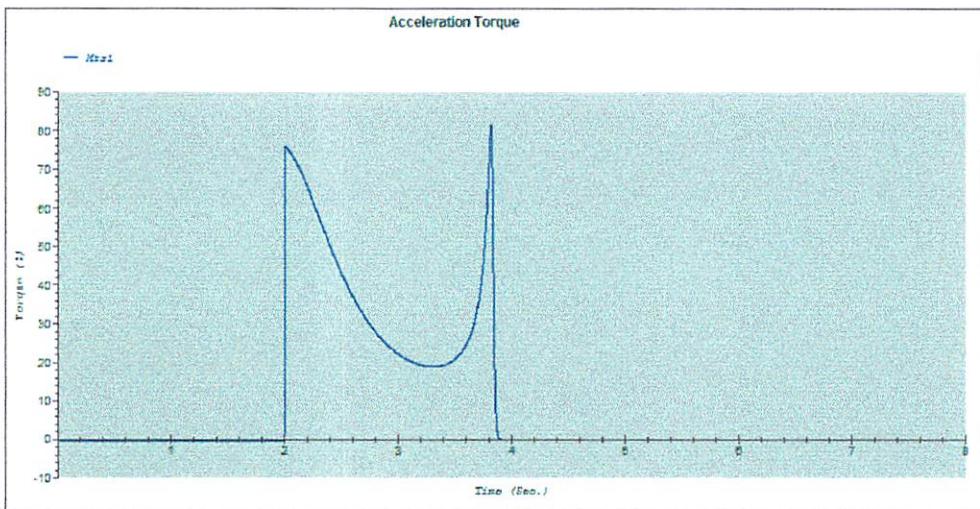
### TAP 100%



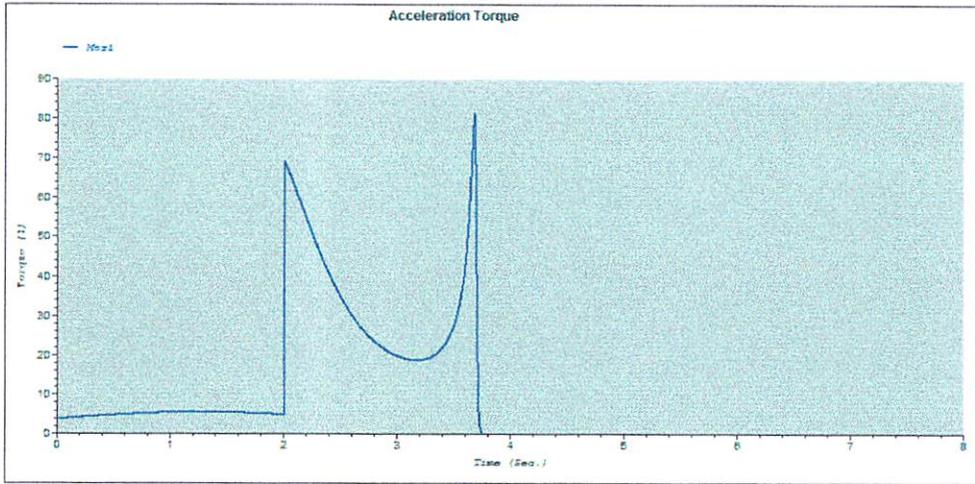
### TAP 90%



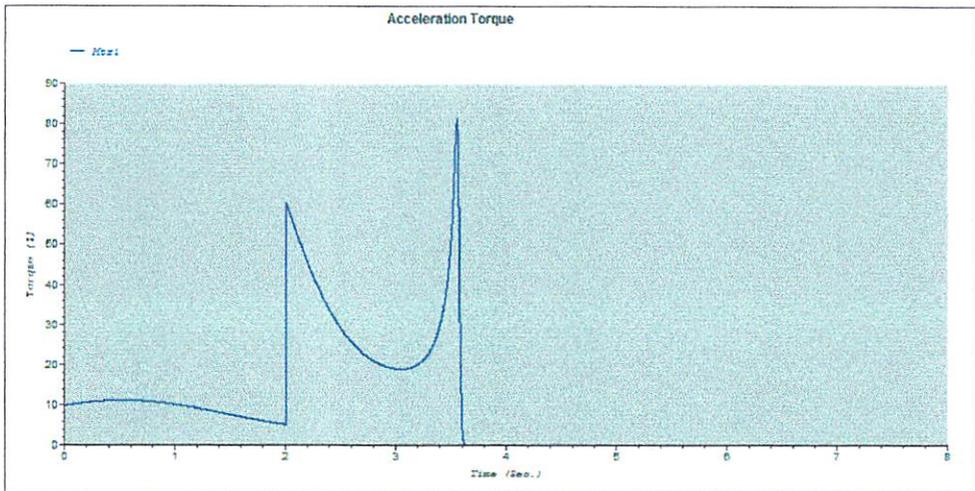
### TAP 80%



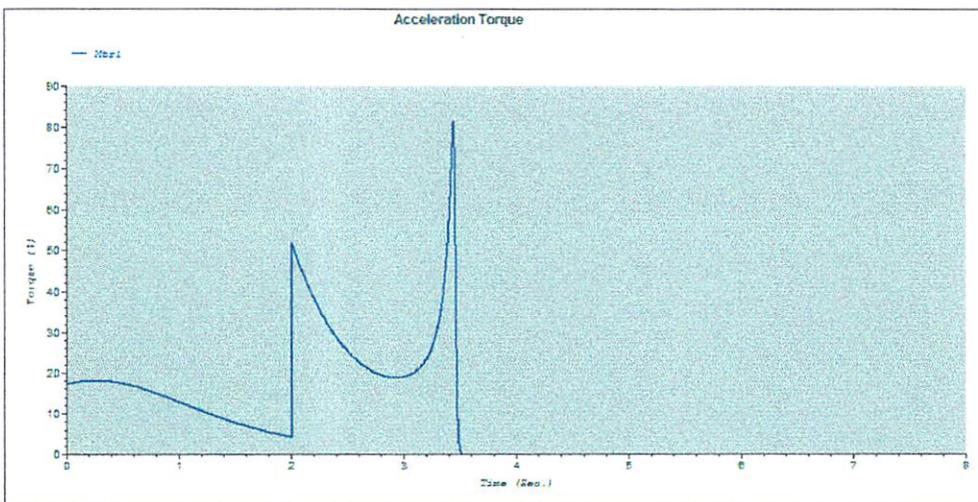
### TAP 70%



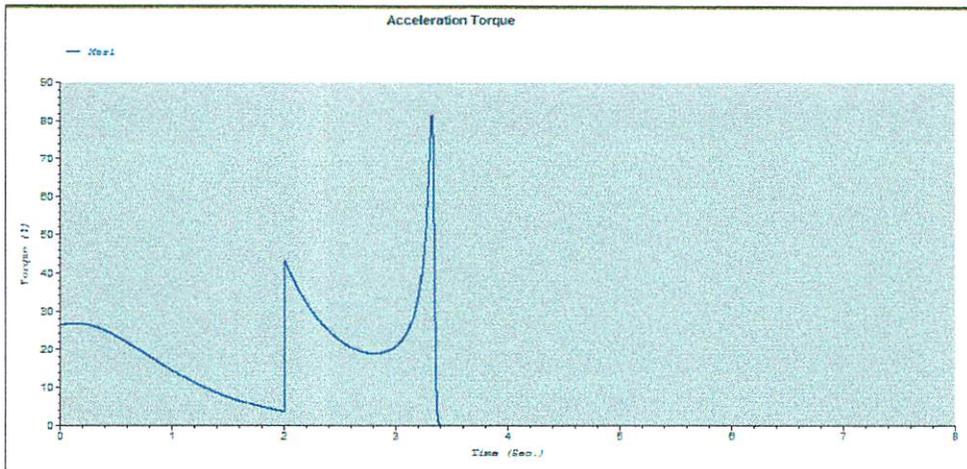
### TAP 60%



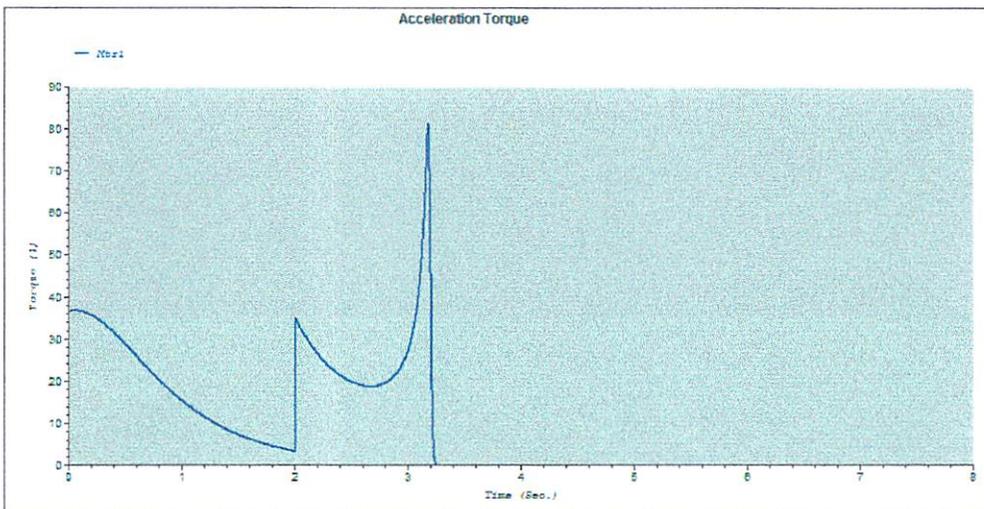
### TAP 50%



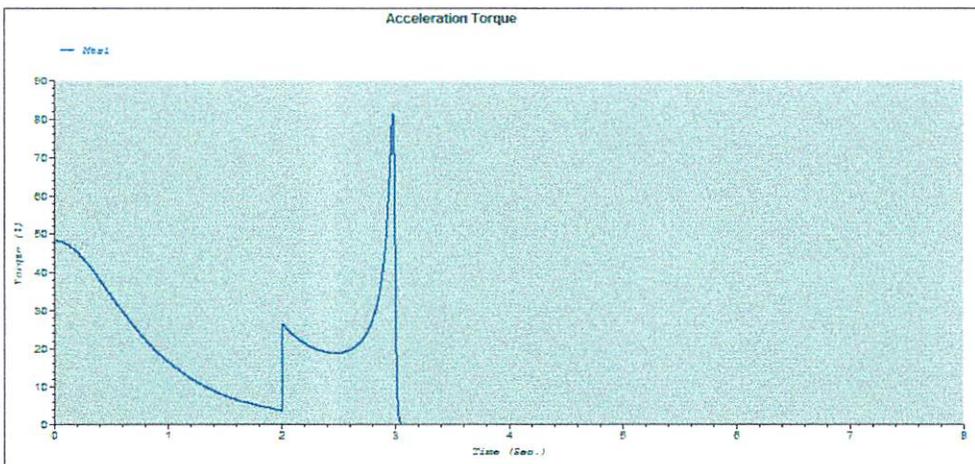
### TAP 40%



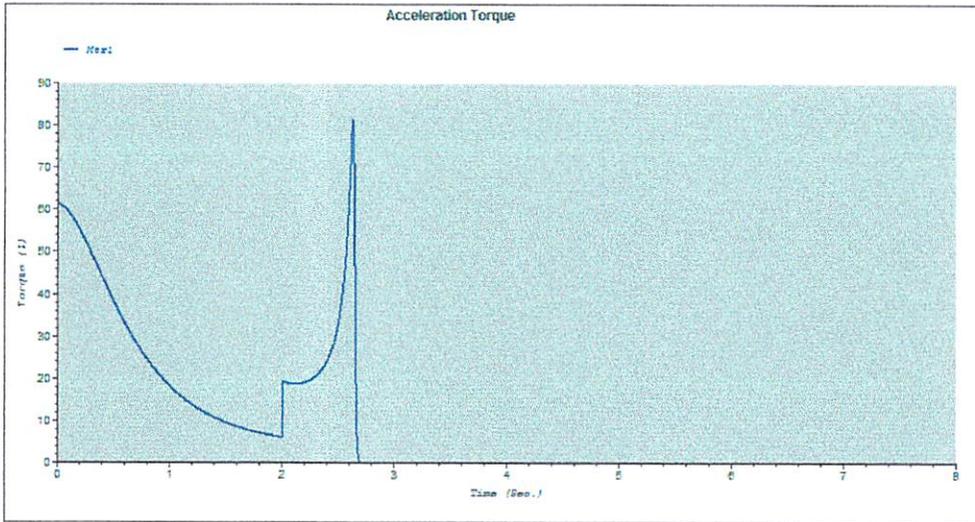
### TAP 30%



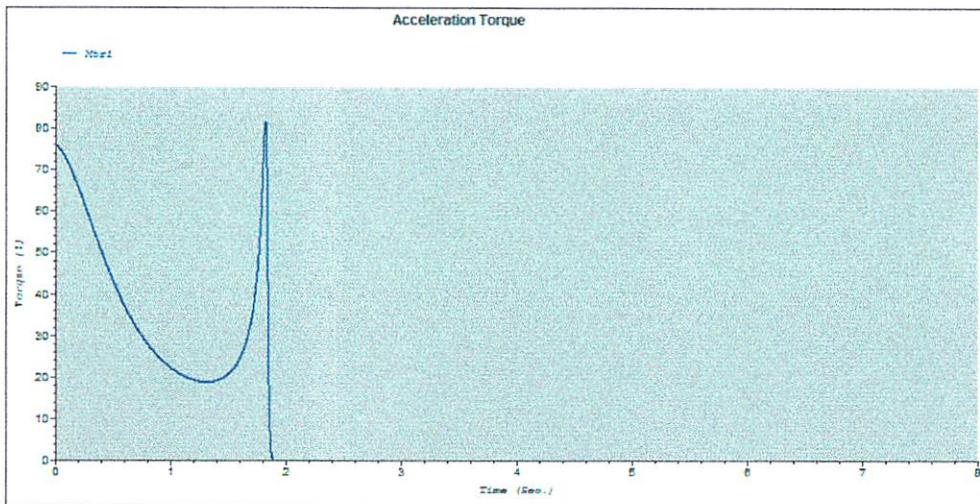
### TAP 20%



## TAP 10%



## TAP 0%



**DATA HASIL SIMULASI RESISTOR UNTUK TAP 0-100 %**

<b>Hasil Simulasi</b>	<b>TAP</b>	<b>% dari FLA</b>	<b>Ampere</b>
Arus Starting	100%	0	0
Arus Starting	90%	63,8	80,388
Arus Starting	80%	127,2	160,272
Arus Starting	70%	190,05	239,463
Arus Starting	60%	252,2	317,772
Arus Starting	50%	313,6	395,136
Arus Starting	40%	374,5	471,87
Arus Starting	30%	433,8	546,588
Arus Starting	20%	492,7	620,802
Arus Starting	10%	550,8	694,008
Arus Starting	0%	608,8	767,088

<b>Hasil Simulasi</b>	<b>TAP</b>	<b>% dari V bus</b>	<b>Volt</b>
Tegangan Terminal	100%	0	0
Tegangan Terminal	90%	9,97	37,886
Tegangan Terminal	80%	19,8	75,24
Tegangan Terminal	70%	29,7	112,86
Tegangan Terminal	60%	39,42	149,796
Tegangan Terminal	50%	49,02	186,276
Tegangan Terminal	40%	58,4	221,92
Tegangan Terminal	30%	67,8	257,64
Tegangan Terminal	20%	77,1	292,98
Tegangan Terminal	10%	86,1	327,18
Tegangan Terminal	0%	95,16	361,608

<b>Hasil Simulasi</b>	<b>TAP</b>	<b>% dari Tsc</b>	<b>N-m</b>
Torsi Starting	100%	-3,91	-17,5739
Torsi Starting	90%	-3,03	-13,6186
Torsi Starting	80%	-0,43	-1,93268
Torsi Starting	70%	3,85	17,30421
Torsi Starting	60%	9,77	43,91224
Torsi Starting	50%	17,25	77,53185
Torsi Starting	40%	26,2	117,7585
Torsi Starting	30%	36,6	164,5024
Torsi Starting	20%	48,3	217,0892
Torsi Starting	10%	61,3	275,519
Torsi Starting	0%	75,85	340,9154

**MOTOR ACCELERATION**

Motor ID: M1C1

Time (Sec)	Slip (%)	Current (% of FLA)	Terminal V (%)	Bus V (%)	Acc Torq. (%)	Time (Sec)	Slip (%)	Current (% of FLA)	Terminal V (%)	Bus V (%)	Acc Torq. (%)
0.000	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91	0.001	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91
0.002	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91	0.003	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91
