

**ANALISA PENGASUTAN MOTOR INDUKSI 3 PHASA
DENGAN MENGGUNAKAN
SOFTWARE ETAP POWER STATION
DI PT. PERKEBUNAN NUSANTARA XII (PERSERO)**

SKRIPSI



**Disusun oleh :
YUDHY TRI NUGROHO
NIM : 03. 12. 047**



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

OKTOBER 2008

OKTOBER 2008

KELOMPOK TEKNOLOGI INFORMATIKA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
KONSELORATI TEKNIK ENERGI TERAPAN
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO & I

NO : 02 13 041

ANANDA IBI MURAHANO

02000000000000000000

SKRIPSI

DI LAYANAN KELOMPOK TEKNOLOGI INFORMATIKA XII (KEL-02000000000000000000)
KOLLEKTIF FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
DEKORASI KELOMPOK TEKNOLOGI INFORMATIKA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
KONSELORATI TEKNIK ENERGI TERAPAN
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO & I

LEMBAR PERSETUJUAN

**ANALISA PENGASUTAN MOTOR INDUKSI 3 PHASA DENGAN
MENGUNAKAN *SOFTWARE ETAP POWER STATION*
DI PT. PERKEBUNAN NUSANTARA XII (PERSERO)**

SKRIPSI

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

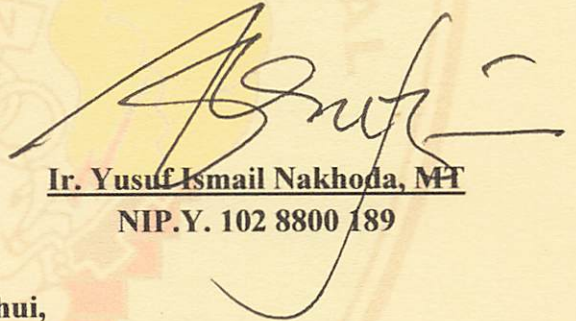
**Disusun oleh :
YUDHY TRI NUGROHO
03.12.047**

**Diperiksa dan disetujui,
Dosen Pembimbing I**



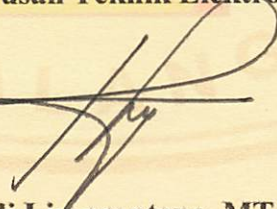
Ir. M. Abdul Hamid, MT
NIP.Y. 101 8800 188

Dosen Pembimbing II



Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT
NIP.Y. 102 8800 189

**Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Elektro**



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

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

2008

**ANALISA PENGASUTAN MOTOR INDUKSI 3 PHASA DENGAN
MENGUNAKAN *SOFTWARE ETAP POWER STATION*
DI PT. PERKEBUNAN NUSANTARA XII (PERSERO)**

Yudhy Tri Nugroho Nim : 03.12.047
Dosen Pembimbing I : Ir. M. Abdul Hamid, MT.
Dosen Pembimbing II : Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT

ABSTRAK

Makalah ini menjelaskan masalah pengasutan motor induksi 3 fasa pada PT. PERKEBUNAN NUSANTARA XII (PERSERO) Lumajang. Persoalan yang paling utama adalah besarnya arus pengasutan yang tinggi antara 4 sampai 7 kali arus nominal. Dimana hal ini mengakibatkan penurunan tegangan sesaat pada sistem jaringan.

Dari latar belakang yang diuraikan diatas, maka permasalahan yang timbul adalah; Bagaimana menurunkan arus yang besar pada saat pengasutan pada motor induksi 3 fasa dengan tetap menjaga kondisi tegangan tidak mengalami penurunan kritis pada PT.PERKEBUNAN NUSANTARA XII (PERSERO).

Untuk menurunkan arus pengasutan yang besar di gunakan peralatan pengasutan motor. Dengan menggunakan *Software Etap Power Station*, dapat membantu pemilihan pengasutan yang tepat untuk menurunkan arus pengasutan. Dari hasil simulasi *Software Etap Power Station* pengasutan tanpa pengasutan adalah 365,64 A. Dengan menggunakan pengasutan *Auto-Trafo*, arus menjadi 93,54 A.

Kata kunci : Motor Induksi, Pengasutan Motor, dan Arus Pengasutan.

KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan puji syukur kehadirat Allah SWT atas karunia dan hidayah-Nya, serta sholawat dan salam atas tuntunan nabi besar Muhammad SAW. Sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik, yang diajukan sebagai syarat untuk menyelesaikan studi di Fakultas Teknologi Industri Jurusan Teknik Elektro Kosentrasi Energi Listrik S-1, 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 Institut Teknologi Nasional Malang.
2. Bapak Ir. Mochtar Asroni, MSME, Selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Nasional Malang.
3. Bapak Ir. F. Yudi Limpraptono, MT, Selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro S-1.
4. Bapak Ir. M. Abdul Hamid, MT, Selaku Dosen Pembimbing I.
5. Bapak Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT, Selaku Dosen Pembimbing II.
6. Bapak dan Ibuku yang paling aku sayangi, kakakku, adikku dan seluruh keluargaku atas segala doa, dukungan serta kasih sayangnya.
7. Teman-teman khususnya T. Energi Listrik 2003 dan semua pihak yang telah membantu selama penulisan skripsi ini yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa isi skripsi ini kemungkinan masih jauh dari sempurna. Untuk itu saran dan kritik yang membangun penulis harapkan.

Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penyusun maupun pembaca pada umumnya.

Malang, September 2008

Yudhy Tri Nugroho

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN	ii
ABSTRAK	iii
KATA	
PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	xi
BAB I PENDAHULUAN	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
BAB II TEORI DASAR	6
2.1. Teori Dasar Motor Induksi	6
2.2. Konstruksi Motor Induksi	7
2.2.1. Stator	7
2.2.2. Rotor.....	8

2.3. Medan Magnet Putar	9
2.4. Prinsip Kerja Motor Induksi	10
2.4.1. Slip dan Frekuensi Arus Rotor	11
2.4.2. Karakteristik T-S	12
2.5. Rangkaian Ekuivalen	13
2.5.1. Rangkaian Ekuivalen Stator	14
2.5.2. Rangkaian Ekuivalen Rotor	15
2.6. Pengujian Motor Induksi 3 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>)	18
2.7. Operasional Motor Induksi	22
2.7.1. Performa <i>Steady State</i>	22
2.7.2. Performa <i>Transient</i>	23

BAB III ANALISA PENGASUTAN MOTOR INDUKSI DAN PEMODELAN SIMULASI SOFTWARE ETAP POWER STATION	26
3.1. Analisa Pengasutan Motor	26
3.2. Analisa Menggunakan Pengasutan Motor	28
3.2.1. Pengasutan Motor Menggunakan <i>Auto-Transformer</i>	30
3.2.2. Pengasutan Motor Menggunakan <i>Resistor</i>	31
3.2.3. Pengasutan Motor Menggunakan <i>Reactor</i>	32

3.3. Lama Waktu Asut	33
3.4. Simulasi <i>Software ETAP Power Station</i>	36
3.4.1. Operasi Nyata Secara Virtual (<i>Virtual Reality Operation</i>) ...	37
3.4.2. Data Gabunmgan Total (<i>Total Integration Of Data</i>)	37
3.4.3. Kesederhanaan Dalam Memasukkan Data.....	37
3.5. Algoritma Program.....	39
3.5.1. Algoritma Pemecahan Masalah Pengasutan <i>Auto-Trafo</i> Menggunakan Simulasi <i>Software ETAP Power Station</i>	39
3.5.2. <i>Flowchart</i> Pemecahan Masalah Pengasutan <i>Auto-Trafo</i> Menggunakan Simulasi <i>Software ETAP Power Station</i>	40
3.5.3. Algoritma Pemecahan Masalah Pengasutan <i>Resistor</i> Menggunakan Simulasi <i>Software ETAP Power Station</i>	41
3.5.4. <i>Flowchart</i> Pemecahan Masalah Pengasutan <i>Auto-Trafo</i> Menggunakan Simulasi <i>Software ETAP Power Station</i>	42
3.5.5. Algoritma Pemecahan Masalah Pengasutan <i>Reactor</i> Menggunakan Simulasi <i>Software ETAP Power Station</i>	43
3.5.6. <i>Flowchart</i> Pemecahan Masalah Pengasutan <i>Reactor</i> Menggunakan Simulasi <i>Software ETAP Power Station</i>	44

BAB IV ANALISA DAN HASIL SIMULASI PENGASUTAN

MOTOR	42
4.1. Data Motor Induksi Pada PT. Perkebunan Nusantara XII	41
4.2. Pemodelan Kedalam <i>Software ETAP Power Station</i>	42

4.3.	Analisa Dan Hasil Simulasi Pengasutan Motor	45
4.3.1.	Analisa Perhitungan Pengasutan Motor	49
4.3.2.	Tampilan Hasil Simulasi Tanpa Pengasutan Motor.....	50
4.4.	Analisa Dan Hasil Simulasi Pengasutan Motor	49
4.4.1.	Hasil Simulasi Pengasutan <i>Auto-Trafo</i>	53
4.4.2.	Hasil Simulasi Pengasutan <i>Resistor</i>	55
4.4.3.	Hasil Simulasi Pengasutan <i>Reactor</i>	58
4.5.	Hasil Komputasi Simulasi <i>Software ETAP Power Station</i>	61
4.5.1.	Hasil Komputasi Peralatan Pengasutan Motor Menggunakan <i>Software ETAP Power Station</i>	61
4.5.2.	Analisa Perhitungan Hasil Komputasi Tanpa Pengasutan Motor Menggunakan <i>Software ETAP Power Station</i>	63
4.5.3.	Analisa Perhitungan Hasil Komputasi Pengasutan <i>Auto-Trafo</i> Menggunakan <i>Software ETAP Power Station</i>	63
4.5.4.	Analisa Perhitungan Hasil Komputasi Pengasutan <i>Resistor</i> Menggunakan <i>Software ETAP Power Station</i>	64
4.5.5.	Analisa Perhitungan Hasil Komputasi Pengasutan <i>Reactor</i> Menggunakan <i>Software ETAP Power Station</i>	64
BAB V	PENUTUP	61
5.1.	Kesimpulan	61
5.2.	Saran.....	62

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

2.1.	Konstruksi Motor Induksi	7
2.2.	Stator 3 Phasa Motor Induksi	7
2.3.	Rotor Sangkar	8
2.4.	Rotor Belitan	8
2.5.	Medan Putar Pada Motor Induksi	9
2.6.	Kurva T-S.....	12
2.7.	Rangkaian Ekuivalen Stator.....	14
2.8.	Rangkaian Ekuivalen Rotor	16
2.9.	Rangkaian Ekuivalen Motor Induksi	17
2.10.	Pengujian Arus Searah (<i>DC Test</i>)	18
2.11.	Rangkaian Pengujian Tanpa Beban (<i>No Load Test</i>)	19
2.12.	Rangkaian Pengujian Rotor Tertahan (<i>Blocked Rotor</i>).....	21
2.13.	Karakteristik Motor Induksi Keadaan <i>Steady State</i>	23
2.14.	Karakteristik Torsi Motor Keadaan Berubah.....	24
3.1.	Motor Induksi 3 Phasa	26
3.2.	<i>Name Plate</i>	27
3.3.	Pengasutan Tegangan Penuh.....	27
3.4.	Pengasutan <i>Auto-Trafo</i>	30
3.5.	Pengasutan <i>Resistor</i>	31
3.6.	Pengasutan <i>Reactor</i>	32
3.7.	Grafis Kopel Terhadap Putaran.....	34

3.8.	Kopel ΔT Sebagai Fungsi Putaran n	35
3.9.	Fungsi t Rata-rata Mencapai Nilai n_1	35
3.10.	Tampilan Model Utama Simulasi <i>Software ETAP Power Station</i>	36
3.11.	Tampilan Pemodelan <i>Singgle Line Diagram</i> Simulasi <i>Software ETAP Power Station</i>	38
3.12.	<i>Flowchart</i> Pengasutan <i>Auto-Trafo</i> Menggunakan Simulasi <i>Software ETAP Power Station</i>	40
3.13.	<i>Flowchart</i> Pengasutan <i>Resistor</i> Menggunakan Simulasi <i>Software ETAP Power Station</i>	42
3.14.	<i>Flowchart</i> Pengasutan <i>Reactor</i> Menggunakan Simulasi <i>Software ETAP Power Station</i>	44
4.1.	Pemodelan <i>One-Line Diagram</i> Simulasi PT.PN XII.....	46
4.2.	<i>Inputan Data Name Plate</i> Motor Kedalam <i>Software ETAP Power Station</i>	47
4.3.	<i>Menu Tools Motor Starting Study Case</i>	48
4.4.	Kurva Arus (A) Pemodelan Motor Terhadap Waktu (s).....	51
4.5.	Kurva Tegangan Terminal Motor (kV) Terhadap Waktu (s).....	51
4.6.	Kurva <i>Slip</i> (%) Terhadap Waktu (s).....	52
4.7.	Kurva Torsi (N-m) Terhadap Waktu (s)	52
4.8.	Kurva Pengasutan <i>Auto-Trafo</i> (A) Terhadap Waktu (s)	54
4.9.	Kurva Tegangan Terminal Motor (kV) Terhadap Waktu (s).....	54
4.10.	Kurva Torsi (N-m) Terhadap Waktu (s)	55
4.11.	Kurva <i>Slip</i> (%) Terhadap Waktu (s).....	55

4.12.	Kurva Arus Pengasuatan <i>Resistor</i> (A) Terhadap Waktu (s)	56
4.13.	Kurva Tegangan Terminal Motor (kV) Terhadap Waktu (s).....	57
4.14.	Kurva Torsi (N-m) Terhadap Waktu (s)	57
4.15.	Kurva <i>Slip</i> (%) Terhadap Waktu (s).....	58
4.16.	Kurva Arus Pengasuatan <i>Reactor</i> (A) Terhadap Waktu (s).....	59
4.17.	Kurva Tegangan Terminal Motor (kV) Terhadap Waktu (s).....	59
4.18.	Kurva Torsi (N-m) Terhadap Waktu (s)	60
4.19.	Kurva <i>Slip</i> (%) Terhadap Waktu (s).....	60

DAFTAR TABEL

3.1.	Karakteristik Tegangan, Arus, dan Torsi Untuk Motor Desain B NEMA	31
4.1.	Data Motor Induksi 3 Phasa Pada Tempat Pembakaran	45
4.2.	Circuit Parameter	49
4.3.	Hasil Analisa Komputasi Simulasi Peralatan Pengasutan Motor	61
4.4.	Analisa Perhitungan Hasil <i>ETAP Power Station</i>	64

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.

Beban inersia dapat dihitung apabila berat dan dimensinya diketahui, sehingga beban dikatakan mempunyai inersia tinggi apabila mempunyai berat dan dimensi yang besar. Pada industri pabrik gula digunakan motor dengan beban inersia tinggi untuk proses pembuatan teh.

Pengasutan 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 pengasutan yang tinggi juga dihasilkan pada pengasutan tegangan penuh, dimana torsi pengasutan yang terlalu tinggi dapat menyebabkan kerusakan system mekanik pada motor.

Dengan menggunakan bantuan simulasi *Software ETAP Power Station*, penulis mencoba menganalisis pengasutan motor induksi untuk mengurangi arus

pengasutan dan torsi pengasutan yang besar yang mengakibatkan kerusakan system jaringan dan kerusakan pada motor itu sendiri.

1.2. Rumusan Masalah

Dari latar belakang yang diuraikan diatas, maka permasalahan yang timbul adalah; bagaimana menurunkan arus yang besar pada saat pengasutan pada motor induksi 3 phasa dengan tetap menjaga kondisi tegangan tidak mengalami penurunan kritis pada PT.PERKEBUNAN NUSANARA XII (PERSERO).

1.3. Tujuan

Tujuan pembahasan ini adalah untuk menganalisa pengasutan motor induksi 3 phasa di PT. PERKEBUNAN NUSANTARA XII (PERSERO) dengan 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 pengasutan pada motor induksi 3 phasa.
2. Analisa dilakukan pada motor induksi 3 phasa rotor sangkar dengan data sebagai berikut:

$$\text{Daya} = 40 \text{ HP, } V = 380 \text{ V, } I = 63 \text{ A, } f = 50 \text{ Hz, } \text{Cos } \varphi = 0,89$$

$$p = 4 \text{ kutub, RPM} = 1470.$$

3. Jenis pengasutan yang di pakai adalah jenis pengasutan:
 - Pengasutan *Auto-Trafo*.
 - Pengasutan *Resistor*.
 - Pengasutan *Reactor*.
4. Analisa pengasutan motor disimulasikan menggunakan *Software ETAP Power Station*.
5. Pengasutan motor induksi 3 phasa dilakukan di PT. PERKEBUNAN NUSANTARA XII (PERSERO) Lumajang.

