ANALISA PENGASUTAN MOTOR INDUKSI 3 PHASA 220 KW DENGAN MENGGUNAKAN *SOFTWARE ETAP POWER STATION* DI PT. PANASONIC LIGHTING INDONESIA

SKRIPSI

Disusun Oleh :

YOGA PRASETYA KURNIAWAN

02.12.028

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

KONSENTRASI TEKNIK ENERGI LISTRIK (S-1)

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

MARET 2009

[illegible]

[illegible]

[illegible]

LEMBAR PERSETUJUAN

ANALISA PENGASUTAN MOTOR INDUKSI 3 PHASA 220 KW DENGAN MENGGUNAKAN *SOFTWARE ETAP POWER STATION* DI PT. PANASONIC LIGHTING INDONESIA

SKRIPSI

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

Disusun oleh :
YOGA PRASETYA KURNIAWAN
02.12.028

Mengetahui,	Diperiksa dan disetujui,
Ketua Jurusan Teknik Elektro	**Dosen Pembimbing**
Ir. F. Yudi Limpraptono, MT	**Ir. M. Abdul Hamid, MT**
NIP.Y. 103 9500 274	**NIP.Y. 101 8800 188**

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

ANALISA PENGASUTAN MOTOR INDUKSI 3 PHASA 220 KW DENGAN MENGGUNAKAN *SOFTWARE ETAP POWER STATION* DI PT. PANASONIC LIGHTING INDONESIA

Yoga Prasetya Kurniawan Nim : 02.12.028
Dosen Pembimbing I : Ir. M. Abdul Hamid, MT.

ABSTRAK

Makalah ini menjelaskan masalah pengasutan motor induksi 3 phasa pada PT.PANASONIC LIGHTING INDONESIA Pasuruan. 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 phasa dengan tetap menjaga kondisi tegangan tidak mengalami penurunan kritis pada PT.PANASONIC LIGHTING INDONESIA Pasuruan.

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 starting* tanpa pengasutan adalah 2353,95 A. Dengan menggunakan pengasutan *Auto-Trafo*, arus menjadi 621,49 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.Sidik Noetjahjono, MT, 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.
5. Bapak dan Ibuku yang paling aku sayangi, kakakku, adikku dan seluruh keluargaku atas segala doa, dukungan serta kasih sayangnya.
6. Sigit Titik pacarku yang selalu memberikan motivasi dan dukungan.
7. Teman-teman khususnya T. Energi Listrik 2002 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, April 2009

Yoga Prasetya Kurniawan

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN ii

ABSTRAK iii

KATAPENGANTAR iv

DAFTAR ISI v

DAFTAR GAMBAR ix

DAFTAR TABEL xii

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang 1

1.2. Rumusan Masalah 2

1.3. Tujuan 2

1.4. Batasan Masalah 2

1.5. Metodologi Penelitian 3

1.6. Sistematika Penulisan 4

1.7. Kontribusi Penelitian 5

BAB II TEORI DASAR

2.1. Teori Dasar Motor Induksi 6

2.2. 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 Ekivalen 13

2.5.1. Rangkaian Ekivalen Stator 14

2.5.2. Rangkaian Ekivalen Rotor 15

2.6. Operasional Motor Induksi 18

2.6.1. Performa *Steady State* 18

2.6.2. Performa *Transient* 19

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

3.1. Analisa Pengasutan Motor 22

3.2. Analisa Menggunakan Pengasutan Motor 25

3.2.1. Pengasutan Motor Menggunakan *Auto-Tranformator* 26

3.2.2. Pengasutan Motor Menggunakan *Resistor* 27

3.2.3. Pengasutan Motor Menggunakan *Reactor* 28

3.2.4. Pengasutan Motor Menggunakan Star-Delta 29

3.3. Lama Waktu Asut 30

3.4. Simulasi *Software ETAP Power Station* 33

3.4.1. Operasi Nyata Secara Virtual *(Virtuual Reality Operation)* ... 34

3.4.2. Data Gabunmgan Total *(Total Integration Of Data)* 34

3.5. Algoritma Program 35

3.5.1. Algoritma Pemecahan Masalah Pengasutan *Auto-Trafo* Menggunakan Simulasi *Software ETAP Power Station* 35

3.5.2. *Flowchart* Pemecahan Masalah Pengasutan *Auto-Trafo* Menggunakan Simulasi *Software ETAP Power Station* 36

3.5.3. Algoritma Pemecahan Masalah Pengasutan *Resistor* Menggunakan Simulasi *Software ETAP Power Station* 37

3.5.4. *Flowchart* Pemecahan Masalah Pengasutan Auto-Trafo Menggunakan Simulasi *Software ETAP Power Station* 38

3.5.5. Algoritma Pemecahan Masalah Pengasutan *Reactor* Menggunakan Simulasi *Software ETAP Power Station* 39

3.5.6. *Flowchart* Pemecahan Masalah Pengasutan *Reactor* Menggunakan Simulasi *Software ETAP Power Station* 40