0.004	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91	0.005	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91
0.006	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91	0.007	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91
0.008	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91	0.009	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91
0.010	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91	0.011	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91
0.012	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91	0.013	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91
0.014	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91	0.015	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91
0.016	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91	0.017	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91
0.018	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91	0.019	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91
0.020	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91	0.021	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91
0.022	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91	0.023	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91
0.024	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91	0.025	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91
0.026	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91	0.027	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91
0.028	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91	0.029	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91
0.030	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91	0.031	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91
0.032	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91	0.033	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91
0.034	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91	0.035	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91
0.036	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91	0.037	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91
0.038	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91	0.039	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91
0.040	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91	0.041	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91
0.042	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91	0.043	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91
0.044	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91	0.045	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91
0.046	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91	0.047	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91
0.048	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91	0.049	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91
0.050	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91	0.051	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91
0.052	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91	0.053	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91
0.054	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91	0.055	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91
0.056	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91	0.057	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91
0.058	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91	0.059	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91
0.060	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91	0.061	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91
0.062	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91	0.063	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91
0.064	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91	0.065	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91
0.066	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91	0.067	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91
0.068	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91	0.069	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91
0.070	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91	0.071	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91
0.072	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91	0.073	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91
0.074	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91	0.075	100.00	0.00	0.00	100.00	-3.91

Project: Pengasutan  
 Location: LAB SSTE  
 Contract:  
 Engineer: FAJAR ANDI S  
 Surname: fajar

ETAP PowerStation  
 4.0.0C

Study Case: MS

Page: 1  
 Date: 03-25-2009  
 SN: KLGCONSULT  
 Revision: Base  
 Config.: Normal