1.5. Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian yang dilakukan dalam skripsi ini meliputi :

1. Studi Literatur

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

2. Pengumpulan Data

Pengumpulan data lapangan yang dipakai dalam objek penelitian yakni data motor induksi 3 phasa pada PT.PERKEBUNAN NUSANTARA XII (PERSERO) Lumajang.

- 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 pengasutan motor pada PT.PERKEBUNAN NUSANTARA XII (PERSERO) Lumajang.
 - Analisa penentuan peralatan pengasutan motor dengan menggunakan pengasutan yang ada didalam fasilitas program simulasi *Software ETAP Power Station*.

1.6. Sistematika Penulisan

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

BAB I : PENDAHULUAN

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

BAB II : TEORI DASAR

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

BAB III : ANALISA PENGASUTAN MOTOR DAN PEMODELAN SIMULASI *SOFTWARE ETAP POWER STATION*

Pada bagian ini akan diuraikan mengenai analisa pengasutan motor induksi 3 phasa yang digunakan dengan menggunakan simulasi *Software ETAP Power Station* pada PT.PERKEBUNAN NUSANTARA XII (PERSERO) Lumajang.

BAB IV : ANALISA DAN HASIL SIMULASI PENGASUTAN MOTOR

Pada bab ini berisikan tentang hasil analisis simulasi pengasutan 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 pengasutan motor induksi 3 phasa sehingga didapatkan peralatan pengasutan yang tepat yang dapat meminimalkan arus pengasutan yang besar dan dapat meminimalkan dampak pengasutan motor induksi 3 phasa terhadap penurunan tegangan didalam system dan pengaruh pada beban-beban yang lain, terutama pada instansi industri PT.PERKEBUNAN NUSANTARA XII (PERSERO) Lumajang yang menggunakan motor induksi 3 phasa sebagai penggerak mekanik dalam proses produksi teh.

BAB II

TEORI DASAR

2.1. Teori Dasar Motor Induksi^[3]

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.

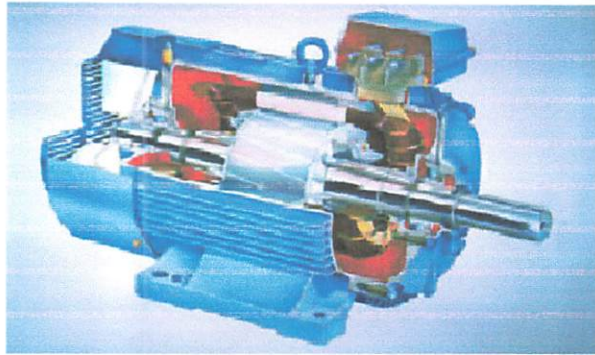
Dinamakan motor tak serempak (*asynchrone*) karena putaran poros motor tidak sama dengan putaran medan *fluks* magnet stator. Dengan kata lain, bahwa antara putaran rotor dan putaran *fluks* magnet terdapat selisih putaran yang disebut *slip*.

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^[3]

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

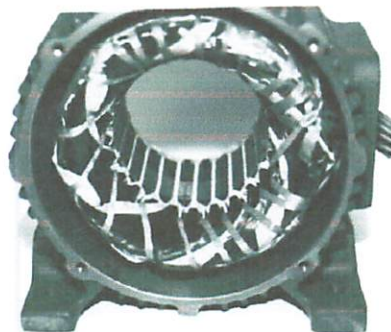


Gambar 2.1. Konstruksi Motor Induksi

2.2.1. Stator^[3]

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.



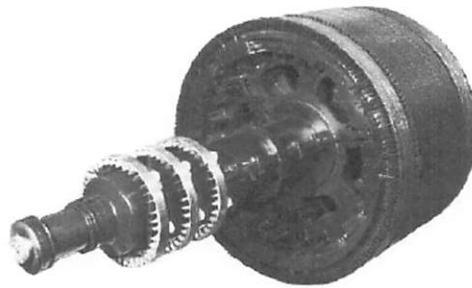
Gambar 2.2. Stator 3 Phasa Motor Induksi

2.2.2. Rotor^[3]

Konstruksi dari rotor motor induksi mempunyai dua bentuk, yaitu :

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

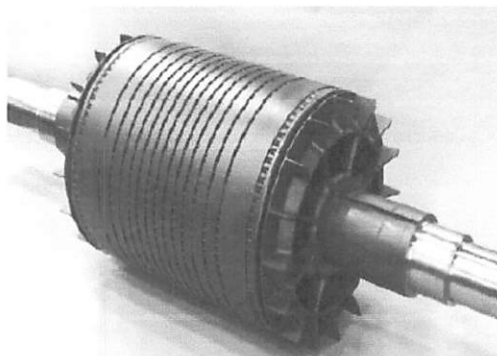
Motor induksi jenis ini mempunyai rotor dengan belitan kumparan 3 fasa sama seperti kumparan stator. Kumparan stator dan rotor juga mempunyai jumlah kutub yang sama.



Gambar 2.4. Rotor Belitan

2. Rotor Sangkar (*squirrel cage rotor*).

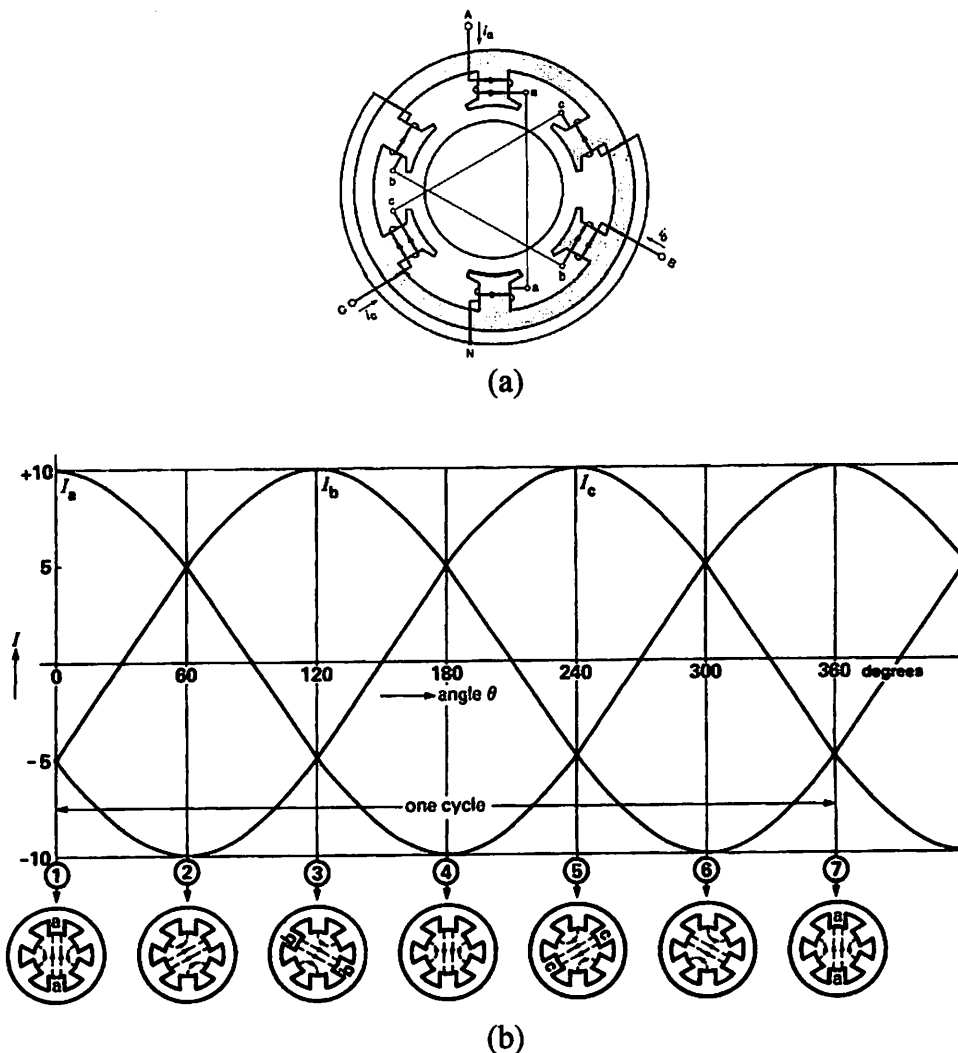
Motor induksi jenis ini mempunyai rotor dengan kumparan yang terdiri atas beberapa batang konduktor yang disusun sedemikian rupa sehingga menyerupai sangkar tupai.



Gambar 2.3. Rotor Sangkar

2.3. Medan Magnet Putar^[4]

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° (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^[4]

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^[4]

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

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

Pada keadaan diam medan magnet putar yang dihasilkan oleh stator mempunyai kecepatan relatif yang sama dengan kumparan rotor. Pada saat ini frekuensi dari arus rotor sama dengan frekuensi stator ($f_r = f_s$). Frekuensi rotor f_r

adalah nol ketika motor berputar pada kecepatan sinkron. Pada saat tersebut tidak terdapat gerakan (putaran) relatif antara medan putar dan rotor. Pada kecepatan yang lain, frekuensi rotor proporsional dengan slip (s). Hubungan antara slip dan frekuensi dapat dilihat dari persamaan berikut ini.

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

dimana : p = jumlah kutub

f_s = frekuensi stator

Pada rotor berlaku hubungan :

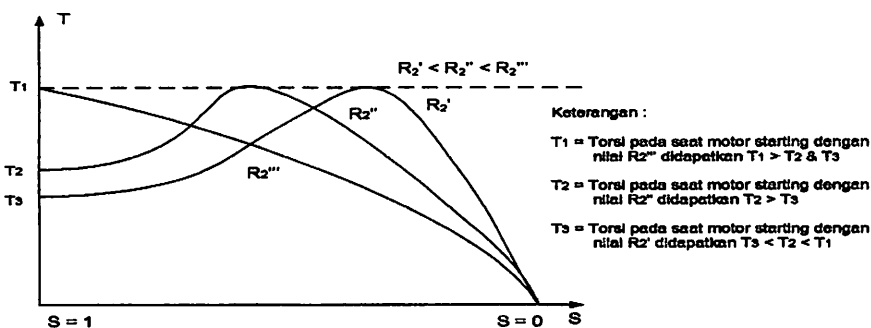
$$f_r = \frac{(n_s - n_r)p}{120} = \frac{(n_s - n_r)n_s p}{n_s 120} \dots\dots\dots(2.5)$$

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

Maka :

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

2.4.2. Karakteristik T – S



Gambar 2.6. Kurva T ~ S

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

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

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

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

Dari ketiga persamaan tersebut dapat ditarik beberapa kesimpulan. Dari persamaan (2.7) diketahui bahwa untuk harga S kecil di mana $S^2(a^2 X_2)^2$ 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^[2]

Suatu rangkaian ekuivalen motor induksi tiga fasa diperlukan untuk membantu analisis operasi dan untuk memudahkan penghitungan kinerja. Rangkaian ekuivalen tersebut mengasumsikan suatu bentuk yang identik rangkaian ekuivalen transformator. Proses penurunannya serupa dengan model dengan modifikasi-modifikasi baru seperlunya untuk menghitung kumparan sekunder

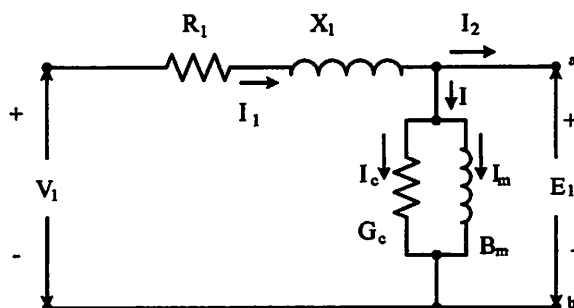
(rotor) dalam hal ini berputar dan menghasilkan daya mekanik. Kerja motor induksi seperti juga kerja pada transformator adalah berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik. Oleh karena itu motor induksi dipandang sebagai transformator yang mempunyai ciri-ciri khusus, yaitu :

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

2.5.1. Rangkaian Ekuivalen Stator^[2]

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-phaa

R_1 = resistansi kumparan stator per-phaa

X_1 = reaktansi bocor kumparan stator per-phaa

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

G_c = konduktansi rugi-rugi inti stator per-phaa

B_m = suseptansi magnetisasi stator per-phaa

2.5.2. Rangkaian Ekuivalen Rotor^[2]

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 phaa adalah:

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

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

dimana X_2 merupakan reaktansi rotor pada start atau diam.

Tegangan induksi pada rotor :

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

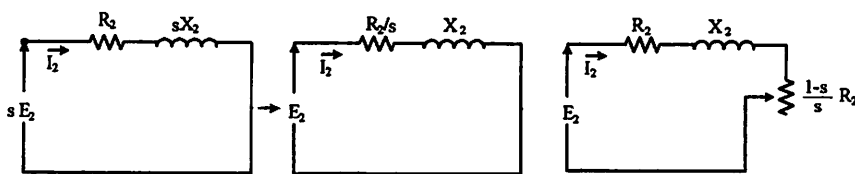
Pada slip, s , frekuensi rotor menjadi $s f_s$, maka tegangan induksi pada rotor

(E_2') pada slip, s , adalah :

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

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

E₂ = Tegangan induksi perphasa didalam rotor keadaan diam

R₂' = Resistansi kumparan rotor per-phasa berpatokan pada stator

X₂' = Reaktansi bocor rotor per-phasa berpatokan pada stator

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

Besar arus rotor (I₂) saat berputar adalah :

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

Atau

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

Sedangkan torsi untuk motor induksi dapat dihtung dengan menggunakan rumus:

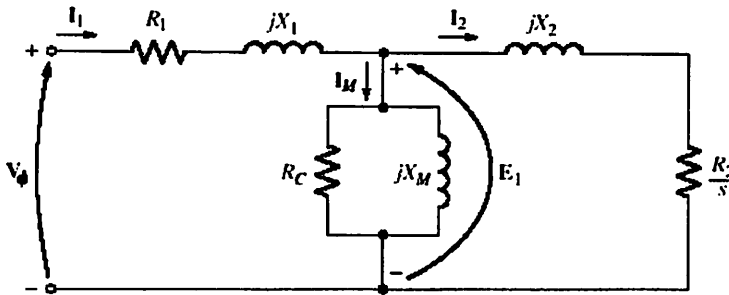
$$P_o = T_o \cdot \omega_r \dots\dots\dots(2.16)$$

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

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

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

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



Gambar 2.9. Rangkaian Ekivalen Motor Induksi

Dimana:

- V_1 = tegangan terminal (volt)
- R_1 = resistansi kumparan stator (ohm)
- X_1 = reaktansi kumparan stator (ohm)
- X_m = reaktansi magnetik (ohm)
- I_1 = arus input (amp)
- I_2 = arus rotor (amp)
- I_m = arus magnetisasi (amp)
- E_1 = tegangan induksi (ggl) di dalam kumparan stator (volt)
- S = slip
- R_2 = resistansi kumparan rotor (ohm)
- X_2 = reaktansi bocor rotor (ohm)
- R_c = resistansi rugi inti (ohm)
- P_o = daya output (watt)
- P_{in} = daya input (watt)
- T_o = torsi mekanik (N-m)
- ω_r = kecepatan sudut rotor (rad/sec)

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

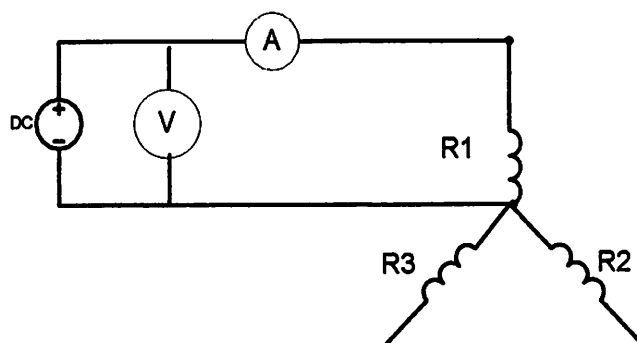
- Daya Output (Hp/KW)
- Tegangan Nominal $V_{Y-\Delta}$ (Volt)
- Arus Nominal (Amp)
- Power Faktor
- Kecepatan (rpm)
- Jumlah Kutub

2.6. Pengujian Motor Induksi Tiga Phasa

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

2.6.1. Pengujian Arus Searah (*DC Test*)

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}) :