BAB IV ANALISA DAN HASIL SIMULASI PENGASUTAN MOTOR

4.1. Data Motor Induksi Pada PT. Perkebunan Nusantara XII 41

4.2. Pemodelan Kedalam *Software ETAP Power Station* 42

4.3. Analisa Dan Hasil Simulasi Pengasutan Motor 45

4.3.1. Analisa Perhitungan Pengasutan Motor 45

4.3.2. Tampilan Hasil Simulasi Tanpa Pengasutan Motor 46

4.4. Hasil Simulasi Pengasutan Motor 49

4.4.1. Hasil Simulasi Pengasutan *Auto-Trafo* 49

4.4.2. Hasil Simulasi Pengasutan *Resistor* 51

4.4.3. Hasil Simulasi Pengasutan *Reactor* 54

4.5. Hasil Komputasi Simulasi *Software ETAP Power Station* 56

4.5.1. Hasil Komputasi Peralatan Pengasutan Motor Menggunakan *Software ETAP Power Station* 56

4.5.2. Analisa Perhitungan Hasil Komputasi Tanpa Pengasutan Motor Menggunakan *Software ETAP Power Station* 58

4.5.3. Analisa Perhitungan Hasil Komputasi Pengasutan *Auto-Trafo* Menggunakan *Software ETAP Power Station* 58

4.5.4. Analisa Perhitungan Hasil Komputasi Pengasutan *Resistor* Menggunakan *Software ETAP Power Station* 59

4.5.5. Analisa Perhitungan Hasil Komputasi Pengasutan *Reactor* Menggunakan *Software ETAP Power Station* 59

BAB V PENUTUP

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 Ekivalen Stator 14

2.8. Rangkaian Ekivalen Rotor 16

2.9. Rangkaian Ekivalen Motor Induksi 17

2.10. Karakteristik Motor Induksi Keadaan *Steady State* 19

2.11. Transient Respn Pengasutan Motor Induksi 20

2.12. Karakteristik Torsi Motor Keadaan Berubah 20

3.1. Motor Induksi 3 Phasa 22

3.2. *Name Plate* 23

3.3. Pengasutan Tegangan Penuh 23

3.4. Pengasutan *Auto-Trafo* 26

3.5. Pengasutan *Resistor* 27

3.6. Pengasutan *Reactor* 28

3.7. Pengasutan Star-Delta 29

3.8. Grafis Kopel Terhadap Putaran 31

3.9. Kopel ΔT Sebagai Fungsi Putaran n 32

3.10. Fungsi *t* Rata-rata Mencapai Nilai n_1 33

3.11. Tampilan Model Utama Simulasi *Software ETAP Power Station*.... 34

3.12. *Flowchart* Pengasutan *Auto-Trafo* Menggunakan Simulasi *Software ETAP Power Station* 36

3.13. *Flowchart* Pengasutan *Resistor* Menggunakan Simulasi *Software ETAP Power Station* 38

3.14. *Flowchart* Pengasutan *Reactor* Menggunakan Simulasi *Software ETAP Power Station* 40

4.1. Pemodelan *One-Line Diagram* Simulasi PT. PLI Pasuruan 42

4.2. *Inputan* Data *Name Plate* Motor Kedalam *Software ETAP Power Station* 43

4.3. *Menu Tools Motor Starting Study Case* 44

4.4. Kurva Tegangan Terminal Motor (kV) Terhadap Waktu (s)..... 46

4.5. Kurva Bus Voltage (kV) Terhadap Waktu (s) 47

4.6. Kurva Arus (A) Pengasutan Motor Terhadap Waktu (s) 47

4.7. Kurva Slip (%) Terhadap Waktu (s) 47

4.8. Kurva Torsi (N-m) Terhadap Waktu (s) 48

4.9. Kurva Tegangan Terminal Motor (kV) Terhadap Waktu (s)..... 49

4.10. Kurva Bus Voltage (kV) Terhadap Waktu (s) 49

4.11. Kurva Arus Pengasutan *Auto-Trafo* (A) Terhadap Waktu (s) 50

4.12. Kurva Torsi Terhadap Waktu (s) 50

4.13. Kurva Slip Terhadap Waktu (s) 50

4.14. Kurva Tegangan Terminal Voltage (kV) Terhadap Waktu (s)..... 51

4.15. Kurva Bus Voltage (kV) Terhadap Waktu (s) 52

4.16. Kurva Arus Pengasuatan *Reactor* (A) Terhadap Waktu (s)..... 52

4.17. Kurva Torsi (N-m) Terhadap Waktu (s) 52

4.18. Kurva Slip Terhadap Waktu (s) 53

4.19. Kurva Tegangan Terminal (kV) Terhadap Waktu (s)..... 54

4.20 Kurva Bus Voltage (kV) Terhadap Waktu (s) 54

4.21 Kurva Arus Pengasutan *Reactor* Terhadap Waktu (s) 55

4.22 Kurva Torsi Terhadap Waktu (s) 55

4.23 Kurva Slip Terhadap Waktu (s) 55

DAFTAR TABEL

3.1. Karakteristik Tegangan, Arus, dan Torsi Untuk Motor Desain B NEMA 25

4.1. Data Motor Induksi 3 Phasa Pada Tempat Pembakaran 41

4.2. Circuit Parameter 49

4.3. Hasil Analisa Komputasi Simulasi Peralatan Pengasutan Motor 57

4.4. Analisa Perhitungan Hasil *ETAP Power Station* 60

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 [9] dan untuk motor – motor dengan beban yang besar hal ini tidak dapat diijinkan.

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 apa yang akan dipakai apakah *autotrafo*, *resistor* ataupun *reactor*, sehingga mendapatkan arus pengasutan yang kecil pada motor induksi. Tujuan dari pengasutan itu sendiri adalah untuk mengurangi arus pengasutan dan torsi pengasutan yang besar yang mengakibatkan kerusakan sistem 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. PANASONIC LIGHTING INDONESIA.