**MOTOR ACCELERATION**

Motor ID.: Mtr1

Time (Sec.)	Slip (%)	Current (% of FLA)	Terminal V (%)	Bus V (%)	Acc Torq. (%)	Time (Sec.)	Slip (%)	Current (% of FLA)	Terminal V (%)	Bus V (%)	Acc Torq. (%)
0.000	99.98	313.60	49.02	98.04	17.25	0.001	99.95	313.55	49.02	98.04	17.26
0.002	99.93	313.50	49.02	98.04	17.26	0.003	99.90	313.46	49.02	98.04	17.27
0.004	99.88	313.41	49.02	98.04	17.28	0.005	99.85	313.36	49.02	98.04	17.29
0.006	99.83	313.31	49.02	98.04	17.29	0.007	99.80	313.26	49.02	98.04	17.30
0.008	99.78	313.21	49.02	98.04	17.31	0.009	99.75	313.16	49.02	98.04	17.31
0.010	99.73	313.12	49.02	98.04	17.32	0.011	99.70	313.07	49.02	98.04	17.33
0.012	99.68	313.02	49.02	98.04	17.33	0.013	99.65	312.97	49.02	98.04	17.34
0.014	99.63	312.92	49.02	98.04	17.35	0.015	99.60	312.87	49.02	98.04	17.35
0.016	99.58	312.83	49.02	98.04	17.36	0.017	99.55	312.78	49.02	98.04	17.36
0.018	99.53	312.73	49.02	98.04	17.37	0.019	99.50	312.68	49.02	98.04	17.38
0.020	99.48	312.63	49.02	98.04	17.38	0.021	99.45	312.58	49.02	98.04	17.39
0.022	99.43	312.53	49.02	98.04	17.40	0.023	99.40	312.49	49.02	98.04	17.40
0.024	99.38	312.44	49.02	98.04	17.41	0.025	99.35	312.39	49.02	98.04	17.42
0.026	99.33	312.34	49.02	98.04	17.42	0.027	99.30	312.29	49.02	98.05	17.43
0.028	99.28	312.24	49.02	98.05	17.43	0.029	99.25	312.19	49.02	98.05	17.44
0.030	99.23	312.15	49.02	98.05	17.45	0.031	99.20	312.10	49.02	98.05	17.45
0.032	99.18	312.05	49.02	98.05	17.46	0.033	99.15	312.00	49.02	98.05	17.47
0.034	99.13	311.95	49.02	98.05	17.47	0.035	99.10	311.90	49.02	98.05	17.48
0.036	99.08	311.85	49.02	98.05	17.48	0.037	99.05	311.81	49.02	98.05	17.49
0.038	99.02	311.76	49.02	98.05	17.50	0.039	99.00	311.71	49.02	98.05	17.50
0.040	98.97	311.66	49.02	98.05	17.51	0.041	98.95	311.61	49.02	98.05	17.51
0.042	98.92	311.56	49.02	98.05	17.52	0.043	98.90	311.52	49.02	98.05	17.52
0.044	98.87	311.47	49.03	98.05	17.53	0.045	98.85	311.42	49.03	98.05	17.54
0.046	98.82	311.37	49.03	98.05	17.54	0.047	98.80	311.32	49.03	98.05	17.55
0.048	98.77	311.27	49.03	98.05	17.55	0.049	98.75	311.22	49.03	98.05	17.56
0.050	98.72	311.18	49.03	98.05	17.56	0.051	98.70	311.13	49.03	98.05	17.57
0.052	98.67	311.08	49.03	98.05	17.58	0.053	98.65	311.03	49.03	98.05	17.58
0.054	98.62	310.98	49.03	98.05	17.59	0.055	98.60	310.93	49.03	98.05	17.59
0.056	98.57	310.88	49.03	98.05	17.60	0.057	98.54	310.83	49.03	98.05	17.60
0.058	98.52	310.79	49.03	98.05	17.61	0.059	98.49	310.74	49.03	98.05	17.61
0.060	98.47	310.69	49.03	98.05	17.62	0.061	98.44	310.64	49.03	98.06	17.63
0.062	98.42	310.59	49.03	98.06	17.63	0.063	98.39	310.54	49.03	98.06	17.64
0.064	98.37	310.49	49.03	98.06	17.64	0.065	98.34	310.45	49.03	98.06	17.65
0.066	98.32	310.40	49.03	98.06	17.65	0.067	98.29	310.35	49.03	98.06	17.66
0.068	98.27	310.30	49.03	98.06	17.66	0.069	98.24	310.25	49.03	98.06	17.67
0.070	98.21	310.20	49.03	98.06	17.67	0.071	98.19	310.15	49.03	98.06	17.68
0.072	98.16	310.11	49.03	98.06	17.68	0.073	98.14	310.06	49.03	98.06	17.69
0.074	98.11	310.01	49.03	98.06	17.69	0.075	98.09	309.96	49.03	98.06	17.70