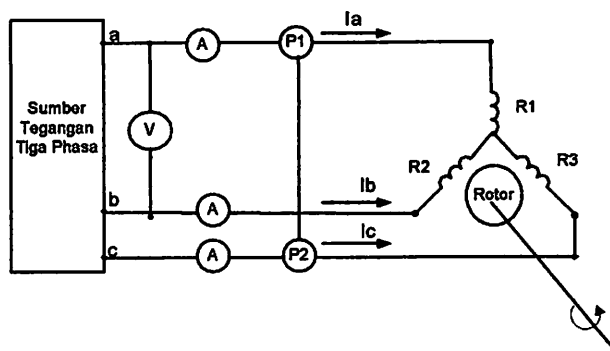
untuk nilai resistansi kumparan a dan b :

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

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*)^[2]

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 :

$$P_{3-\phi} = P_1 + P_2 \text{ Watt}$$

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

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 :

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

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

Rugi Rugi Stator

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

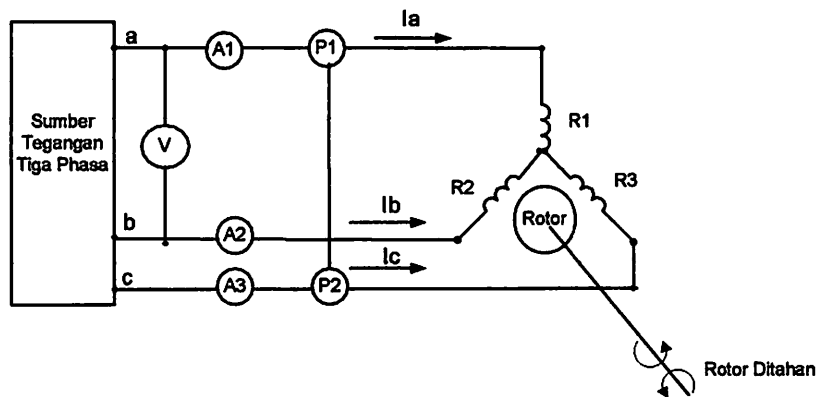
Rugi Gesek, angin, rugi besi :

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

2.6.3. Pengujian Rotor Tertahan (*Blocked Rotor Test*)^[2]

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 phasa stator :

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

R_{ek} , resistansi ekivalen :

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

Untuk R_r' , resistansi rotor berpatokan pada stator :

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

Z_{br} , Impedansi rotor tertahan :

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

X_{ek} , reaktansi ekivalen :

$$X_{ek} = \sqrt{(Z_{br}^2 + R_{ek}^2)} \text{ ohm/phasa(2.37)}$$

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

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

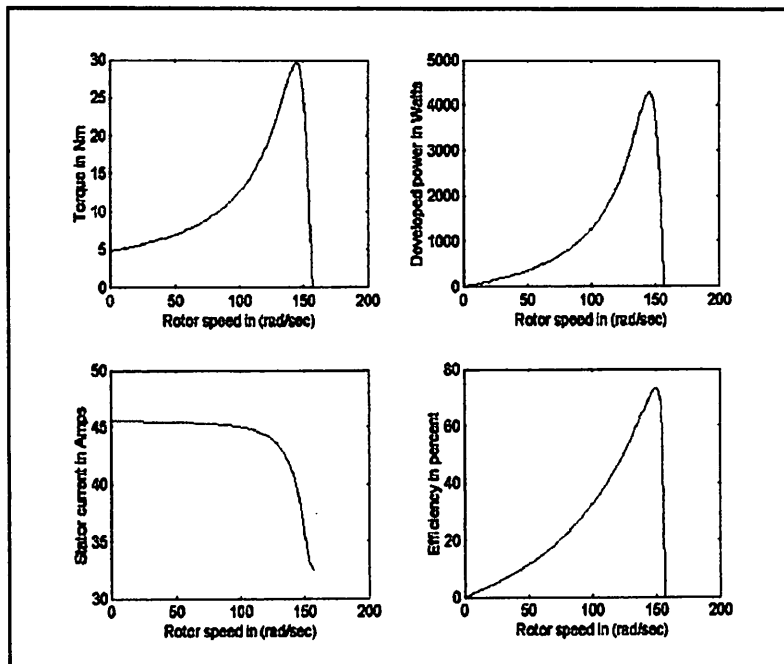
2.7. Operasional Motor Induksi

Menjalankan motor induksi 3 phasa 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.

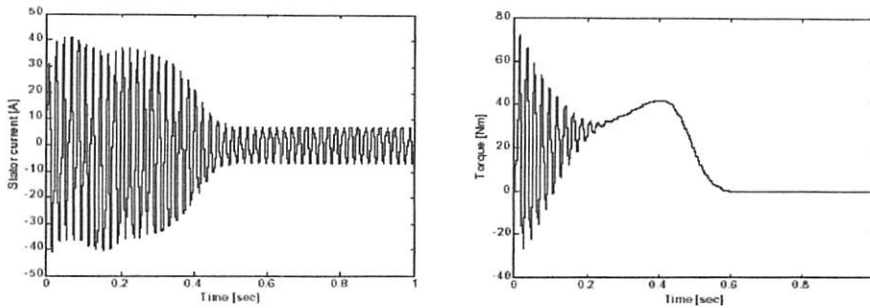


Gambar 2.13. Karakteristik Motor Induksi keadaan *steady state* [8]

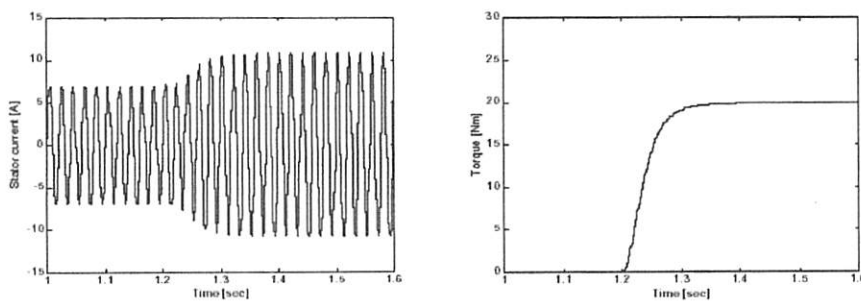
2.7.2. Performa *Transient*

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 keadaam 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

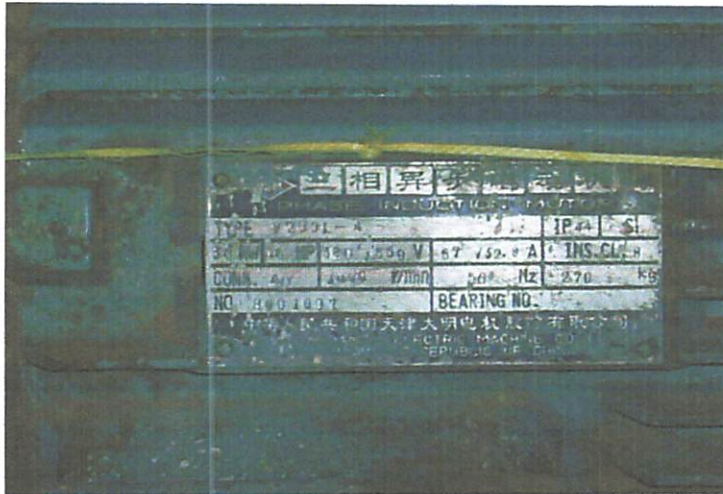
Beban motor induksi merupakan faktor yang penting dalam stabilitas *power system* karena adanya beberapa alasan yaitu:

- 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

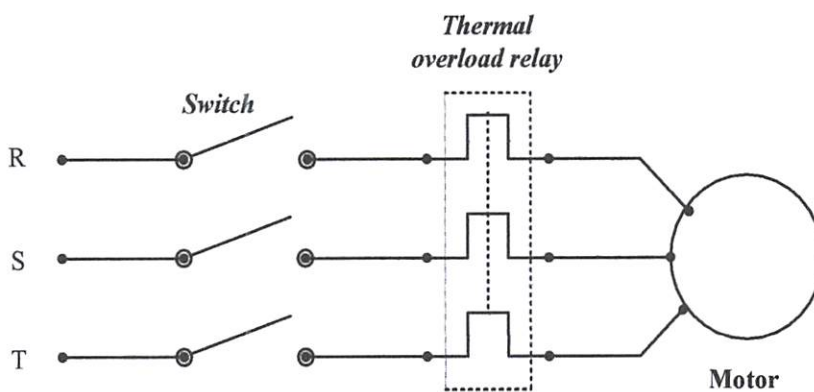
Perubahan arus torsi dan tegangan yang terjadi misalnya pada keadaan penambahan torsi beban yang berubah-ubah merupakan informasi yang diperlukan oleh teknisi di bidang kontrol sehingga dapat menentukan jenis pengaman yang akan digunakan dan peralatan kontrol yang mana akan digunakan. Keadaan *transient* 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*.



Gambar 3.2. Name Plate



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:

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

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

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^[7]

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.

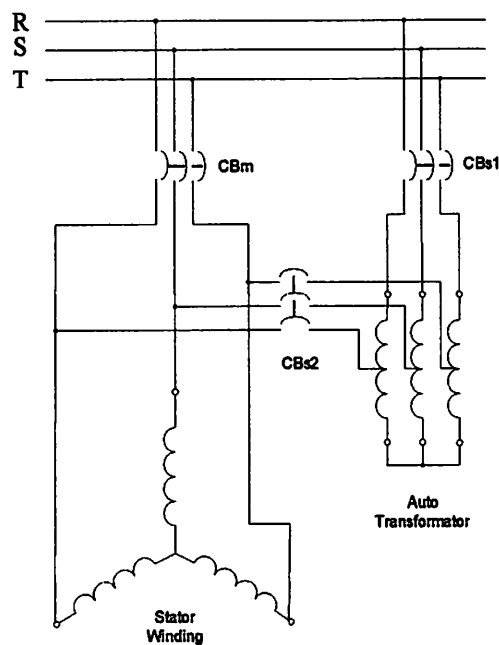
Arus pengasutan yang besar dari motor dapat menyebabkan penurunan tegangan. Tambahan pula dengan arus awal yang tinggi, motor juga menghasilkan torsi awal yang lebih tinggi dibandingkan torsi beban penuh. Pada beberapa aplikasi, torsi awal ini menyebabkan kerusakan system mekanis. Misalnya pada belt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

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

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

Pembatasan arus utility, dan juga kapasitas rel pada pabrik, dapat memerlukan motor yang diatas *power* tertentu diasut dengan tegangan yang dikurangi. Beban kinerja tinggi dapat memerlukan kontrol akselerasi motor beban. Jika beban yang digerakkan atau system distribusi daya tidak dapat menerima pengasutan beban penuh, beberapa jenis tegangan yang dikurangi meliputi pengasut tahanan primer, *auto-transformator*, *start-delta*, pengasutan bagian lilitan dan *solid-state*.

3.2.1. Pengasutan Motor Menggunakan *Auto-Transformator*^[6]



Gambar 3.4. Pengasutan *Auto-Transformator*

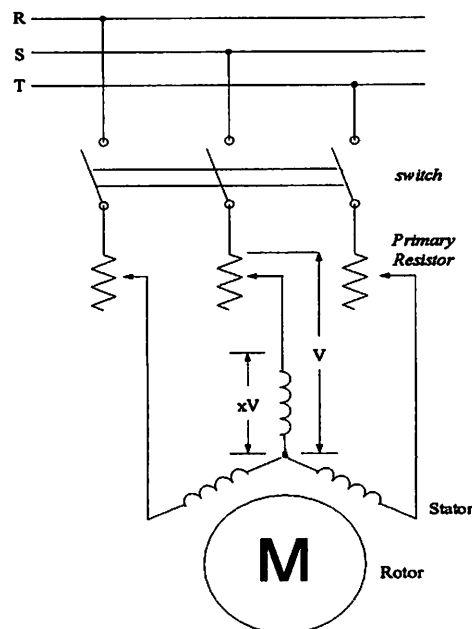
Untuk menurunkan arus *pengasutan* dapat dilakukan dengan cara menggunakan pengasutan *auto-transformator*. Motor terlebih dahulu secara permanen dihubungkan dengan hubungan *star-delta*, dimana pertama kali di *switch* dengan tap *auto-transformator* dengan penurun tegangan sampai pada keadaan stabil kemudian di *switch* ke posisi *running* atau tegangan penuh. Pada

prinsipnya metode pengasutan ini hampir sama dengan pengasutan *star-delta*. Keuntungan dari metode ini dimana arus dan torsi pengasutan dapat diatur sesuai dengan nilai yang dibutuhkan.

Rangkaian pengasutan *auto-transformator* dapat pada gambar 3.4. Pertama CB_{s1} 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%.

3.2.2. Pengasutan Motor Menggunakan Resistor^[5]



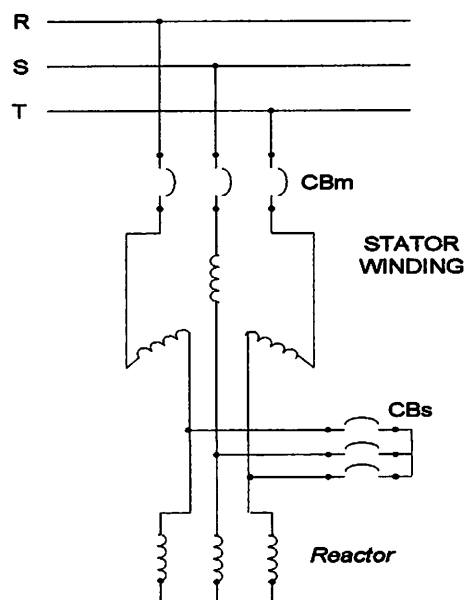
Gambar 3.5. Pengasutan Resistor

Gambar 3.5. menunjukkan susunan pengasutan resistor. Pengasutan resistor menambah resistor pada rangkaian stator selama periode pengasutan. Jadi

mengurangi arus yang ditarik dari line. 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.

3.2.3. Pengasutan Motor Menggunakan *Reactor*^[6]



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.

3.3. Lama Waktu Asut^[3]

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 ΔT adalah kelebihan momen, yang memberi percepatan kepada motor. Sehingga dapat ditulis:

$$\Delta T = T_d - T_b = J \frac{d\omega}{dt} \dots\dots\dots(3.4)$$

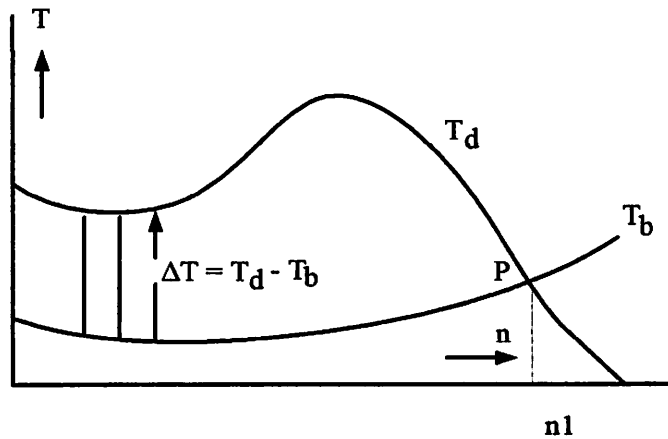
Dimana:

$$J = m R^2 = m D^2 / 4 \dots\dots\dots(3.5)$$

= momen lembam peler

$$= \int r^2 dm \dots\dots\dots(3.6)$$

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:

$$\Delta T = mR \frac{2\pi}{60} \frac{dn}{dt} \dots\dots\dots(3.7)$$

Atau:

$$dt = \frac{\pi}{120} mD \frac{dn}{\Delta T} \dots\dots\dots(3.8)$$

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

$$\int_0^{t_1} dt = \frac{\pi}{120} mD \int_0^{n_1} \frac{1}{\Delta T} dn \dots\dots\dots(3.9)$$

Atau:

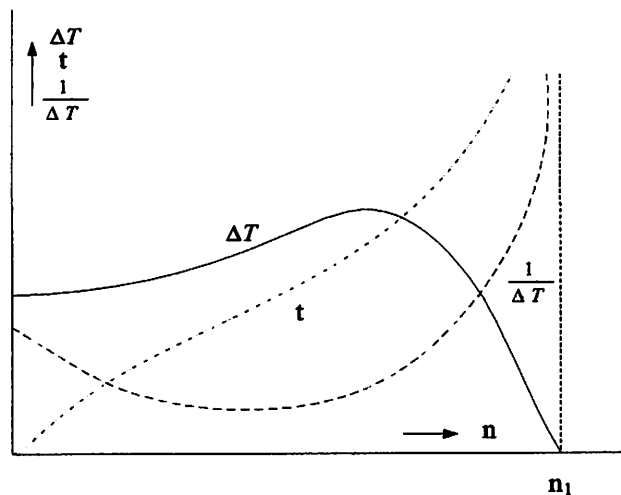
$$t_1 = \frac{\pi}{120} mD \int_0^{n_1} \frac{1}{\Delta T} dn \dots\dots\dots(3.10)$$

Sehingga:

$$t_1 = \infty \dots\dots\dots(3.11)$$

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

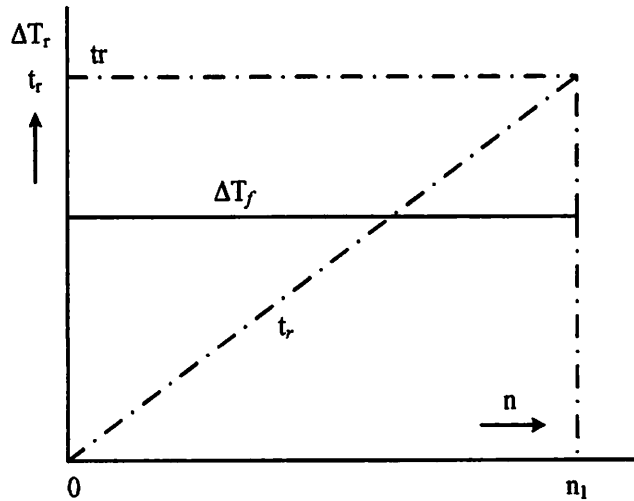
Gambar 3.8. memperlihatkan kelebihan kopel ΔT sebagai fungsi putaran n , yaitu $\Delta T = T_a - T_b$, yang setelah mencapai putaran nominal n_1 menjadi nol.