1.3. Tujuan

Tujuan pembahasan skripsi ini adalah untuk menganalisa pengasutan motor induksi 3 phasa yang ada di PT. PANASONIC LIGHTING INDONESIA serta membandingkan dengan pengasutan yang lain dengan menggunakan simulasi *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 rotor sangkar di PT. Panasonic Lighting Indonesia.
2. Jenis pengasutan yang di pakai adalah jenis pengasutan:
   - Pengasutan *Auto-Trafo.*
   - Pengasutan *Resistor.*
   - Pengasutan *Reactor.*
3. Analisa pengasutan motor disimulasikan menggunakan *Software ETAP Power Station.*

1.5. Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian yang dilakukan dalam skripsi ini meliputi :

1. Studi Literatur

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

2. Pengumpulan Data

   Pengumpulan data lapangan yang dipakai dalam objek penelitian yakni data motor induksi 3 phasa pada PT. PANASONIC LIGHTING INDONESIA PASURUAN.

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

3. Melakukan analisa dengan menggunakan program simulasi *Software ETAP Power Station.*
   - Analisa pengasutan motor pada PT. PANASONIC LIGHTING INDONESIA PASURUAN.
   - 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 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 karakterisistik 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. PANASONIC LIGHTING INDONESIA PASURUAN.

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. PANASONIC LIGHTING INDONESIA yang menggunakan motor induksi 3 phasa sebagai penggerak mekanik dalam proses produksi.

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
ITN
MALANG

BAB II

TEORI DASAR

2.1. Teori Dasar Motor Induksi[6]

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.

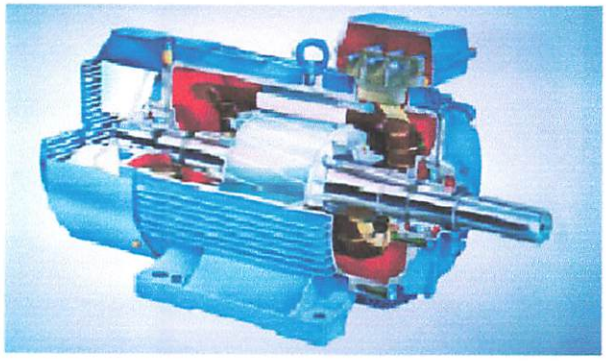
Dinamakan motor tak serempak (*asynchrone*) karena putaran poros motor tidak sama dengan putaran medan *fluks* magnet stator. Dengan kata lain, bahwa antara putaran rotor dan putaran *fluks* magnet terdapat selisih putaran yang disebut *slip*.

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[6]

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

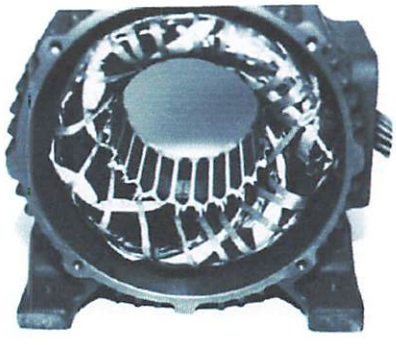


Gambar 2.1. Konstruksi Motor Induksi

2.2.1. Stator[6]

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 meletakan belitan.
- Belitan stator dari tembaga.



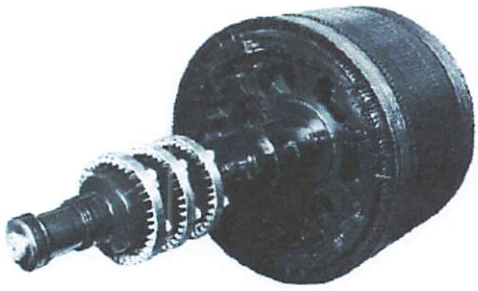
Gambar 2.2. Stator 3 Phasa Motor Induksi

2.2.2. Rotor[6]

Konstruksi dari rotor motor induksi mempunyai dua bentuk, yaitu :

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

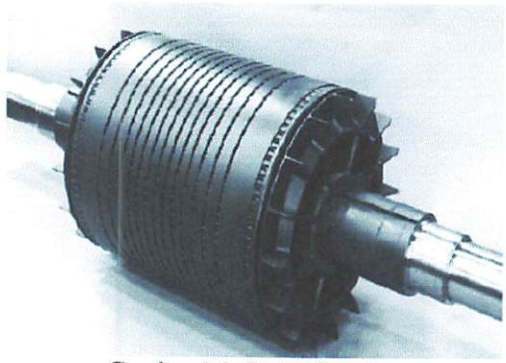
Motor induksi jenis ini mempunyai rotor dengan belitan kumparan 3 phasa sama seperti kumparan stator. Kumparan stator dan rotor juga mempunyai jumlah kutub yang sama.



Gambar 2.4. Rotor Belitan

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

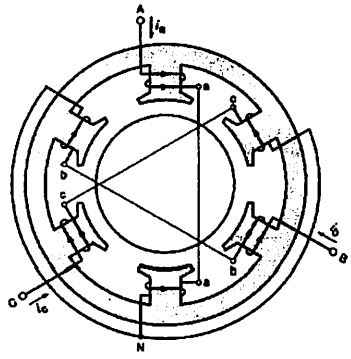
Motor induksi jenis ini mempunyai rotor dengan kumparan yang terdiri atas beberapa batang konduktor yang disusun sedemikian rupa sehingga menyerupai sangkar tupai.