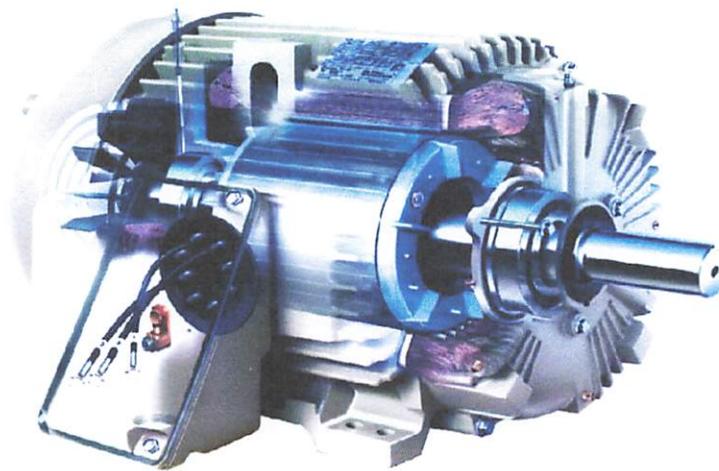
MOTOR ACCELERATION

Motor 112. MW1

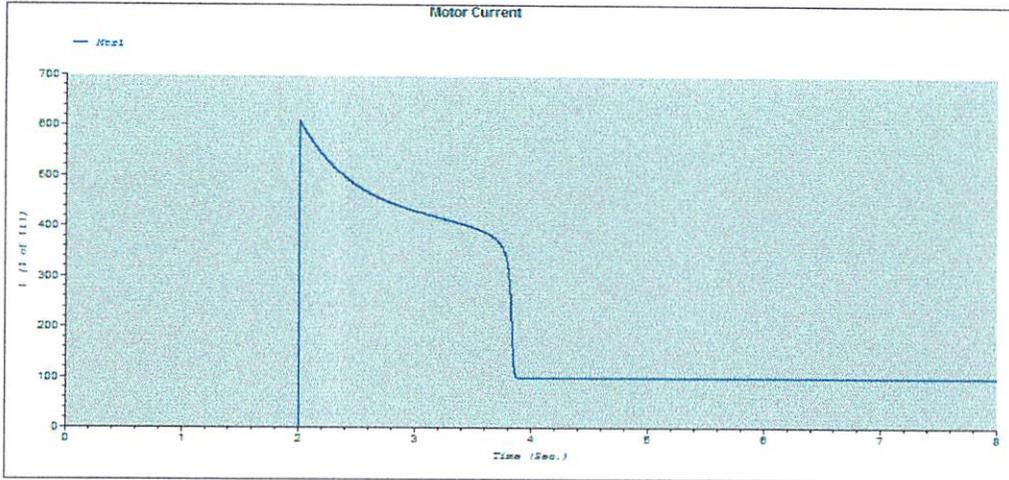
Time (Sec)	Slip (%)	Current (% of I <sub>L</sub> )	Terminal V (V)	Bus V (V)	Acc. Inq. (%)	Time (Sec)	Slip (%)	Current (% of I <sub>L</sub> )	Terminal V (V)	Bus V (V)	Acc. Inq. (%)
0.000	99.89	608.80	95.16	95.16	75.85	0.001	99.78	608.40	95.16	95.16	75.83
0.002	99.67	608.00	95.17	95.17	75.81	0.003	99.56	607.60	95.17	95.17	75.78
0.004	99.45	607.20	95.17	95.17	75.75	0.005	99.35	606.81	95.18	95.18	75.73
0.006	99.24	606.41	95.18	95.18	75.70	0.007	99.13	606.01	95.18	95.18	75.67
0.008	99.02	605.62	95.19	95.19	75.65	0.009	98.91	605.22	95.19	95.19	75.62
0.010	98.80	604.83	95.19	95.19	75.59	0.011	98.69	604.43	95.20	95.20	75.56
0.012	98.58	604.04	95.20	95.20	75.53	0.013	98.48	603.65	95.20	95.20	75.51
0.014	98.37	603.25	95.21	95.21	75.48	0.015	98.26	602.86	95.21	95.21	75.45
0.016	98.15	602.47	95.21	95.21	75.42	0.017	98.04	602.08	95.22	95.22	75.39
0.018	97.93	601.69	95.22	95.22	75.35	0.019	97.82	601.30	95.22	95.22	75.32
0.020	97.72	600.91	95.22	95.22	75.29	0.021	97.61	600.53	95.23	95.23	75.26
0.022	97.50	600.14	95.23	95.23	75.23	0.023	97.39	599.75	95.23	95.23	75.19
0.024	97.28	599.37	95.24	95.24	75.16	0.025	97.17	598.98	95.24	95.24	75.13
0.026	97.07	598.60	95.24	95.24	75.09	0.027	96.96	598.21	95.25	95.25	75.06
0.028	96.85	597.83	95.25	95.25	75.03	0.029	96.74	597.45	95.25	95.25	74.99
0.030	96.64	597.07	95.26	95.26	74.96	0.031	96.53	596.68	95.26	95.26	74.92
0.032	96.42	596.30	95.26	95.26	74.89	0.033	96.31	595.92	95.27	95.27	74.85
0.034	96.20	595.54	95.27	95.27	74.81	0.035	96.10	595.17	95.27	95.27	74.78
0.036	95.99	594.79	95.27	95.27	74.74	0.037	95.88	594.41	95.28	95.28	74.70
0.038	95.77	594.03	95.28	95.28	74.66	0.039	95.67	593.66	95.28	95.28	74.63
0.040	95.56	593.28	95.29	95.29	74.59	0.041	95.45	592.91	95.29	95.29	74.55
0.042	95.34	592.53	95.29	95.29	74.51	0.043	95.24	592.16	95.30	95.30	74.47
0.044	95.13	591.79	95.30	95.30	74.43	0.045	95.02	591.41	95.30	95.30	74.39
0.046	94.92	591.04	95.30	95.30	74.35	0.047	94.81	590.67	95.31	95.31	74.31
0.048	94.70	590.30	95.31	95.31	74.27	0.049	94.60	589.93	95.31	95.31	74.23
0.050	94.49	589.56	95.32	95.32	74.19	0.051	94.38	589.19	95.32	95.32	74.14
0.052	94.28	588.83	95.32	95.32	74.10	0.053	94.17	588.46	95.33	95.33	74.06
0.054	94.06	588.09	95.33	95.33	74.02	0.055	93.96	587.73	95.33	95.33	73.97
0.056	93.85	587.36	95.33	95.33	73.93	0.057	93.74	587.00	95.34	95.34	73.89
0.058	93.64	586.63	95.34	95.34	73.84	0.059	93.53	586.27	95.34	95.34	73.80
0.060	93.43	585.91	95.35	95.35	73.75	0.061	93.32	585.55	95.35	95.35	73.71
0.062	93.21	585.18	95.35	95.35	73.66	0.063	93.11	584.82	95.35	95.35	73.62
0.064	93.00	584.46	95.36	95.36	73.57	0.065	92.90	584.10	95.36	95.36	73.53
0.066	92.79	583.75	95.36	95.36	73.48	0.067	92.68	583.39	95.37	95.37	73.43
0.068	92.58	583.03	95.37	95.37	73.38	0.069	92.47	582.67	95.37	95.37	73.34
0.070	92.37	582.32	95.38	95.38	73.29	0.071	92.26	581.96	95.38	95.38	73.24
0.072	92.16	581.61	95.38	95.38	73.19	0.073	92.05	581.25	95.38	95.38	73.15
0.074	91.95	580.90	95.39	95.39	73.10	0.075	91.84	580.55	95.39	95.39	73.05