Gambar 3.8. Kopel ΔT Sebagai Fungsi Putaran n

Dalam gambar 3.8. juga diperlihatkan kebalikan dari ΔT , yaitu $1/\Delta T$ sebagai fungsi putaran n . dengan sendirinya, pada waktu ΔT mencapai maksimum, maka $1/\Delta T$ mencapai minimum. Sebaliknya, pada putaran n_1 nilai ΔT 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 ΔT diambil ΔT rata-rata, atau ΔT_r , yang merupakan nilai rata-rata ΔT 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

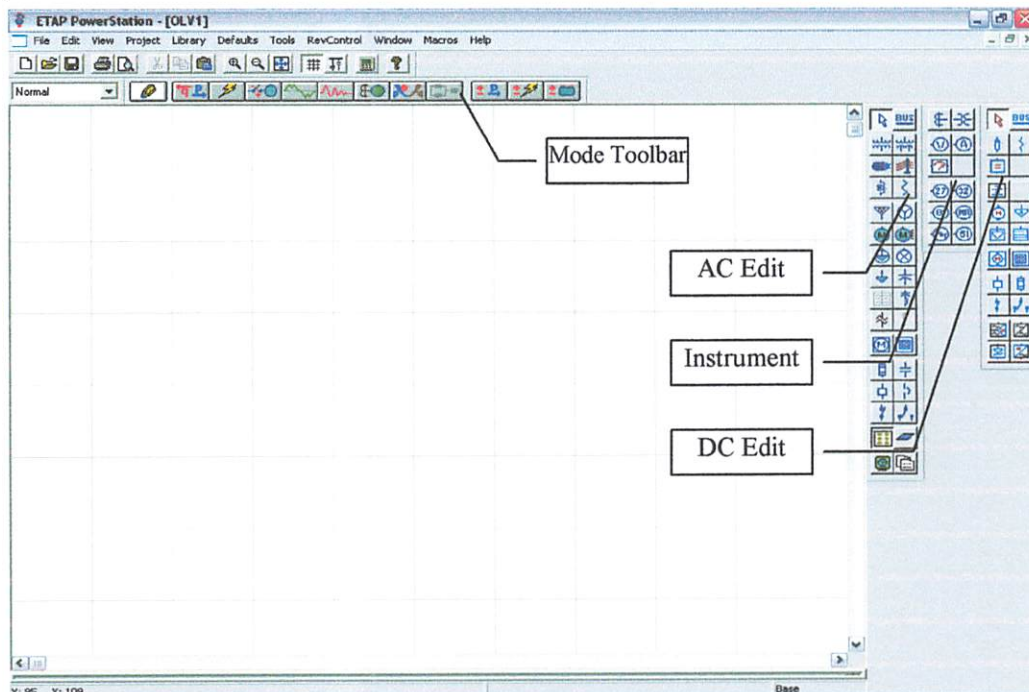
Bilamana hal ini dilakukan, maka untuk t_1 diperoleh nilai praktis:

$$t_1 \approx \frac{\pi}{120} \frac{mD}{\Delta T_r} n_1^2 \dots \dots \dots (3.12)$$

Pada gambar diatas terlihat fungsi t rata-rata, yang secara linear mulai dari putaran $n = 0$ mencapai nilai t_1 tersebut diatas pada putaran nominal n_1 .

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.

3.5. Algoritma Program

3.5.1. Algoritma Pemecahan Masalah Pengasutan *Auto-Trafo*

Menggunakan Simulasi Software ETAP Powerstation

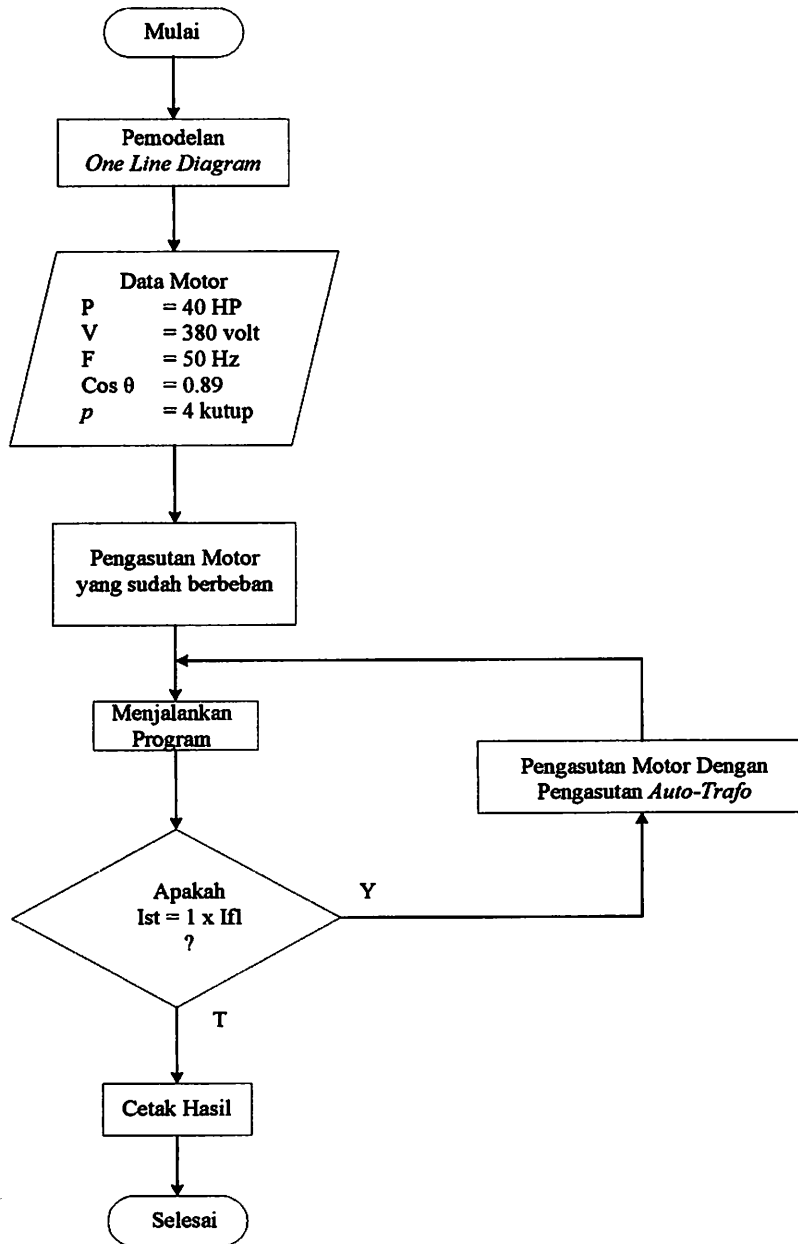
1. Mulai
2. Membuat *one line* diagram simulasi
3. Memasukkan data motor P, V, I, f, Cos φ , p
4. Melakukan pengasutan motor yang sudah berbeban
5. Running program
6. Apakah $I_{start} = 1 \times I_{nominal}$

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

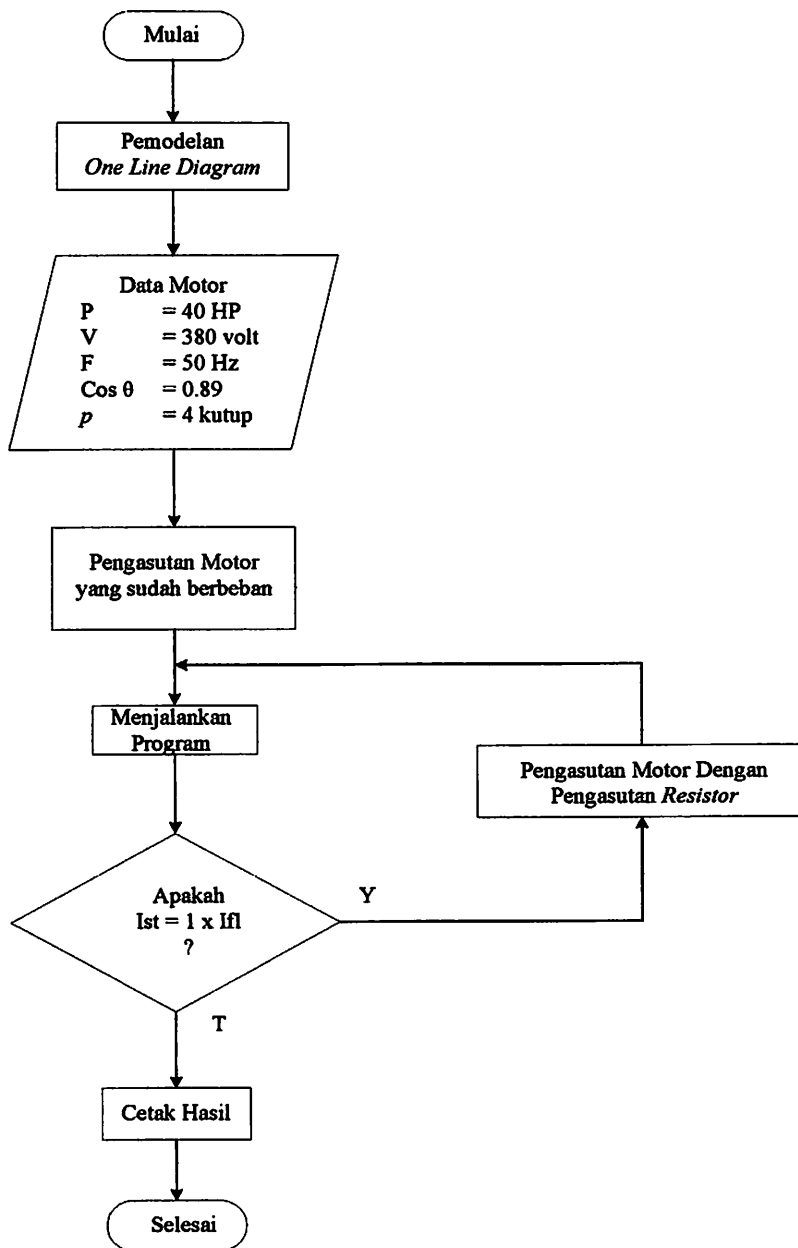


Gambar 3.12. Flowchart Pengasutan Auto-Trafo Menggunakan Simulasi Software ETAP Power Station

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

1. Mulai
2. Membuat *one line* diagram simulasi
3. Memasukkan data motor P, V, I, f, Cos φ , 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*

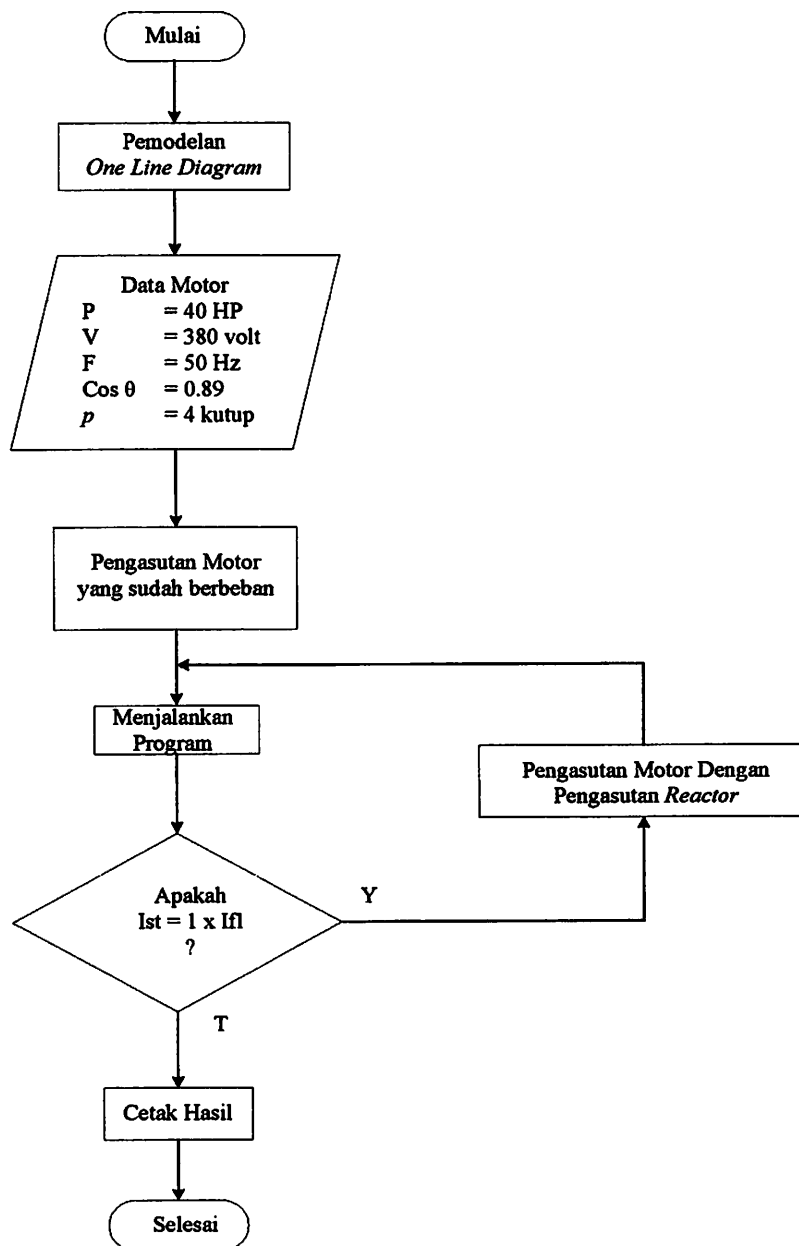


Gambar 3.13. *Flowchart Pengasutan Resistor Menggunakan Simulasi Software ETAP Power Station*

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

1. Mulai
2. Membuat *one line* diagram simulasi
3. Memasukkan data motor P, V, I, f, Cos φ , 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 3.14. Flowchart Pengasutan Reactor Menggunakan Simulasi Software ETAP Power Station

BAB IV

ANALISA DAN HASIL SIMULASI PENGASUTAN MOTOR

4.1. Data Motor Induksi Pada PT.PERKEBUNAN NUSANTARA XII

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

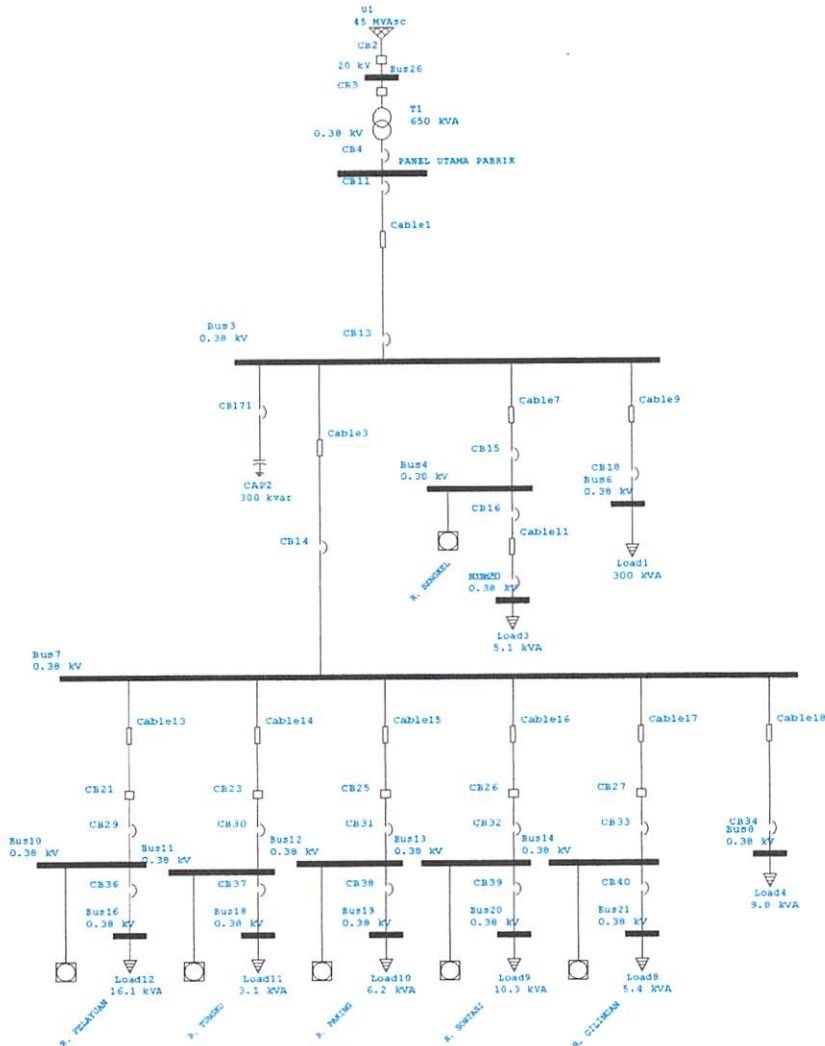
Tabel 4.1.
Data Motor Induksi 3 fasa Pada Tempat Pembakaran

Daya	40 HP
Tegangan	380 Volt
Arus	63 Ampere
Frekuensi	50 Hz
Pole	4
Putaran	1470 rpm
Cos θ	0.89

Motor yang dimaksud digunakan untuk meniup hawa panas yang berasal dari tempat pembakaran yang kemudian disalurkan ke tempat pelayuan yang bertujuan untuk melayukan daun yang masih segar menjadi layu.