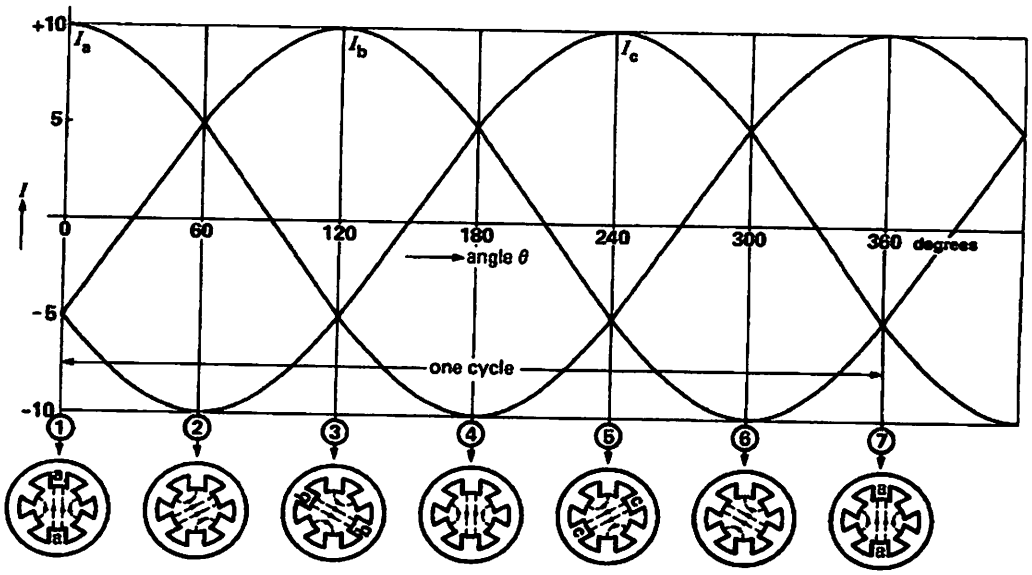
Gambar 2.3. Rotor Sangkar

2.3. Medan Magnet Putar[9]

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 phasa banyak, umumnya tiga phasa. Hubungan dapat berupa hubungan bintang atau delta.



(a)



(b)

Gambar 2.5. Medan Putar Pada Motor Induksi

Medan putar terjadi apabila kumparan A-a, B-b, C-c dihubungkan tiga phasa dengan beda phasa masing-masing 120 ^{0} (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[9]

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 phasa dipasang pada kumparan stator akan timbul medan putar dengan kecepatan:

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

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:

$$S = \frac{n_s - n_r}{n_r} x100\% \quad \text{.....(2.2)}$$

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[9]

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

$$s = \frac{n_s - n_r}{n_s} \quad \text{.....(2.3)}$$

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.

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

dimana : p = jumlah kutub

f_s = frekuensi stator

Pada rotor berlaku hubungan :

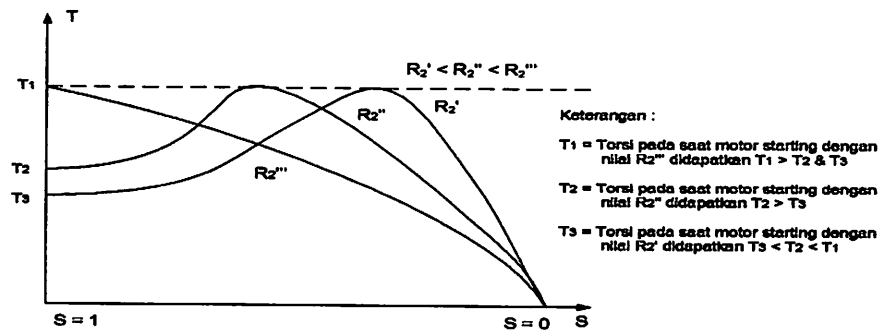
$$f_r = \frac{(n_s - n_r)p}{120} = \frac{(n_s - n_r)n_s p}{n_s 120}$$

$$s = \frac{n_s - n_r}{n_s} \quad dan \quad f_s = \frac{p.n_s}{120} \qquad \text{.....(2.5)}$$

Maka :

$$f_r = s.f_s \qquad \text{.....(2.6)}$$

2.4.2. Karakteristik T – S



Gambar 2.6 Kurva T ~ S

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

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

$$S = \pm R_2 / X_2 \quad \text{.....(2.8)}$$

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

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 ~ 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 = ± ~. Persamaan (2.7) dan (2.8) menunjukan 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 Ekivalen[1]

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

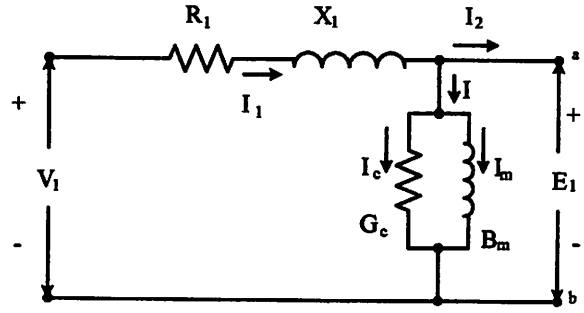
(rotor) dalam hal ini berputar dan menghasilkan daya mekanik. Kerja motor induksi seperti juga kerja pada transformator adalah berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik. Oleh karena itu motor induksi dipandang sebagai transformator yang mempunyai ciri-ciri khusus, yaitu :

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

2.5.1. Rangkaian Ekivalen Stator[1]

Apabila kumparan stator diberikan tegangan catu dari jala-jala sebesar V_L, maka akan mengalir arus putar tiga phasa pada kumparan stator yang membangkitkan medan magnet tiga phasa. 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 Ekivalen Stator

Dimana : V_1 = tegangan terminal per-phasa

R_1 = resistansi kumparan stator per-phasa

X_1 = reaktansi bocor kumparan stator per-phasa

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

G_c = konduktansi rugi-rugi inti stator per-phasa

B_m = suseptansi magnetisasi stator per-phasa

2.5.2. Rangkaian Ekivalen Rotor[1]

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 phasa adalah:

$$X_2' = sX_2 \quad \text{.....(2.10)}$$

$$X_2 = 2\pi f_s L_2 \quad \text{.....(2.11)}$$

dimana X_2 merupakan reaktansi rotor pada start atau diam.