# Pengasutan Reactor

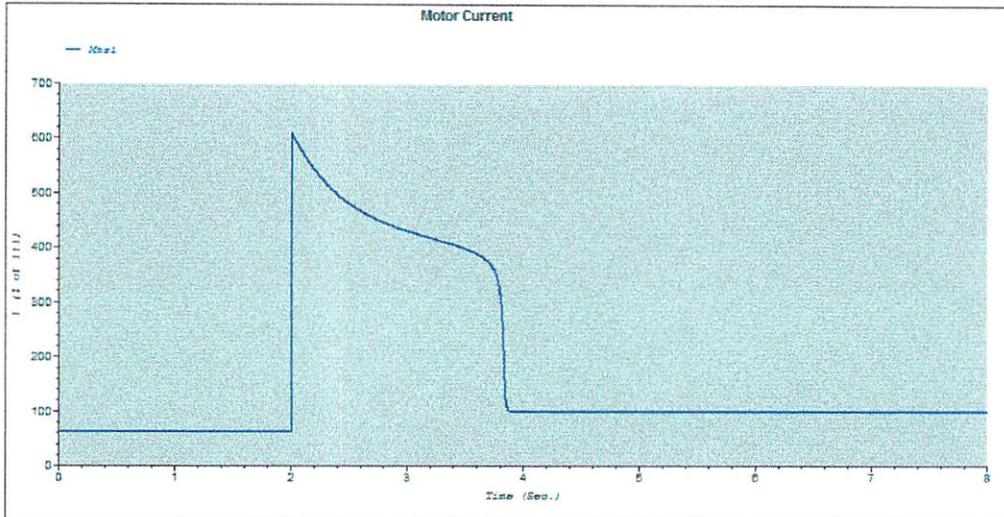
- *One Line Diagram Etap Powerstation*
  - *Kurva Arus Starting*
    - *Kurva Tegangan Terminal motor*
      - *Kurva Torsi motor*
        - *Text Report simulasi Reactor*