4.2. Pemodelan Kedalam *Software ETAP Power Station*.

Dengan bantuan *Software ETAP Power Station* maka simulasi *One-Line Diagram* yang terlihat dalam gambar 4.1. Dengan 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 4.1. Pemodelan *One-Line Diagram* Simulasi PT.PN XII

Induction Machine Editor - Main Fan VFBD

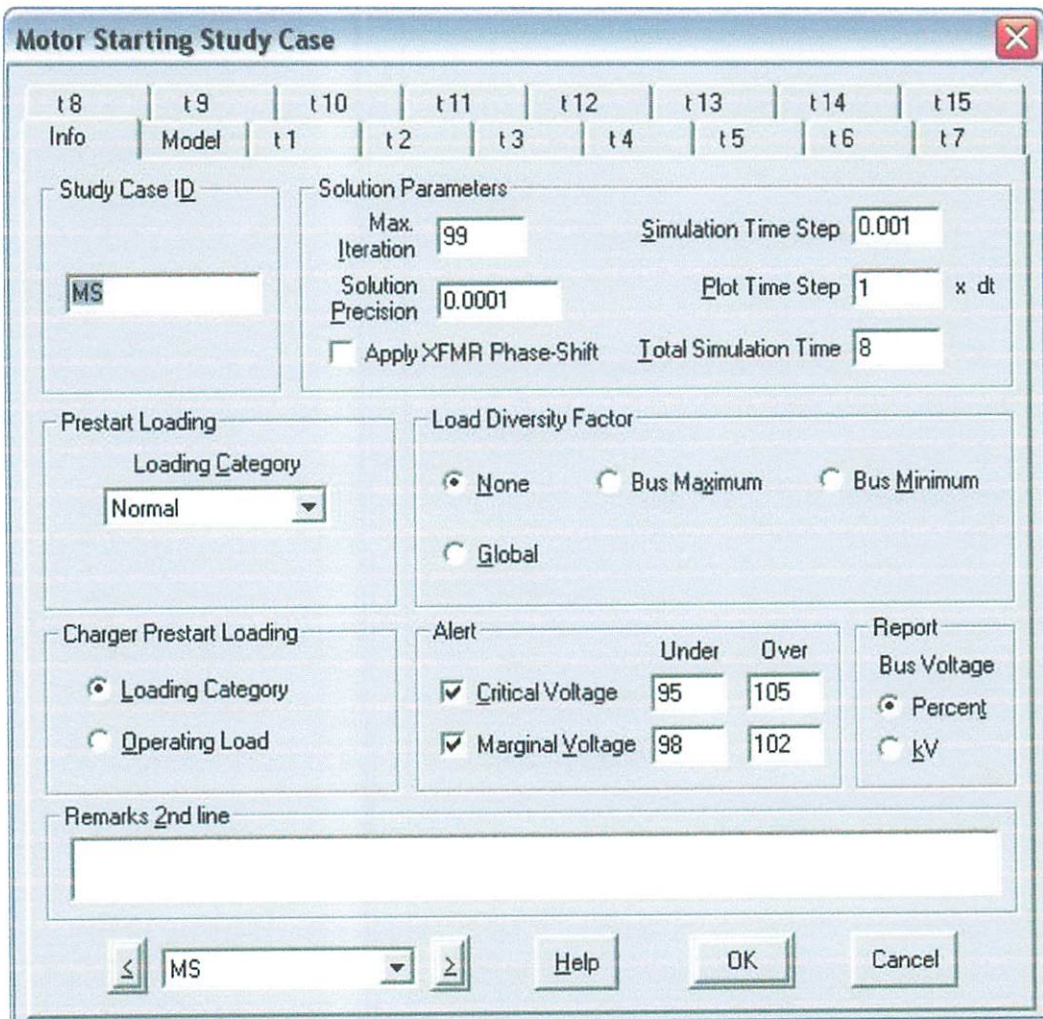
Cable Amp	Reliability	Remarks	Comment			
Info	Nameplate	Model	Start Dev	Start Cat	Cable/Vd	
1	40 HP 0.38 kV				Cable Info not available	
Ratings						
HP	40	kV	0.38	% PF	100 % 89.85, 75 % 89.85, 50 % 89.85	
kVA	41.4	FLA	62.95	% Eff	80.13, 80.13, 80.13	
Library...	None			RPM	1500	
Loading						
			Motor Load		Feeder Loss	
	Loading Category	% Loading	kW	kvar	kW	kvar
1	Design	100	37	18	0	0
2	Normal	90	34	16	0	0
3	Winter Load	0	0	0	0	0
4	Summer Load	0	0	0	0	0
5	Backup	0	0	0	0	0
6	FLd Rejec	0	0	0	0	0
7	Emergency	0	0	0	0	0
Operating Load:			37.225 kW	+ j	18.187 kvar	

< Main Fan VFBD > Undo Find Help OK Cancel

Gambar 4.2. *Inputan Data Name Plate Motor* kedalam *Software ETAP Power Station*

Pada gambar 4.2. menampilkan inputan data *name plate* motor induksi dan memasukan 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 4.3. 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.

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 pengasutan Motor

Analisa perhitungan pengasutan motor sebagai berikut:

$$I_{fl} = \frac{P}{\sqrt{3}VCos\theta\eta} \dots\dots\dots(4.1)$$

$$63 = \frac{29840}{\sqrt{3}.380.0.80.Cos\theta}$$

$$Cos\theta = \frac{29840}{\sqrt{3}.380.0.80.63} = 0,89$$

$$I_{line} = \sqrt{3}I_{fl} \dots\dots\dots(4.2)$$

$$I_{Line} = \sqrt{3}.63 = 109,12A$$

$$ns = \frac{120.f}{p} \dots\dots\dots(4.3)$$

$$n_s = \frac{120.50}{4} = 1500rpm$$

$$S = \frac{ns - nr}{ns} \dots\dots\dots(4.4)$$

$$S = \frac{1500 - 1470}{1500} = 0,02$$

$$\omega_{ms} = \frac{2\pi.nr}{60} \dots\dots\dots(4.5)$$

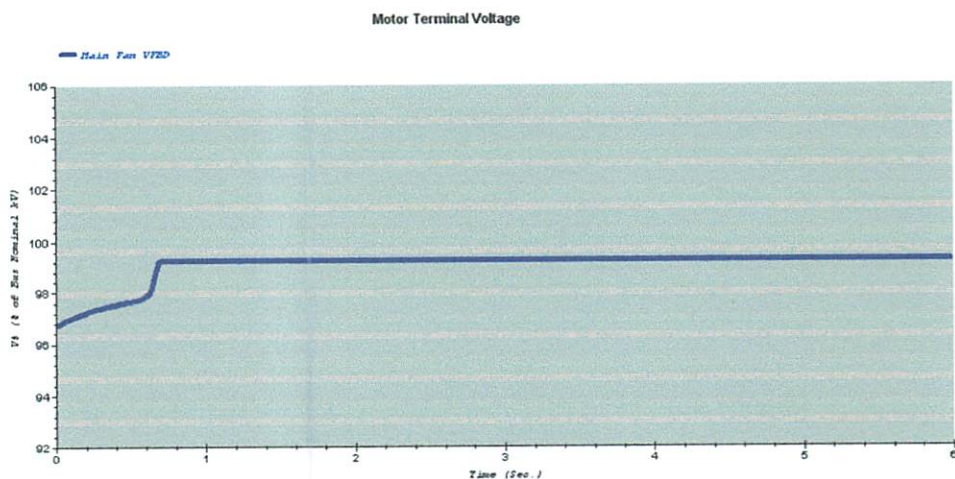
$$\omega_{ms} = \frac{2,3,14.1470}{60} = 153,86rad / s$$

$$T = \frac{P}{\omega} \dots\dots\dots(4.6)$$

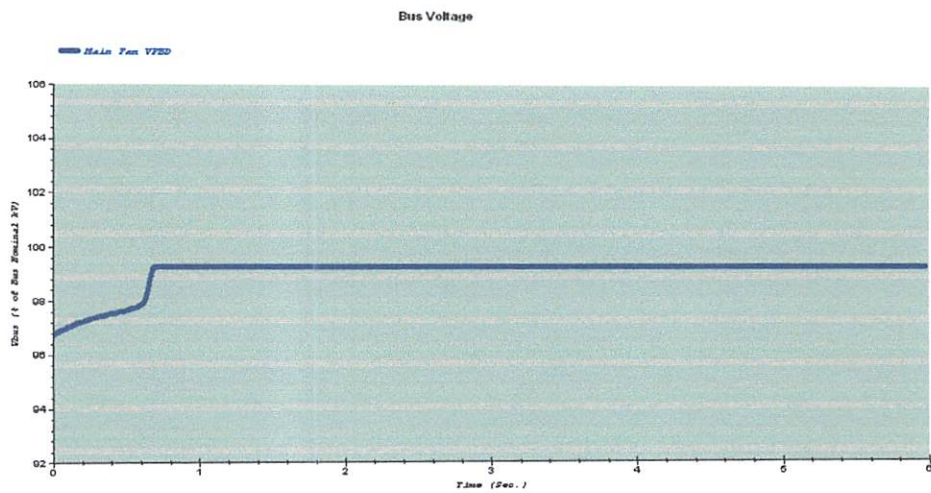
$$T = \frac{29840}{153,86} = 193,94N.m$$

4.3.2. Tampilan Hasil Simulasi Tanpa Pengasutan Motor

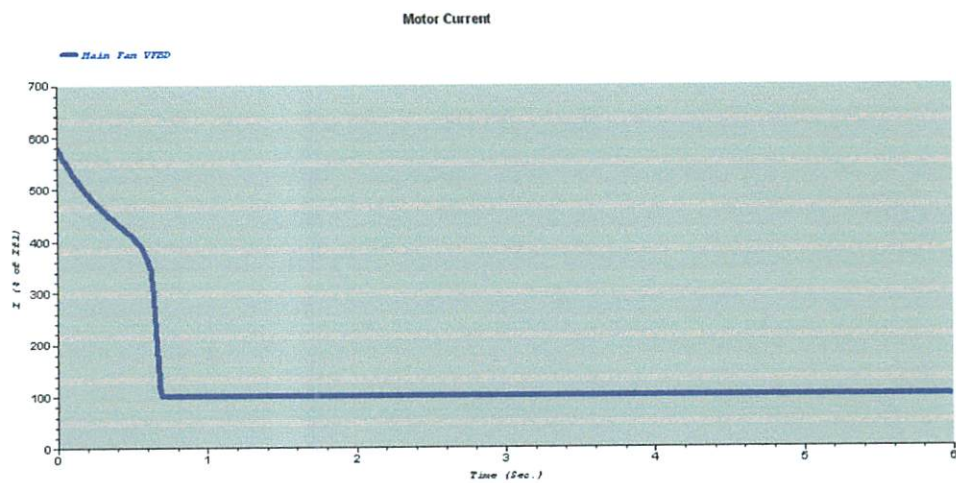
Tampilan hasil simulasi pengasutan motor adalah untuk mengetahui besarnya arus yang ditarik motor pada saat motor dijalankan. Pada saat asut, motor menarik arus yang cukup besar. Besarnya arus yang ditarik motor berkisar antara 4 sampai 7 kali arus beban penuh. Seperti yang terlihat pada gambar 4.6. dibawah ini.



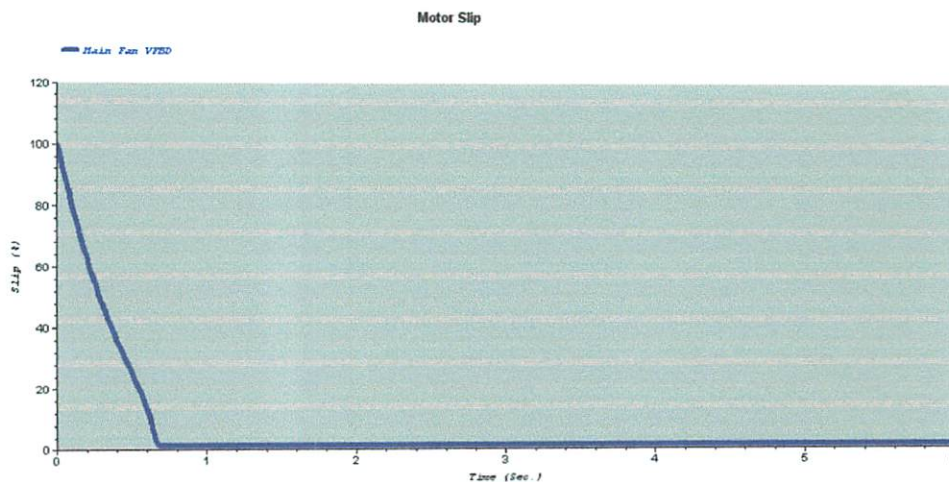
Gambar 4.4. Kurva Tegangan Terminal Motor (kV) Terhadap Waktu (s)



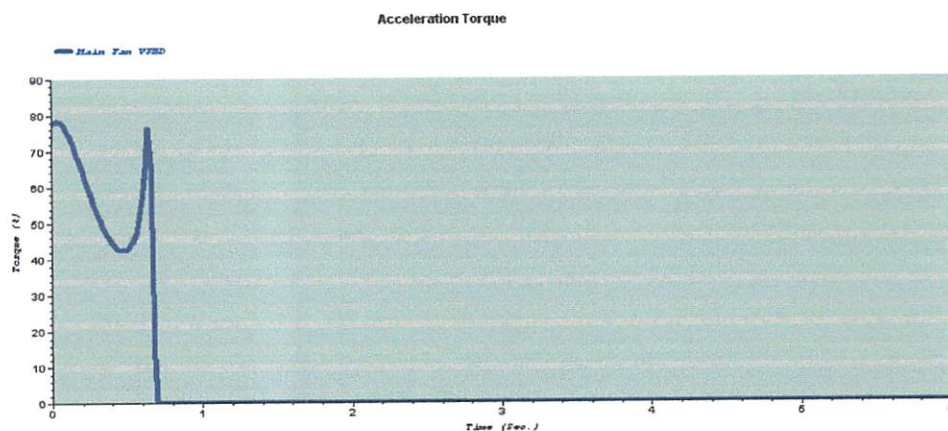
Gambar 4.5. Kurva Bus Voltage (kV) Terhadap Waktu (s)



Gambar 4.6. Kurva Arus (A) Pengasutan Motor Terhadap Waktu (s)



Gambar 4.7. Kurva Slip (%) Terhadap Waktu (s)



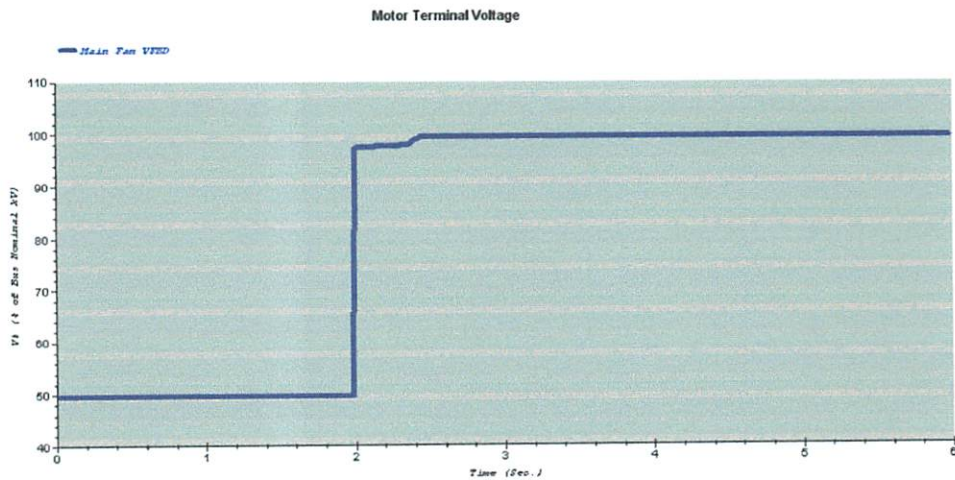
Gambar 4.8. Kurva Torsi (N-m) Terhadap Waktu (s)

Dari hasil simulasi program *ETAP Power Station*, pada gambar 4.6. besarnya arus pengasutan motor adalah 580,376% dari *FLA*. Sedangkan pada gambar 4.8. torsi asut besarnya adalah 77,5349%. Dan *slip* beban penuh besarnya adalah 1,15723%. Sedangkan tegangan terminal motor besarnya pada saat asut adalah 96,7504% dari V_t .