Tegangan induksi pada rotor :

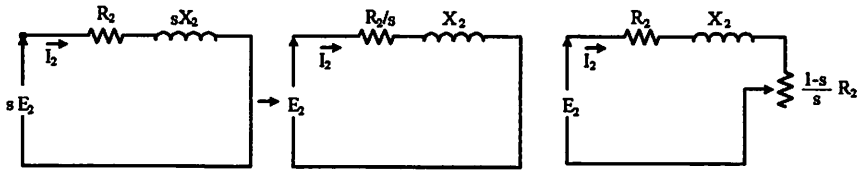
$$E_2 = 4{,}44 f_2 N_2 \Phi_m \quad \text{.....(2.12)}$$

Pada slip, s, frekuensi rotor menjadi s f_s, maka tegangan induksi pada rotor (E_2') pada slip, s, adalah :

$$E_2' = 4{,}44 s f_1 N_2 \Phi_m \quad \text{.....(2.13)}$$

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

$$E_2' = s\, E_2 \quad \text{.....(2.14)}$$



Gambar 2.8. Rangkaian Ekivalen Rotor

Dimana :

S = Slip

E_2 = Tegangan induksi perphasa didalam rotor keadaan diam

R_2' = Resistansi kumparan rotor per-phasa berpatokan pada stator

X_2' = 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 (I_2) saat berputar adalah :

$$I_2 = \frac{sE_2}{\sqrt{R_2^{\,2} + (sX_2)^2}} \quad \text{.....(2.14)}$$

Atau

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

Sedangkan torsi untuk motor induksi dapat dihhtung dengan menggunakan rumus:

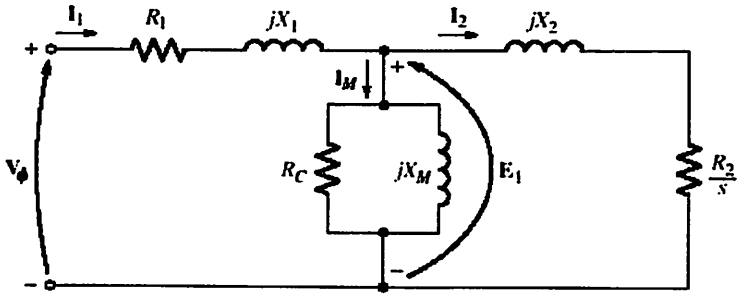
$$Po = T_0 \cdot \omega_r \quad \text{.....(2.16)}$$

$$T_o = \frac{P_o}{\omega_r} \quad \text{.....(2.17)}$$

$$\omega_r = \frac{2 \cdot \pi \cdot n_r}{60} \quad \text{.....(2.18)}$$

$$Pin = \sqrt{3} \cdot V_L \cdot I \cdot \cos\varphi \quad \text{.....(2.19)}$$

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)

Xm = reaktansi magnetik (ohm)

I_1 = arus input (amp)

I_2 = arus rotor (amp)

Im = 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)

Rc = resistansi rugi inti (ohm)

Po = daya outpur (watt)

Pin = daya input (watt)

To = 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 :

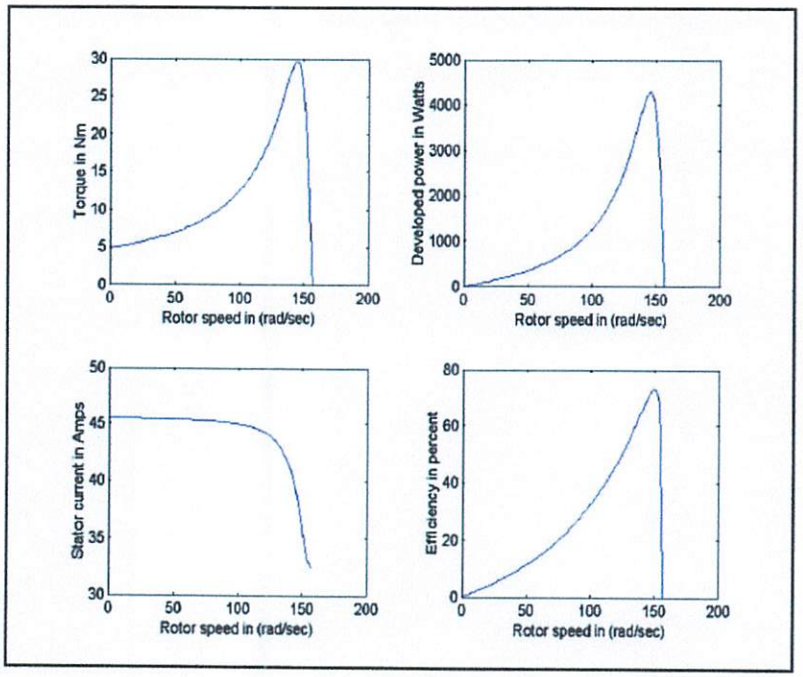
- Daya Output (Hp/KW)
- Tegangan Nominal $V_{Y-\Delta}$ (Volt)
- Arus Nominal (Amp)
- Power Faktor
- Kecepatan (rpm)
- Jumlah Kutub