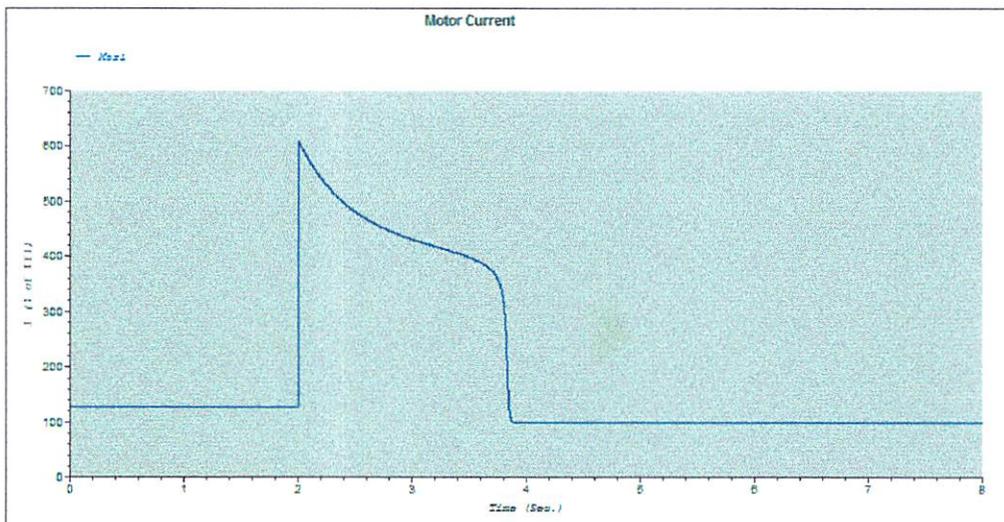
### TAP 100%



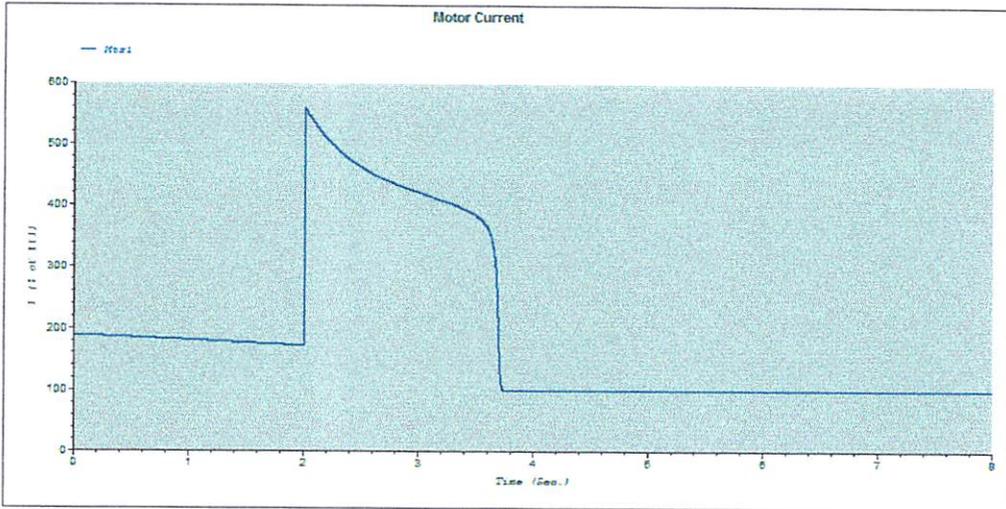
### TAP 90%



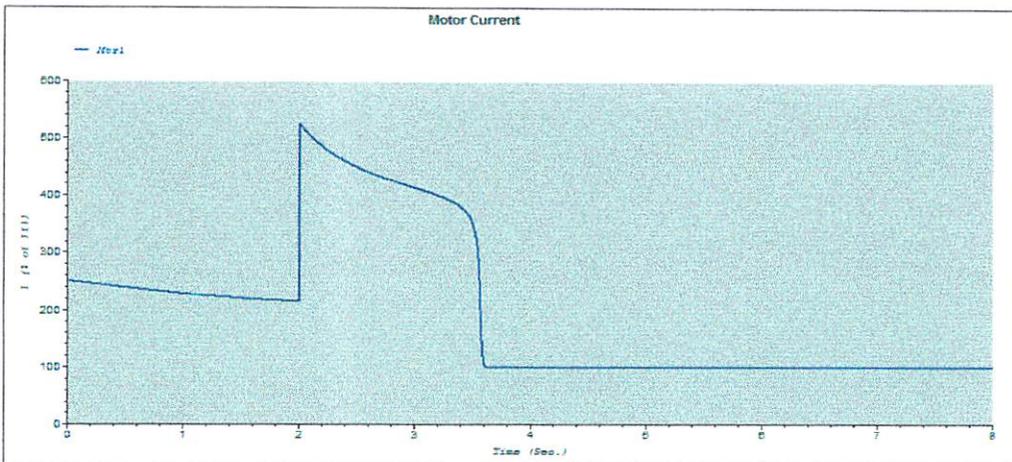
### TAP 80%



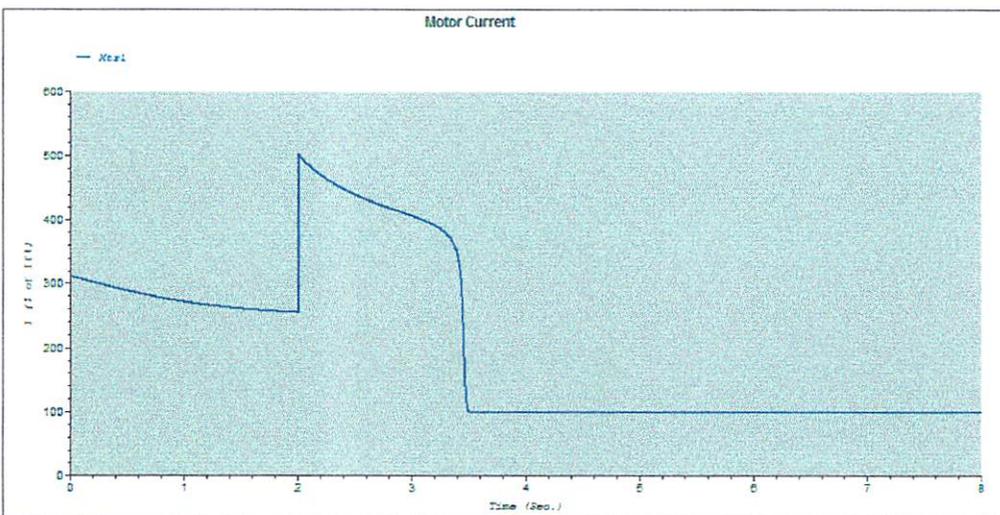
### TAP 70%



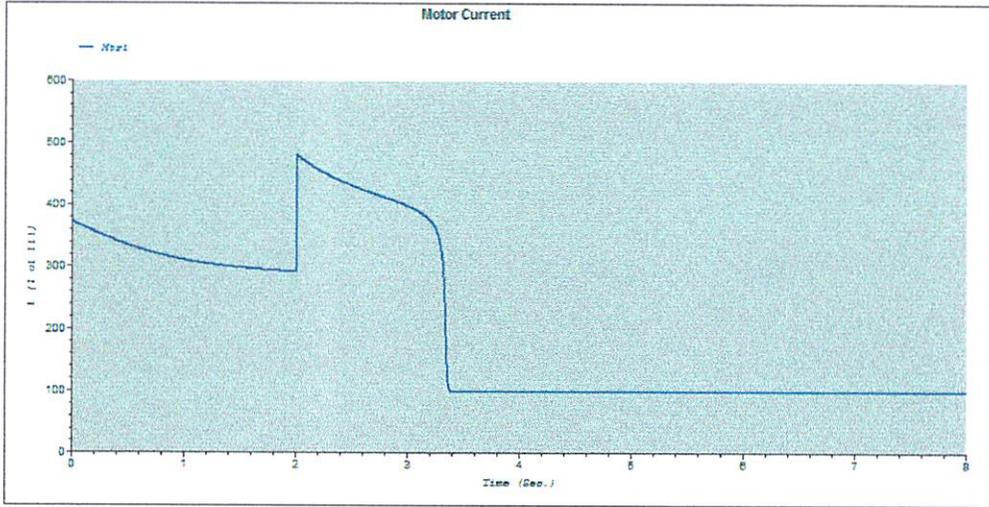
### TAP60%



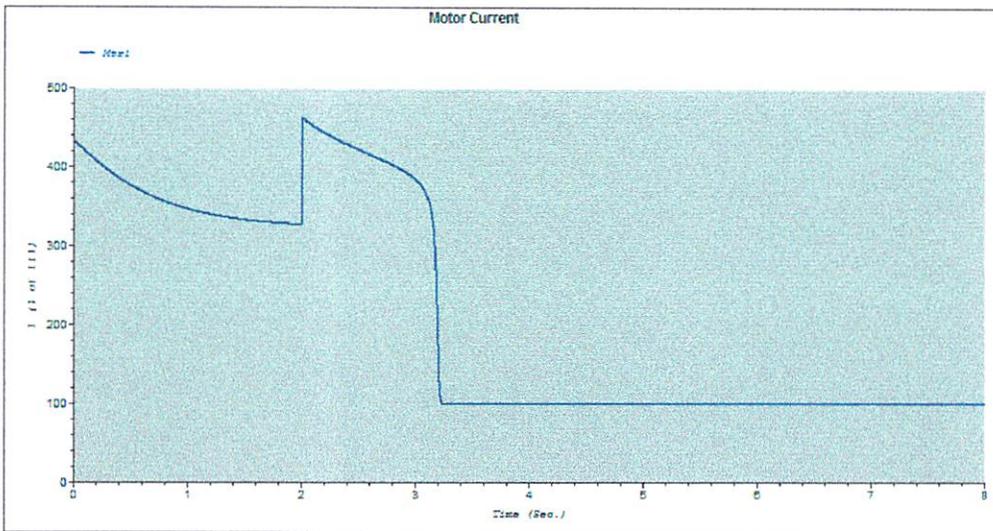