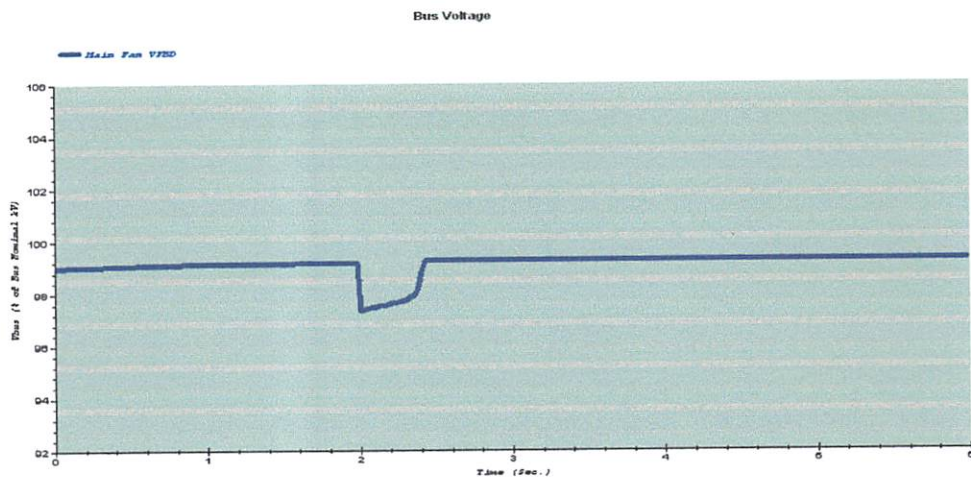
4.4. Hasil Simulasi Pengasutan Motor

4.4.1. Hasil Simulasi Pengasutan *Auto-Trafo*

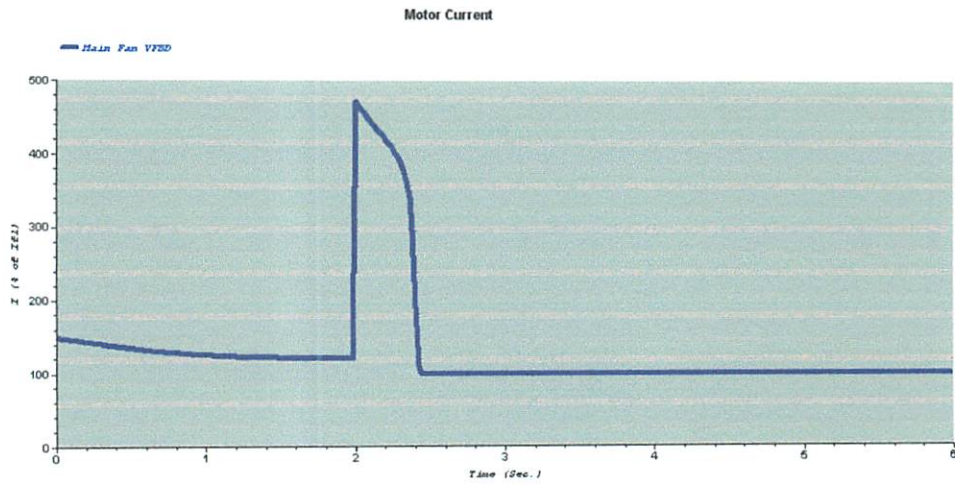
Tampilan hasil simulasi *Software ETAP Power Station* dengan pengasutan *Auto-trafo* Tap 50%.



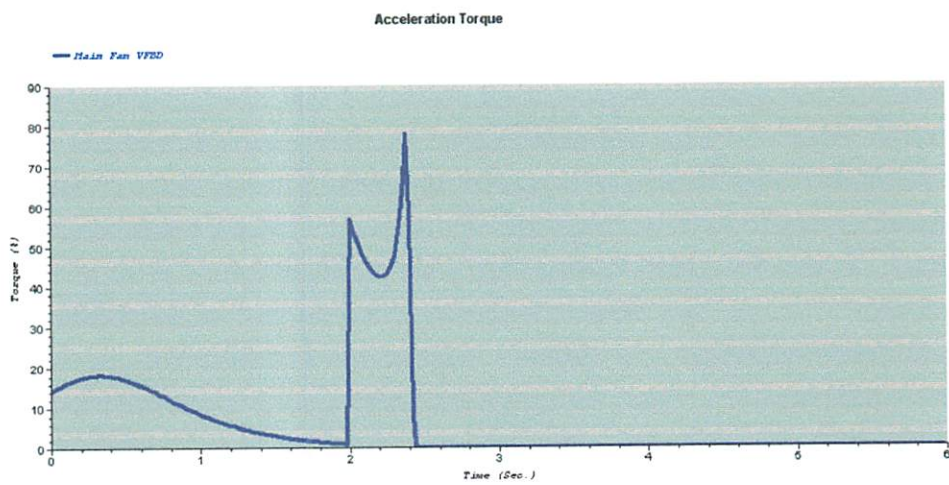
Gambar 4.9 Kurva Tegangan Terminal Motor (kV) Terhadap Waktu (s)



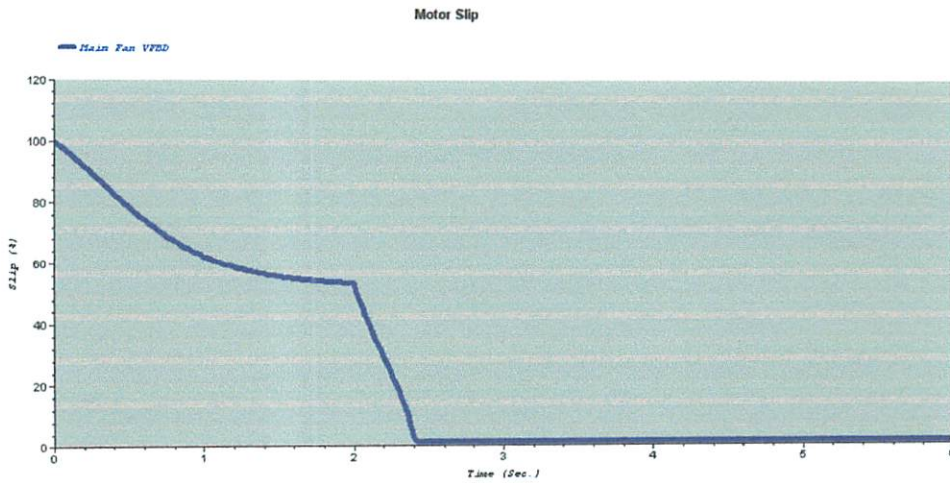
Gambar 4.10. Kurva Bus Voltage (kV) Terhadap Waktu (s)



Gambar 4.11. Kurva Arus Pengasutan *Auto-Trafo* (A) Terhadap Waktu (s)



Gambar 4.12. Kurva Torsi Terhadap Waktu (s)

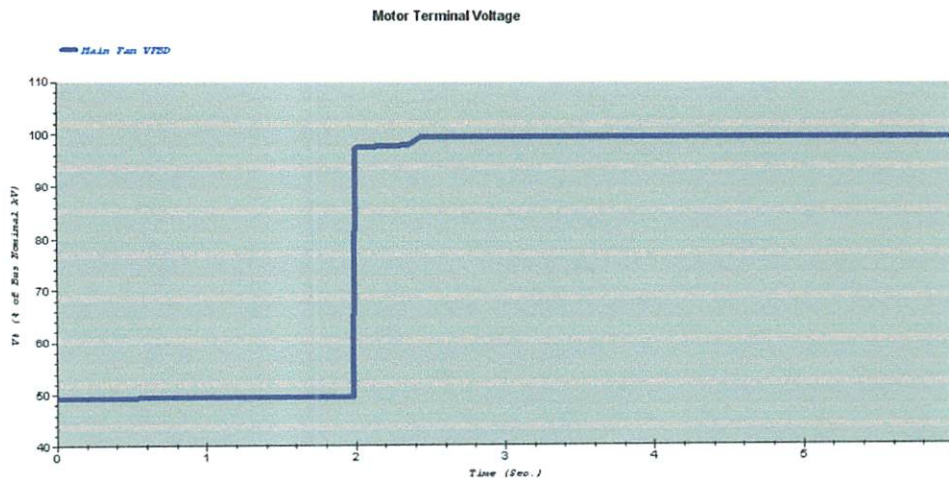


Gambar 4.13. Kurva *Slip* Terhadap Waktu (s)

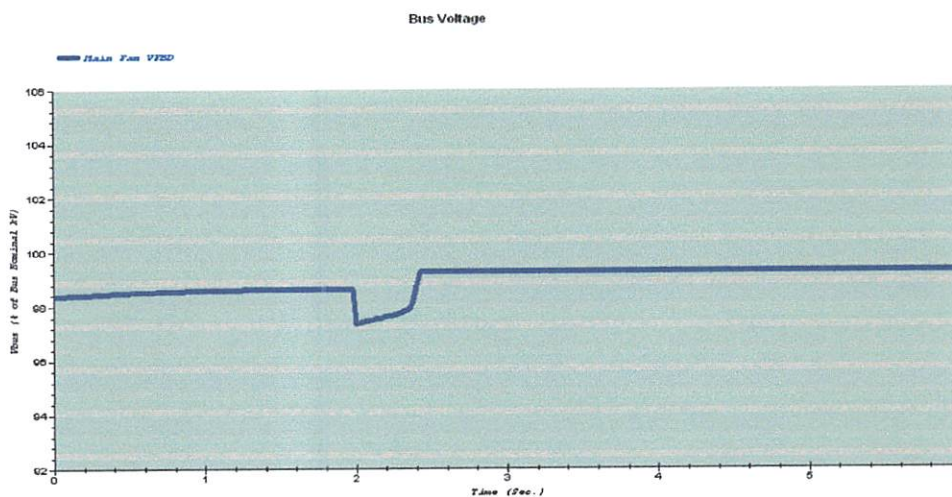
Pada gambar 4.11. dengan menggunakan pengasutan *Auto-Trafo* dengan Tap 50% maka arus pengasutan motor sebesar 148,473% dari FLA. dengan setting waktu pelepasan *Auto-trafo* $t = 2s$, maka arus naik sebesar 471,56% dari FLA. Pada gambar 4.12. Torsi pengasutan motor sebesar 14,1987% dari T_{sc} . Sedangkan pada gambar 4.9. Tegangan terminal motor pada saat asut adalah 49,5018% dari V_t . Dan pada gambar 4.13. Besarnya *slip* adalah 1,29794%.

4.4.2. Hasil Simulasi Pengasutan *Resistor*

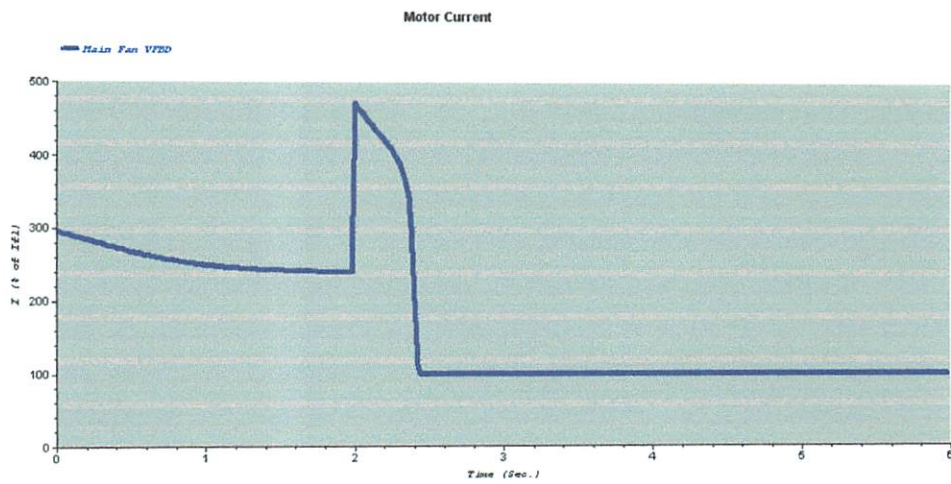
Tampilan hasil simulasi *Software ETAP Power Station* dengan pengasutan *Resistor* Tap 50%.



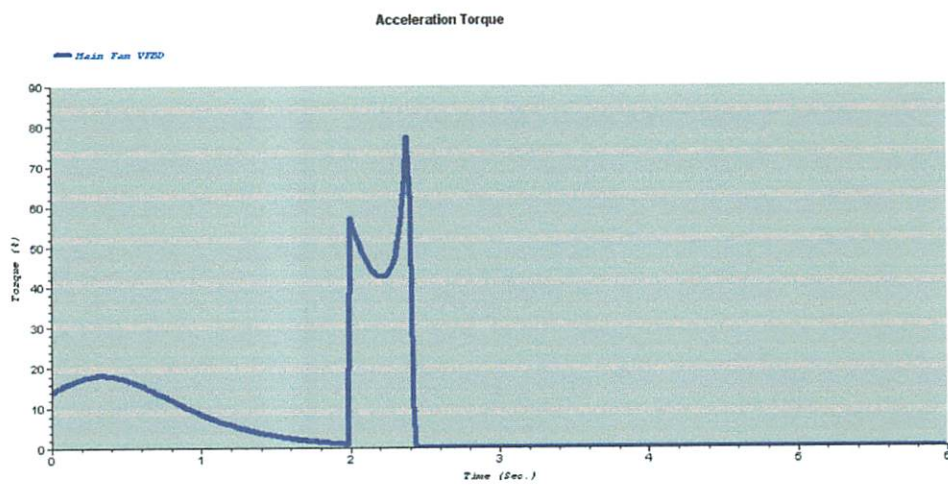
Gambar 4.14. Kurva Tegangan Terminal (kV) Terhadap Waktu (s)



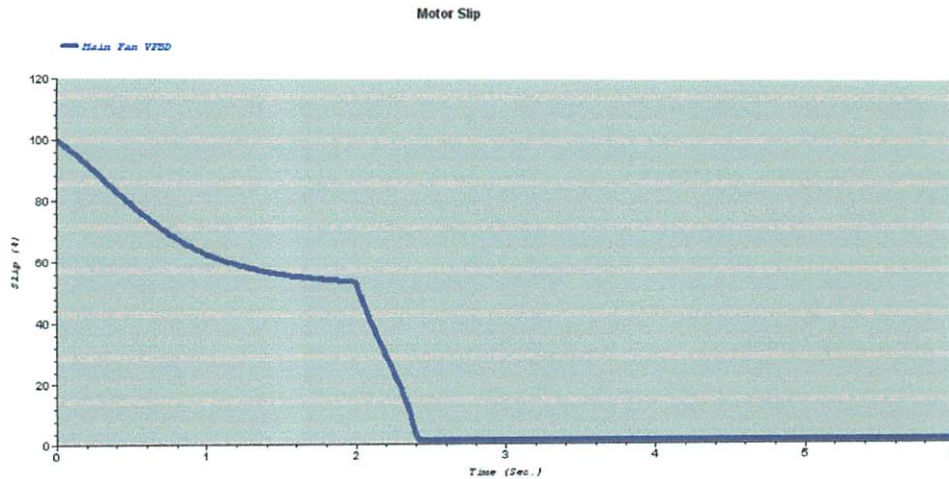
Gambar 4.15. Kurva Bus Voltage (kV) Terhadap Waktu (s)