2.6. Operasional Motor Induksi

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

2.6.1. Performa *Steady State*

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

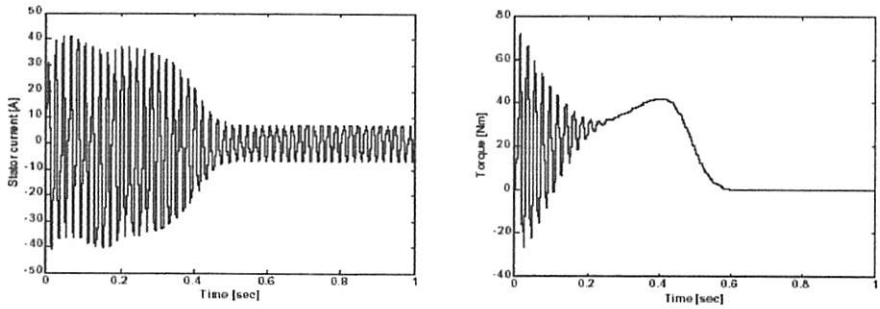


Gambar 2.10. Karakteristik Motor Induksi keadaan *steady state* [8]

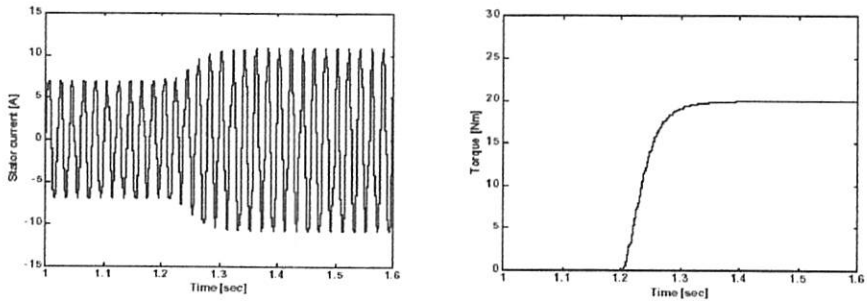
2.6.2. Performa *Transient*

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 2.11. Transient Respond pengasutan Motor Induksi



Gambar 2.12. 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.*

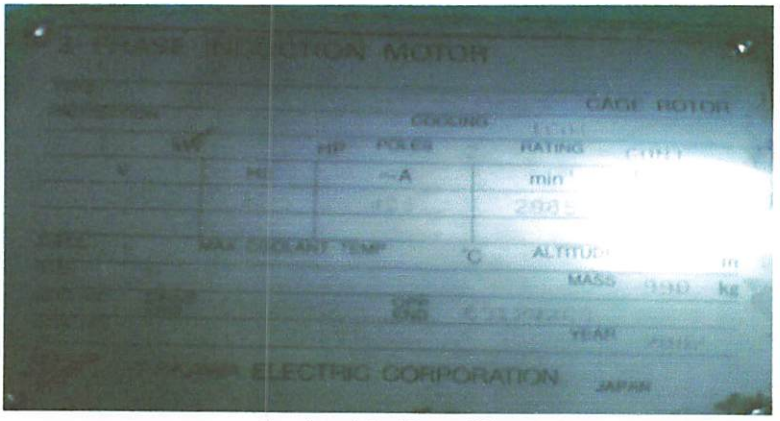
BAB III

ANALISA PENGASUTAN MOTOR DAN PEMODELAN SIMULASI *SOFTWARE ETAP POWER STATION*

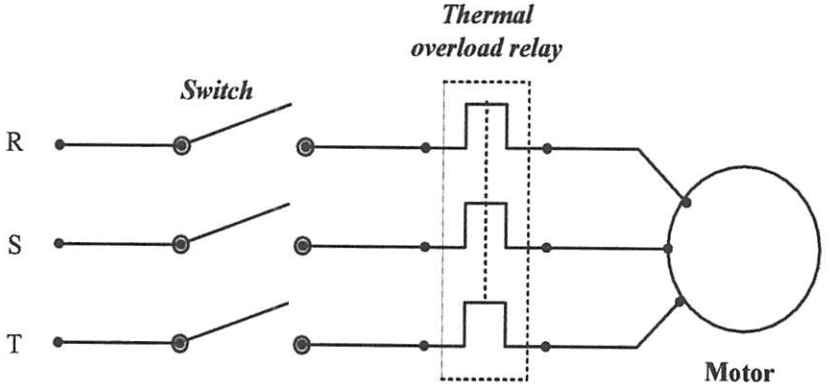
3.1. Analisa Pengasutan Motor[6]

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[9]. 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*



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 tegangan yang tinggi maka metode pengasutan ini hanya dilakukan pada motor berkapasitas kecil.

Rumus arus pengasutan adalah:

$$I_{st} = 4\,{}^{s}\!/_{d}\,7.I_{fl} \quad \text{..... (3.1)}$$

$$I_{fl} = \frac{P}{\sqrt{3}Cos\theta} \quad \text{.....(3.2)}$$

Slip = 1

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

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.