### TAP 50%



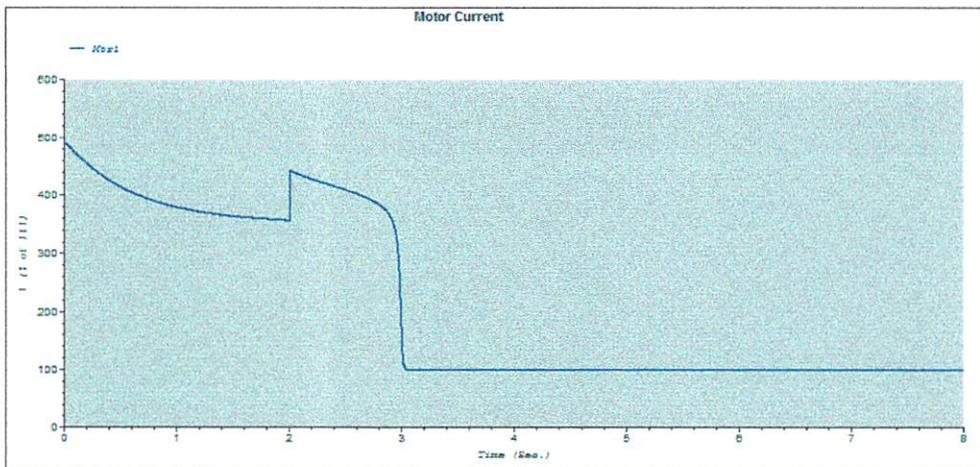
### TAP 40%



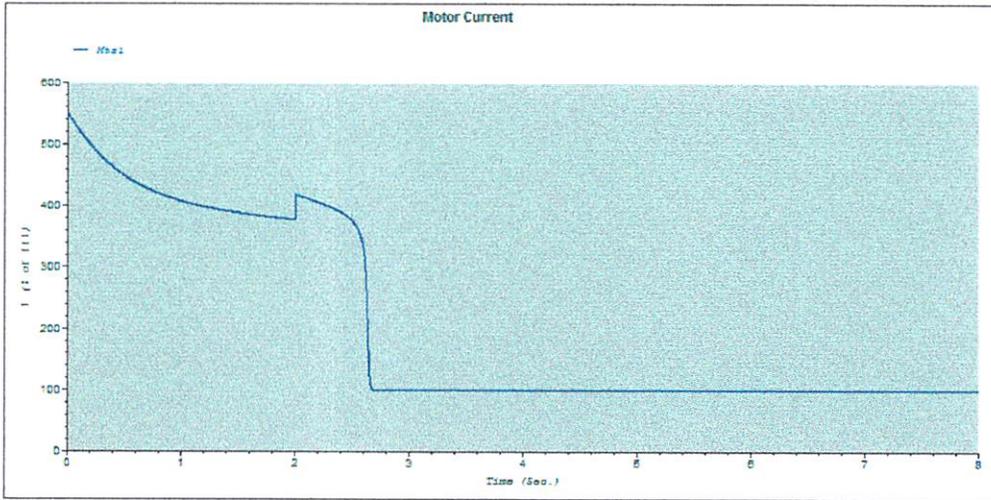
### TAP 30%



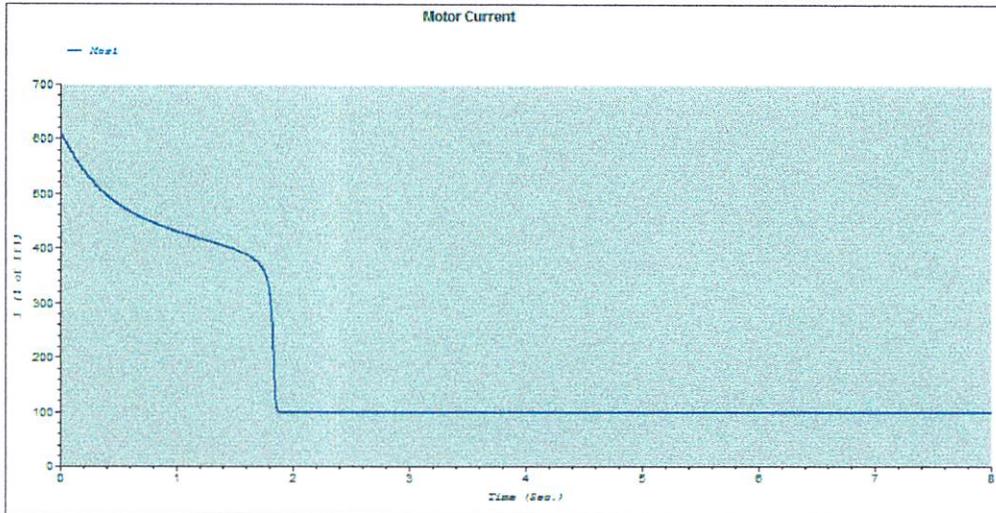
### TAP 20%



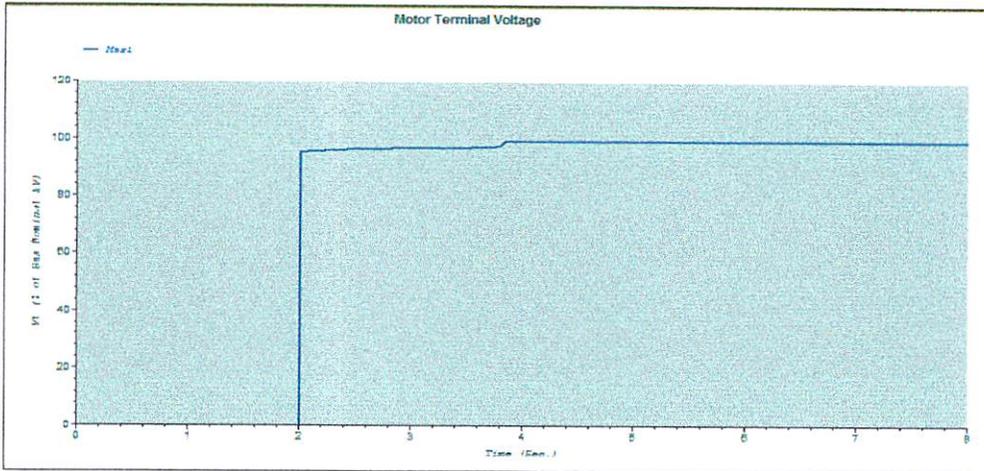
### TAP 10%



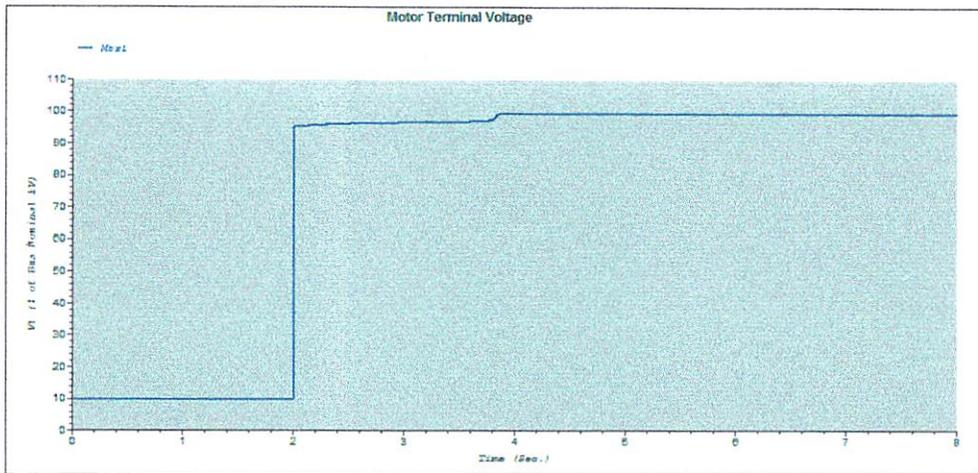
### TAP 0%



## TAP 100%



## TAP 90%



## TAP 80%