Gambar 4.16. Kurva Arus Pengasutan *Resistor* (A) Terhadap Waktu (s)



Gambar 4.17. Kurva Torsi Terhadap Waktu (s)

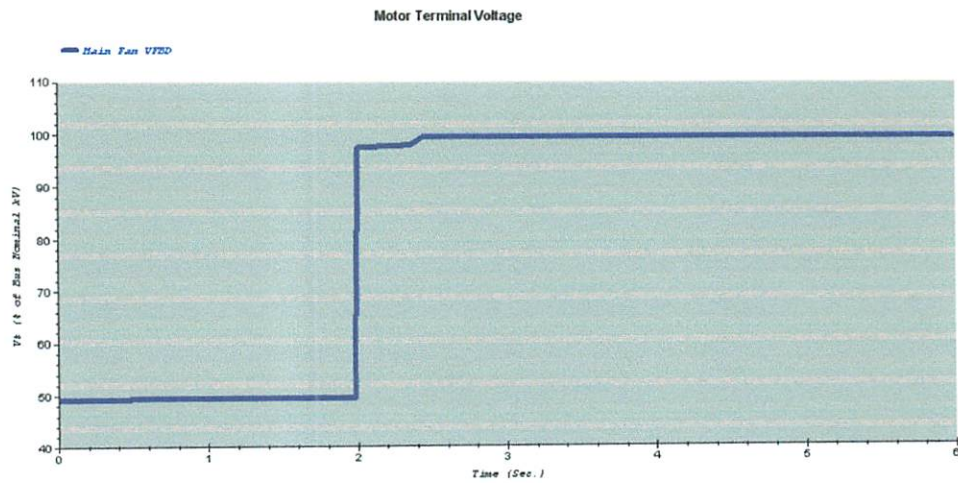


Gambar 4.18. Kurva *Slip* Terhadap Waktu (s)

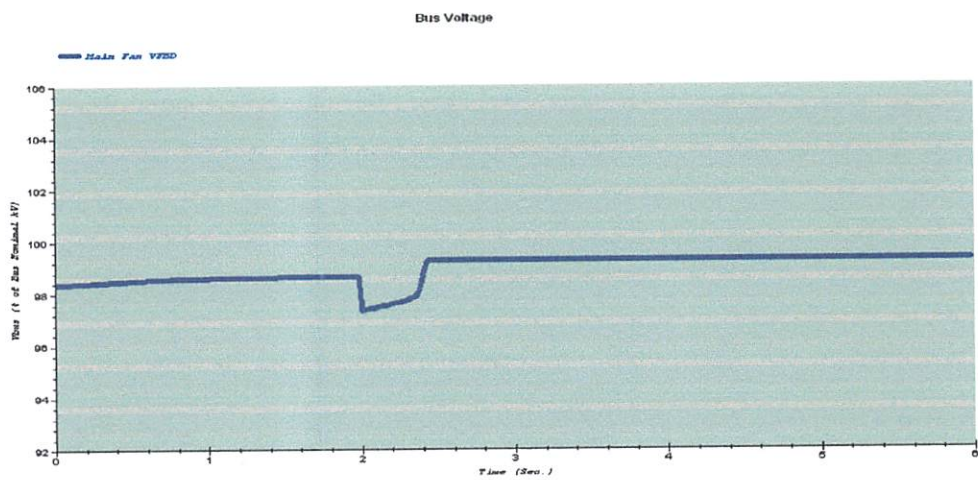
Dari hasil simulasi pengasutan motor menggunakan *resistor* dengan Tap 50%, pada gambar 4.16. Arus pengasutan motor dengan menggunakan *Software ETAP Power Station* adalah 295,052% dari FLA dan arus puncaknya 472,091% dari FLA. Sedangkan pada gambar 4.14. Besarnya tegangan terminal motor adalah 49,186% dari V_t . Dan besarnya torsi pengasutan *resistor* adalah 13,913% dari T_{sc} . Besarnya *slip* 1,33599% pada gambar 4.18.

4.4.3. Hasil Simulasi Pengasutan *Reactor*

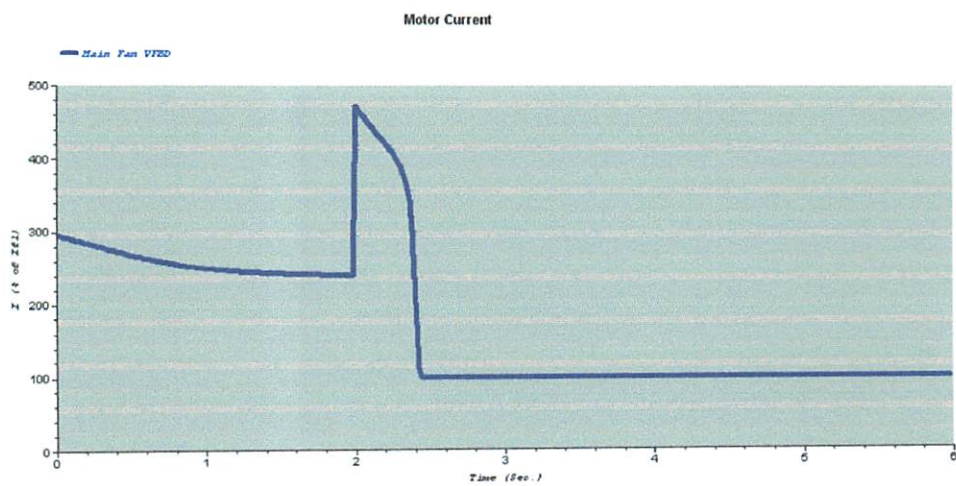
Tampilan Hasil Simulasi *Software ETAP Power Station* pengasutan motor menggunakan *reactor* dengan Tap 50%.



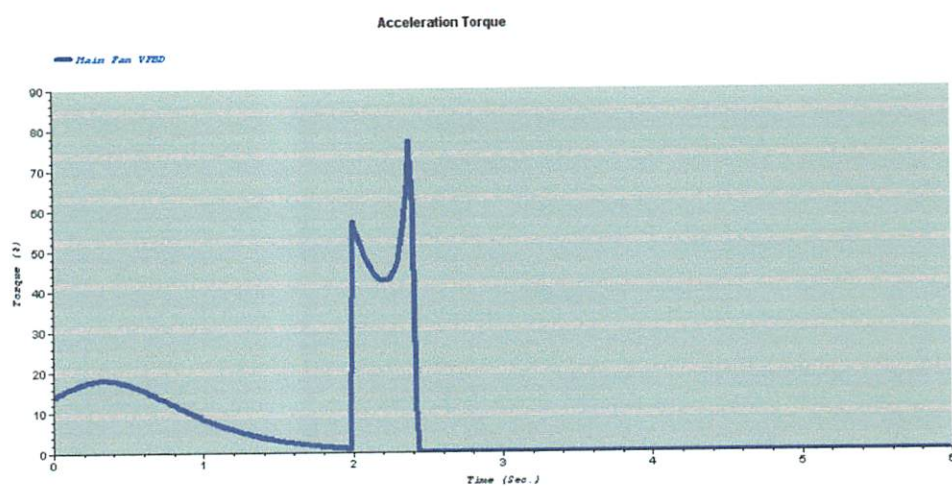
Gambar 4.19. Kurva Tegangan Terminal (kV) Terhadap Waktu (s)



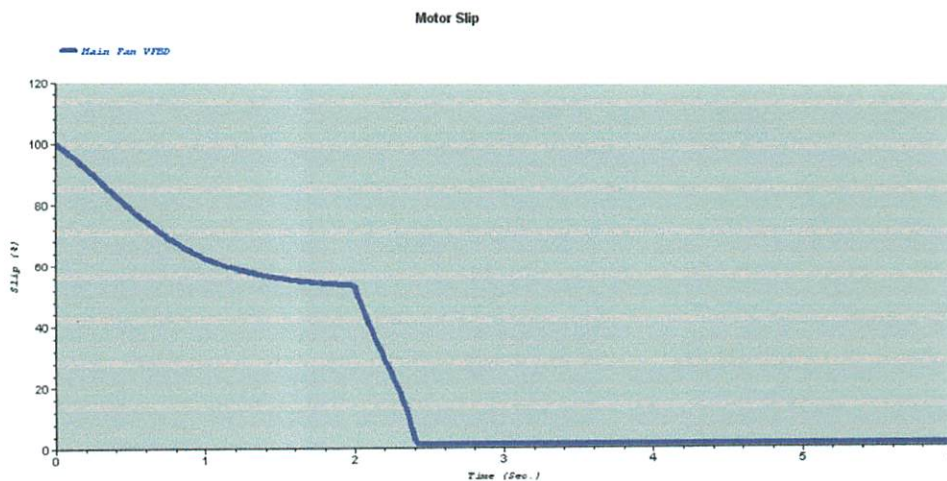
Gambar 4.20. Kurva Bus Voltage (kV) Terhadap Waktu (s)



Gambar 4.21. Kurva Arus Pengasutan *Reactor* Terhadap Waktu (s)



Gambar 4.22. Kurva Torsi Terhadap Waktu (s)



Gambar 4.23. Kurva *Slip* Terhadap Waktu (s)

Dari hasil simulasi *Software ETAP Power Station*, Pada gambar 4.21. Arus pengasutan motor dengan *reactor* sebesar 295,029% dari FLA dan arus puncaknya sebesar 444,982% dari FLA. Sedangkan pada gambar 4.19. tegangan terminal motor sebesar 49,1822% dari V_t . Pada gambar 4.22. torsi pengasutan motor sebesar 13,9097% dari T_{sc} . Sedangkan pada gambar 4.23. *slip* motor sebesar 1,33432%.

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)	580,376	148,473	295,052	295,029
Tegangan % dari V_t (V)	96,7504	49,5018	49,186	49,1822
Torsi % dari T_{sc} (N-m)	77,5349	14,1987	13,913	13,9097
<i>Slip</i> (%)	1,15723	1,29794	1,33599	1,33432

Pada saat motor dijalankan tanpa menggunakan peralatan pengasutan motor, maka arus yang ditarik motor sebesar 580,376% 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 148,473% dari FLA. Akan tetapi penurunan arus pengasutan berdampak pada penurunan torsi pengasutan. Dimana torsi pengasutan tersebut besarnya adalah 14,1987% dari T_{sc} . Sehingga motor ber*accelerasi* menjadi lambat.

Sedangkan menggunakan pengasutan *resistor* dengan Tap 50%, arus yang ditarik motor sebesar 295,052% dari FLA. Maka torsi juga mengalami penurunan sebesar 13,913% 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 13,9097% dari T_{sc} , dan arus pengasutan sebesar 295,029% dari FLA.

Dari beberapa percobaan pengasutan motor, maka peralatan pengasutan yang paling optimal adalah dengan menggunakan pengasutan *Auto-trafo*, dimana arus pengasutannya sebesar 148,473% dari FLA.

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

Diketahui : FLA = 63 A, $V_t = 380$ V

$$I_{st} = \frac{580,376}{100} \times 63 = 365,64 A$$

$$V_t = \frac{96,7504}{100} \times 380 = 367,652 V$$

$$T_{st} = \frac{77,5349}{100} \times 193,94 = 150,37 N.m$$

$$S = \frac{1,15723}{100} = 0,01$$

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

Diketahui : FLA = 63 A, $V_t = 380$ V, Tap = 50%

$$I_{st} = \frac{148,473}{100} \times 63 = 93,54 A$$

$$V_t = \frac{49,5018}{100} \times 380 = 188,11 V$$

$$T_{st} = \frac{14,1987}{100} \times 193,94 = 27,54 N.m$$

$$S = \frac{1,29794}{100} = 0,01$$

4.5.4. Analisa Perhitungan Hasil Komputasi Pengasutan Resistor

Menggunakan *Software ETAP Power Station*

Diketahui : FLA = 63 A, Vt = 380 V, Tap = 50%

$$I_{st} = \frac{295,052}{100} \times 63 = 185,88 A$$

$$V_t = \frac{49,186}{100} \times 380 = 186,91 V$$

$$T_{st} = \frac{13,913}{100} \times 193,94 = 26,98 N.m$$

$$S = \frac{1,33599}{100} = 0,01$$

4.5.5. Analisa Perhitungan Hasil Komputasi Pengasutan Reactor

Menggunakan *Software ETAP Power Station*

Diketahui : FLA = 63 A, Vt = 380 V, Tap = 50%

$$I_{st} = \frac{295,029}{100} \times 63 = 185,87 A$$

$$V_t = \frac{49,1822}{100} \times 380 = 186,89 V$$

$$T_{st} = \frac{13,9097}{100} \times 193,94 = 26,98 N.m$$

$$S = \frac{1,33432}{100} = 0,01$$

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	365,64	93,54	185,88	185,87
$V_t = 380$ Volt	367,652	188,11	186,91	186,89
T_{st} N-m	150,37	27,54	26,98	26,98
<i>Slip</i> (pu)	0,01	0,01	0,01	0,01

BAB V

KESIMPULAN

5.1. Kesimpulan

1. Pengasutan motor tanpa menggunakan pengasutan mengakibatkan jatuh tegangan pada bus, karena arus yang ditarik motor sangat tinggi 5,8 kali arus noiminal atau sama dengan 365,64 A. Dan torsi pengasutan sebesar 150,37 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 1,49 kali arus nominal atau sama dengan 93,54 A. Maka torsi pengasutan juga mengalami penurunan 27,54 N.m.
3. Dengan menggunakan pengasutan *resistor* dengan tap 50%, maka didapat arus awal sebesar 2,95 kali arus nominal atau sama dengan 185,88 A. Dan torsi pengasutan juga mengalami penurunan 26,98 N.m.
4. Pengasutan *reactor* dengan tap 50 % maka didapat arus awal yang hampir sama dengan pengasutan *resistor* yaitu sebesar 2,95 kali arus nominal atau sama dengan 185,87 A. Dan torsi pengasutan juga mengalami penurunan 26,98 N.m.

5. Dari hasil semua pengasutan dengan menggunakan *software ETAP Power Station* didapat pengasutan dengan hasil arus yang paling kecil yaitu dengan menggunakan pengasutan *Auto-Trafo*.
6. Pengasutan *Auto-Trafo* lebih baik dikarenakan di pengasutan tersebut terdapat fasilitas untuk mengatur tegangan, dimana tegangan tersebut bisa diatur secara bertahap (pengaturan secara halus / smooth).