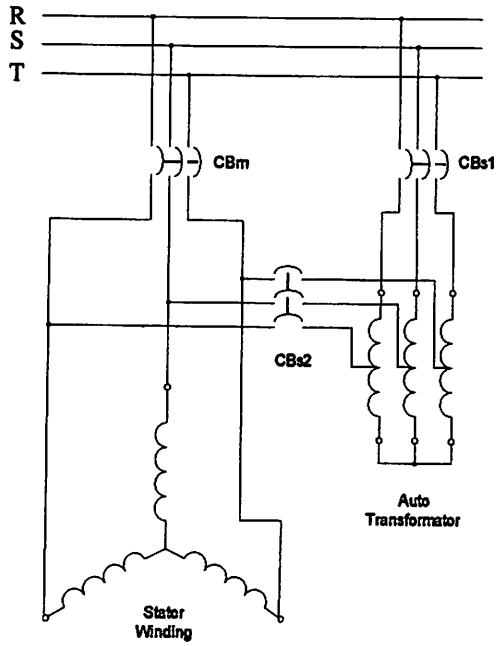
Arus pengasutan yang besar dari motor dapat menyebabkan penurunan tegangan. Tambahan pula dengan arus awal yang tinggi, motor juga menghasilkan torsi awal yang lebih tinggi dibandingkan torsi beban penuh. Pada beberapa aplikasi, torsi awal ini menyebabkan kerusakan system mekanis. Misalnya pada belt (sabuk), rantai, atau 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
Auto-Trafo							
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
Star-delta	100	33	198	33	198	33	60
Solid-state	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*[2]



Gambar 3.4. Pengasutan *Auto-Tranformator*

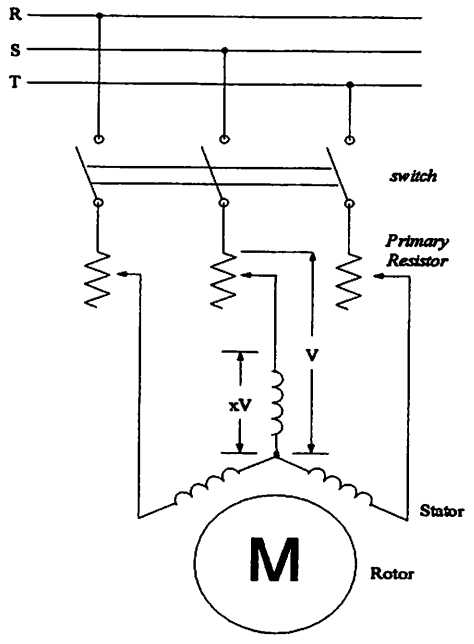
Untuk menurunkan arus *pengasutan* dapat dilakukan dengan cara menggunakan pengasutan *auto-transformator.* Motor terlebih dahulu secara permanen dihubungkan dengan hubungan *star-delta,* dimana pertama kali di *switch* dengan tap *auto-transformator* dengan penurun tegangan sampai pada keadaan stabil 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_s ditutup kemudian diikuti oleh CB_{s2}, kemudian setelah motor berakselerasi maka CB_{s2} ditutup. Terakhir, CB_{s1} dibuka untuk melepaskan hubungan *Auto-Transformator* dari jaringan.

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

3.2.2. Pengasutan Motor Menggunakan *Resistor*[8]



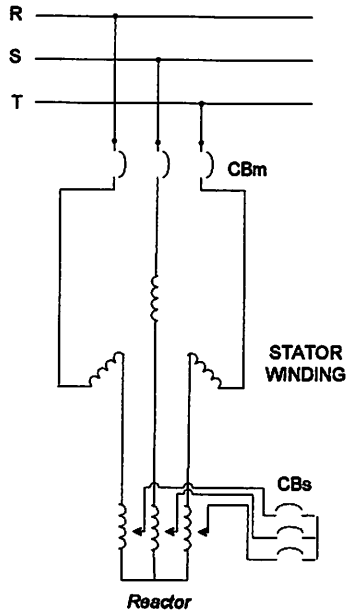
Gambar 3.5. Pengasutan *Resistor*

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*[2]

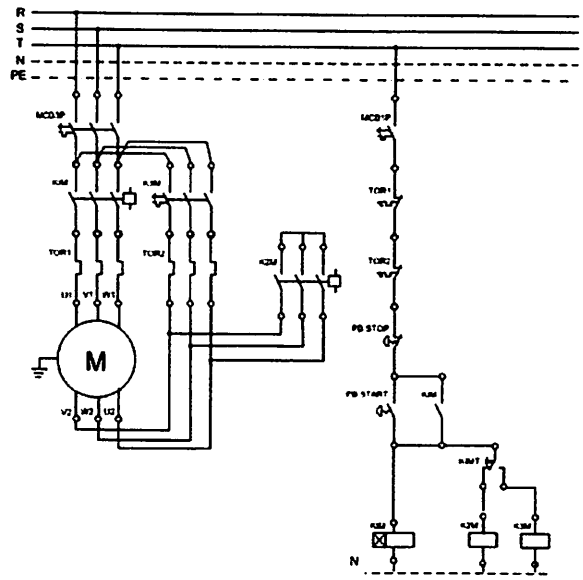


Gambar 3.6. Pengasutan *Reactor*

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 phasa. 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.

3.2.4 Pengasutan Menggunakan Star-Delta



Gambar 3.7. Pengasutan Star-Delta

Starter star-delta banyak di gunakan di industri karena dapat mengurangi arus start yang berlebihan pada motor dengan kapasitas besar sekitar diatas 2 Kw, pegurangan arus start ini dengan menggunakan hubungan star terlebih dahulu untuk mengurangi voltase motor lalu ke hubungan delta dengan voltase penuh.