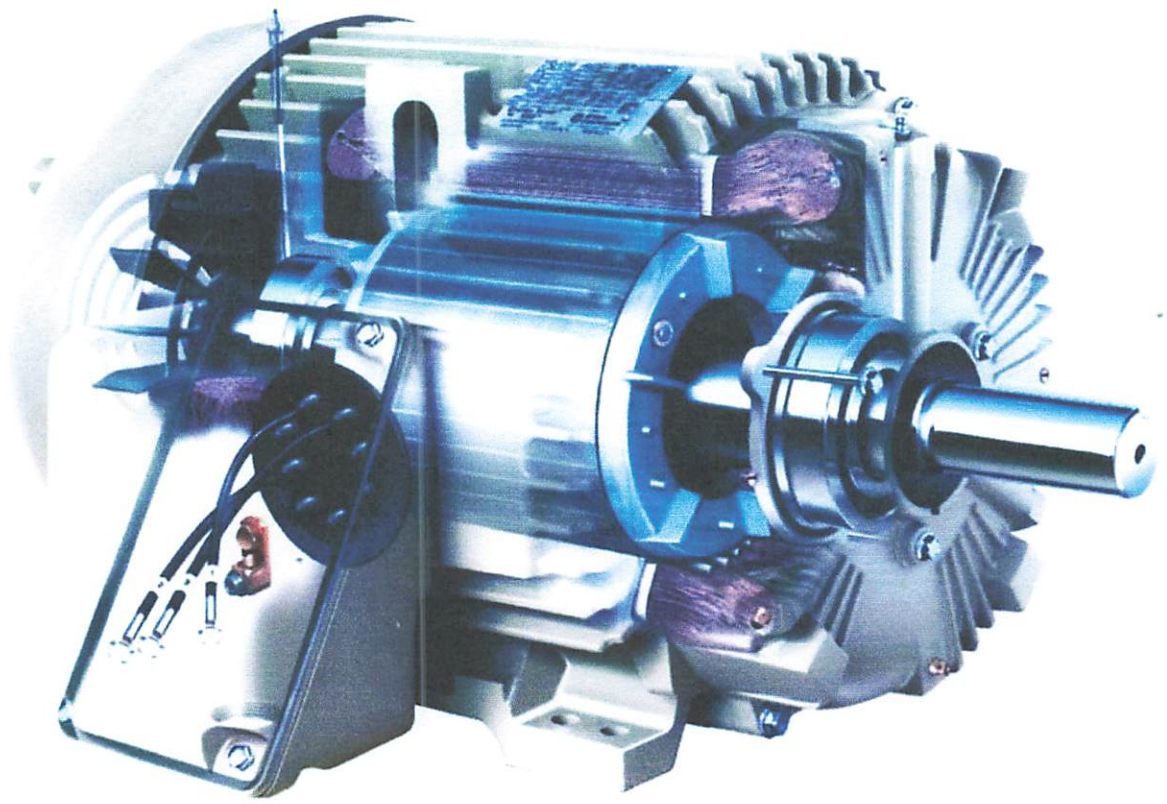
5.2. Saran

Dalam pengoperasian motor sebaiknya digunakan peralatan starting atau pengasutan motor, dimana motor pada saat asut menarik arus yang sangat besar sehingga dapat merusak jaringan instalasi pabrik, serta dapat mempengaruhi beban-beban yang lain dan juga dapat merusak motor itu sendiri seperti roda gigi, dan juga system mekanik yang lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

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

LAMPIRAN





INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

Nama Mahasiswa : Yudhy Tri Nugroho
N.I.M : 03.12.047
Jurusan : Teknik Elektro S-1
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik
Judul Skripsi : Analisa Pengasutan Motor Induksi 3 Phasa Dengan Menggunakan *Software Etap Power Station* Di PT.Perkebunan Nusantara XII (Persero).

Dipertahankan dihadapan team penguji skripsi jenjang sarjana (S-1) pada :

Hari : Kamis
Tanggal : 25 September 2008
Dengan hasil : 84,6 (A) *by*



Ketua

Ir. Mochtar Asroni, MSME.
NIP. Y. 101 8100 036

PANITIA UJIAN SKRIPSI

Sekretaris

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

ANGGOTA PENGUJI

Penguji I

Irrine Budi S, ST, MT
NIP. 132 314 400

Penguji II

Ir. Eko Nurcahyo
NIP. Y. 102 8700 172

Year	Month	Day	Time	Location	Remarks
1944	10	10	10:00	...	...
1944	10	11	11:00	...	...
1944	10	12	12:00	...	...
1944	10	13	13:00	...	...
1944	10	14	14:00	...	...
1944	10	15	15:00	...	...
1944	10	16	16:00	...	...
1944	10	17	17:00	...	...
1944	10	18	18:00	...	...
1944	10	19	19:00	...	...
1944	10	20	20:00	...	...
1944	10	21	21:00	...	...
1944	10	22	22:00	...	...
1944	10	23	23:00	...	...
1944	10	24	24:00	...	...
1944	10	25	25:00	...	...
1944	10	26	26:00	...	...
1944	10	27	27:00	...	...
1944	10	28	28:00	...	...
1944	10	29	29:00	...	...
1944	10	30	30:00	...	...
1944	10	31	31:00	...	...



LEMBAR PERBAIKAN SKRIPSI

Nama Mahasiswa : Yudhy Tri Nugroho
NIM : 03.12.047
Jurusan : Teknik Elektro S-1
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik

No.	Materi Perbaikan	Paraf
1.	Judul tabel, gambar, dan grafik bedakan fontnya	
2.	Flowchart diperbaiki	
3	Beri analisa kenapa <i>Auto-Trafo</i> lebih bagus dari yang lain	

Telah Diperiksa dan Disetujui :

Dosen Penguji I

Irrine Budi S, ST, MT
NIP. 132 314 400

Mengetahui,

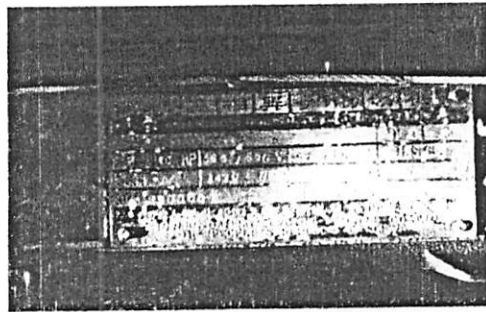
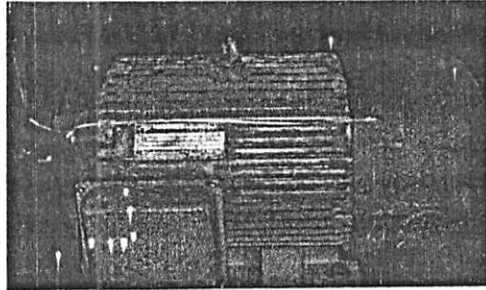
Dosen Pembimbing I

Ir. M. Abdul Hamid, MT
NIP.Y. 101 8800 188

Dosen Pembimbing II

Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT
NIP.Y. 101 8800 189

DATA MOTOR INDUKSI 3 PHASA PADA PT.PERKEBUNAN NUSANTARA XII



Daya	40 HP
Tegangan	380 Volt
Arus	63 Ampere
Frekuensi	50 Hz
Pole	4 Pole
Putaran	1470 Rpm
Cos θ	0.89

Arus pengasutan : 118,5 Ampere.
Stade State : 48 Ampere.
Jenis beban : FAN.

• Kertowono, 12 Mei 2008

Manajer,


Ir. H. SUHARYO A. OSTOMO



Ass. Teknik / Pengolahan


FATHOR RAJMANI



LEMBAR PENGAJUAN JUDUL SKRIPSI JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1

Konsentrasi : Teknik Energi Listrik/Teknik Elektronika*)

1.	Nama Mahasiswa: YUDHY TRI NUGROHO		Nim: 03.12.047	
2.	Waktu Pengajuan	Tanggal: 08	Bulan: FEBRUARI	Tahun: 2008
3.	Spesifikasi Judul (berilah tanda silang)**)			
	a. Sistem Tenaga Elektrik b. Energi & Konversi Energi c. Tegangan Tinggi & Pengukuran d. Sistem Kendali Industri	e. Elektronika & Komponen f. Elektronika Digital & Komputer g. Elektronika Komunikasi h. lainnya		
4.	Konsultasikan judul sesuai materi bidang ilmu kepada Dosen*) <i>Ir. M. Abd. Hamid, MT</i>		Ketua Jurusan  <u>Ir. F. Yudi Limpraptono, MT</u> NIP. P. 1039500274	
5.	Judul yang diajukan mahasiswa:	ANALISA PENGASUTAN MOTOR INDUKSI 3 PHASA DENGAN MENGGUNAKAN SOFTWARE ETAP POWER STATION DI PT. PERKEBUNAN NUSANTARA XII (PERSERO)		
6.	Perubahan judul yang disetujui Dosen sesuai materi bidang ilmu	.....	
Catatan:				
7.	Persetujuan Judul skripsi yang dikonsultasikan kepada Dosen materi bidang ilmu		Disetujui Dosen	200
				

Perhatian:

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

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
Jl. Bcdungan Sigura-gura No.
MALANG

Lampiran : 1 (satu) berkas
Pembimbing Skripsi

Kepada : Yth. Bapak Ir. Abdul Hamid, MT
Dosen Institut Teknologi Nasional
MALANG

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Yudhy Tri Nugroho
Nim : 03.12.047
Semester : 9
Jurusan : Teknik Elektro S-1
Konsentrasi : Teknik Elektronika/Energi Listrik

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

ANALISA PENGASUTAN MOTOR INDUKSI 3 PHASA DENGAN MENGGUNAKAN *SOFTWARE ETAP POWER STATION* DI PT. PERKEBUNAN NUSANTARA XII (PERSERO)

Adapun tugas tersebut sebagai salah satu syarat untuk menempuh ujian akhir sarjana teknik.

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

Ketua
Jurusan Teknik Elektro S-1


Ir. F. Yudi Limpraptono, MT
Nip. 103 9500 274

Malang,
Hormat kami,


Yudhy Tri Nugroho

*) coret yang tidak perlu

Form S-3a

PERNYATAAN KESEDIAAN DALAM PEMBIBINGAN SKRIPSI

Sesuai permohonan dari mahasiswa/i :

Nama : Yudhy Tri Nugroho

Nim : 03.12.047

Semester : 9

Jurusan : Teknik Elektro S-1

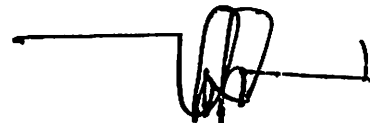
Konsentrasi : Teknik Elektronika/Energi Listrik

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

ANALISA PENGASUTAN MOTOR INDUKSI 3 PHASA DENGAN
MENGUNAKAN *SOFTWARE ETAP POWER STATION* DI PT. PERKEBUNAN
NUSANTARA XII (PERSERO)

Demikian surat pernyataan ini kami buat agar dapat dipergunakan seperlu..ya.

Malang,
Kami yang membuat pernyataan,



Ir. Abdul Hamid, MT
Nip.Y.101 8800 138

Catatan :

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

*) Coret yang tidak perlu

PERNYATAAN KESEDIAAN DALAM PEMBIBINGAN SKRIPSI

Sesuai permohonan dari mahasiswa/i :

Nama : Yudhy Tri Nugroho

Nim : 03.12.047

Semester : 9

Jurusan : Teknik Elektro S-1

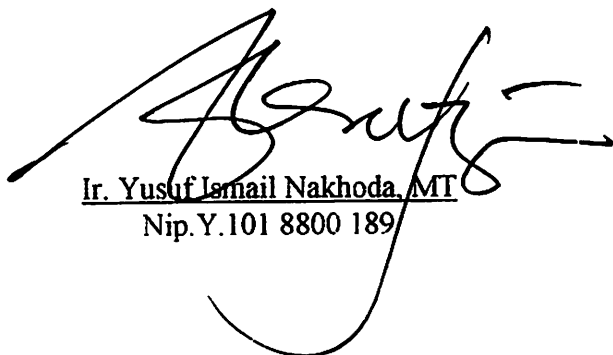
Konsentrasi : Teknik Elektronika/Energi Listrik

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

ANALISA PENGASUTAN MOTOR INDUKSI 3 PHASA DENGAN
MENGUNAKAN *SOFTWARE ETAP POWER STATION* DI PT. PERKEBUNAN
NUSANTARA XII (PERSERO)

Demikian surat pernyataan ini kami buat agar dapat dipergunakan seperlunya.

Malang,
Kami yang membuat pernyataan,



Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT
Nip.Y.101 8800 189

Catatan :

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

*) Coret yang tidak perlu

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

Lampiran : 1 (satu) berkas
Pembimbing Skripsi

Kepada : Yth. Bapak Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT
Dosen Institut Teknologi Nasional
MALANG

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Yudhy Tri Nugroho
Nim : 03.12.047
Semester : 9
Jurusan : Teknik Elektro S-1
Konsentrasi : Teknik Elektronika/Energi Listrik

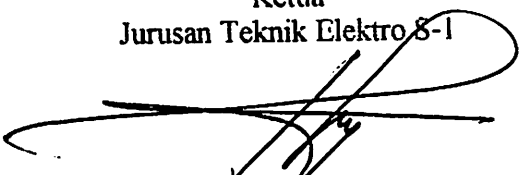
Dengan ini mengajukan permohonan, kiranya Bapak/Ibu bersedia menjadi Dosen Pembimbing ~~Utama~~ / Pendamping*, untuk penyusunan Skripsi dengan judul (proposal terlampir) :

ANALISA PENGASUTAN MOTOR INDUKSI 3 PHASA DENGAN
MENGUNAKAN *SOFTWARE ETAP POWER STATION* DI PT.
PERKEBUNAN NUSANTARA XII (PERSERO)

Adapun tugas tersebut sebagai salah satu syarat untuk menempuh ujian akhir sarjana teknik.

Demiikian permohonan kami dan atas kesediaan Bapak kami ucapkan terima kasih.

Ketua
Jurusan Teknik Elektro S-1


Ir. F. Yudi Limpraptono, MT
Nip. 103 9500 274

Malang,
Hormat kami,


Yudhy Tri Nugroho

coret yang tidak perlu

Form S-3a



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

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

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, 14 Februari 2008

Nomor : ITN-116/L.TA/2/2008
Lampiran : -
Perihal : **BIMBINGAN SKRIPSI**
Kepada : Yth. Sdr. Ir.M. ABDUL HAMID, MT

Dosen Pembimbing
Jurusan Teknik Elektro S-1
di
Malang

Dengan Hormat,
Sesuai dengan permohonan dan persetujuan dalam Proposal Skripsi
untuk Mahasiswa:

Nama : YUDHI TRI N
Nim : 0312047
Fakultas : Teknologi Industri
Jurusan : Teknik Elektro S-1
Kosentrasi : Teknik Energi Listrik S-1

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

14 Februari 2008 s/d 14 Agustus 2008

Sebagai satu syarat untuk menempuh Ujian Sarjana Teknik, Jurusan
Teknik Elektro-S1

Demikian atas perhatian serta kerjasana yang baik 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 S4a



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

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

KAMPUS I MALANG
KAMPUS II 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) 417635 Fax. (0341) 417634 Malang

Malang, 14 Februari 2008

Nomor : ITN-117/LTA/2/2008

Lampiran : -

Perihal : **BIMBINGAN SKRIPSI**

Kepada : Yth. Sdr. Ir. YUSUF ISMAIL NAKHODA, MT

Dosen Pembimbing
Jurusan Teknik Elektro S-1
di

Malang

Dengan Hormat,
Sesuai dengan permohonan dan persetujuan dalam Proposal Skripsi
untuk Mahasiswa:

Nama : YUDHI TRI N
Nim : 0312047
Fakultas : Teknologi Industri
Jurusan : Teknik Elektro S-1
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik S-1

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

14 Februari 2008 s/d 14 Agustus 2008

Sebagai satu syarat untuk menempuh Ujian Sarjana Teknik, Jurusan
Teknik Elektro-S1

Demikian atas perhatian serta kerjasamanya yang baik kumi sampaikan
terima kasih.



Ketua Jurusan
Teknik Elektro S-1

Ir. F. Yudi Lampraptono, MT *[Signature]*
NIP. Y. 1039500274

Tembusan Kepada Yth:

1. Mahasiswa Yang Bersangkutan
2. Arsip

Form S4a



FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : Yudhy Tri Nugroho
Nim : 03.12.047
Masa Bimbingan : 13 Pebruari 2008 s/d 13 Agustus 2008
Judul : ANALISA MOTOR INDUKSI 3 PHASA DENGAN MENGGUNAKAN
SOFTWARE ETAP POWER STATION DI PT. PERKEBUNAN
NUSANTARA XII (PERSERO).

NO	TANGGAL	URAIAN	PARAF PEMBIMBING
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Malang, 2008
Dosen Pembimbing II

Ir. Yusuf ismail Nakhoda, MT
NIP.Y. 101 8800 189

Form S- 4B



FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : Yudhy Tri Nugroho
Nim : 03.12.047
Masa Bimbingan : 13 Pebruari 2008 s/d 13 Agustus 2008
Judul : ANALISA MOTOR INDUKSI 3 PHASA DENGAN MENGGUNAKAN SOFTWARE ETAP POWER STATION DI PT. PERKEBUNAN NUSANTARA XII (PERSERO).

NO	TANGGAL	URAIAN	PARAF PEMBIMBING
1	7/7 ⁰⁸	Revisi grafik .	
2	11/7 ⁰⁸	Ace gambar grafik .	
3	23/7 ⁰⁸	Revisi Bab III dan Analisa Bab IV.	
4	1/8 ⁰⁸	Ace Bab III dan Bab IV.	
5	11/8 ⁰⁸	Ace Material Hasil .	
6			
7			
8			
9			
10			

Malang, 2008
Dosen Pembimbing I

Ir. M. Abdul Hamid, MT
NIP.Y. 101 8800 188


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 : Yudhy Tri N
NIM : 03.12.047
Perbaikan meliputi :

- Tittle tabel, qtr. grafik dijadikan font yang
- flowchart diperbaiki
- beri analisis kenapa ada trap lebih banyak di yg kusia

Malang, 25 Juli 2008


(Imine Buis, S.T, MT)