Cara kerja rangakaian : Pada rangkaian star-delta terdapat 3 kontaktor untuk merubah dari hubungan star ke delta, untuk menghidupkan motor dengan menekan tombol PB START yang menyebabkan K1M dan K2M berkerja

sehingga motor berkerja dengan hubungan star, kontaktor K1M terdapat timer untuk change over dari kontaktor K2M ke K3M, settingan timer disetting 2-5 detik rata-rata arus start pada motor. Ketika timer mencapai puncak, kontaktor K3M berkerja sehingga hubungan motor berubah ke delta sehingga motor mendapat voltase maximum. TOR1 berfungsi sebagai pengaman motor beban lebih ketika motor hubungan start dan TOR2 untuk mengamankan motor pada hubungan delta, setingan TOR yaitu 1,1 x In (arus nominal motor). Perlu diperhatikan rangkaian diterminal motor U1, V1 dan W1 dengan U2, V2 dan W2 karena bila terjadi kesalahan dapat menyebabkan beban lebih.

3.3. Lama Waktu Asut[6]

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:

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

Dimana:

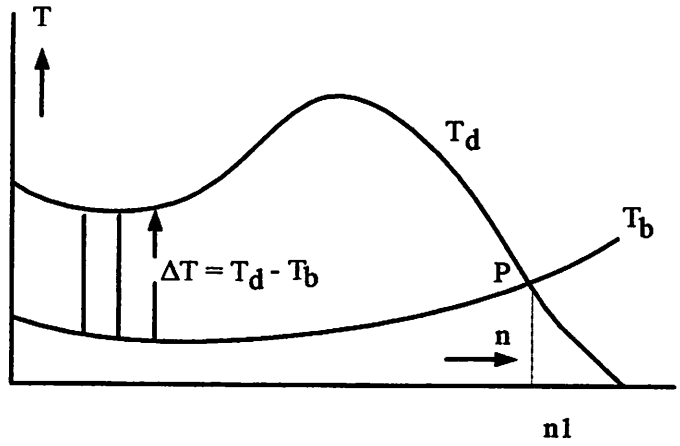
$$J = m\bar{R}^2 = m\bar{D}^2/4 \quad \text{.....(3.5)}$$

= momen lembam poler

$$= \int r^2 dm \quad \text{.....(3.6)}$$

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 3.8. Grafis Kopel Terhadap Putaran

Selanjutnya dapat ditulis pula:

$$\Delta T = m\bar{R}^{2}\frac{2\pi}{60}\frac{dn}{dt} \quad \text{.....(3.7)}$$

Atau:

$$dt = \frac{\pi}{120}m\bar{D}^{2}\frac{dn}{\Delta T} \quad \text{.....(3.8)}$$

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

$$\int_0^{t_1} dt = \frac{\pi}{120}m\bar{D}^{2}\int_0^{n_1}\frac{1}{\Delta T}dn \quad \text{.....(3.9)}$$

Atau:

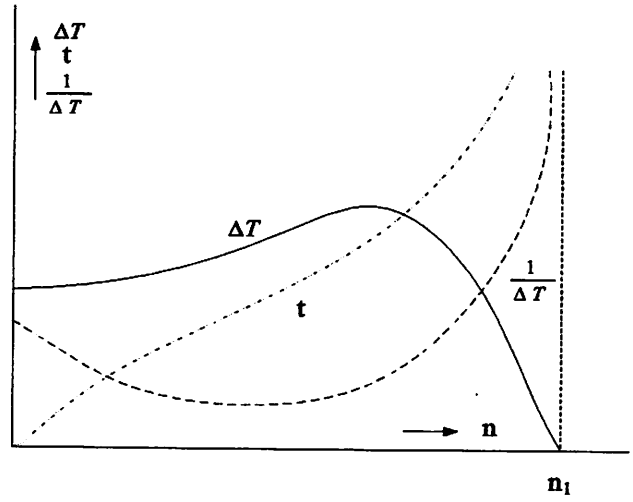
$$t_1 = \frac{\pi}{120}m\bar{D}^{2}\int_0^{n_1}\frac{1}{\Delta T}dn \quad \text{.....(3.10)}$$

Sehingga:

$$t_1 = \infty \quad \text{.....(3.11)}$$

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

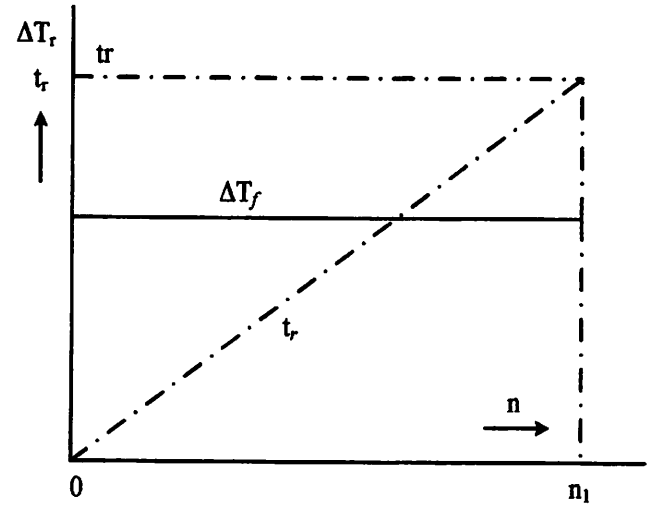
Ganbar 3.8. memperlihatkan kelebihan kopel ΔT sebagai fungsi putaran n, yaitu $\Delta T = T_d - T_b$, yang setelah mencapai putaran nominal n_1 menjadi nol.



Gambar 3.9. 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 mínimum. Sebaliknya, pada putaran n_1 nilai ΔT menjadi nol, sedangkan $1/\Delta T$ menjadi tak terhingga. 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 3.10. Fungsi *t* Rata-Rata Mencapai Nilai n_1

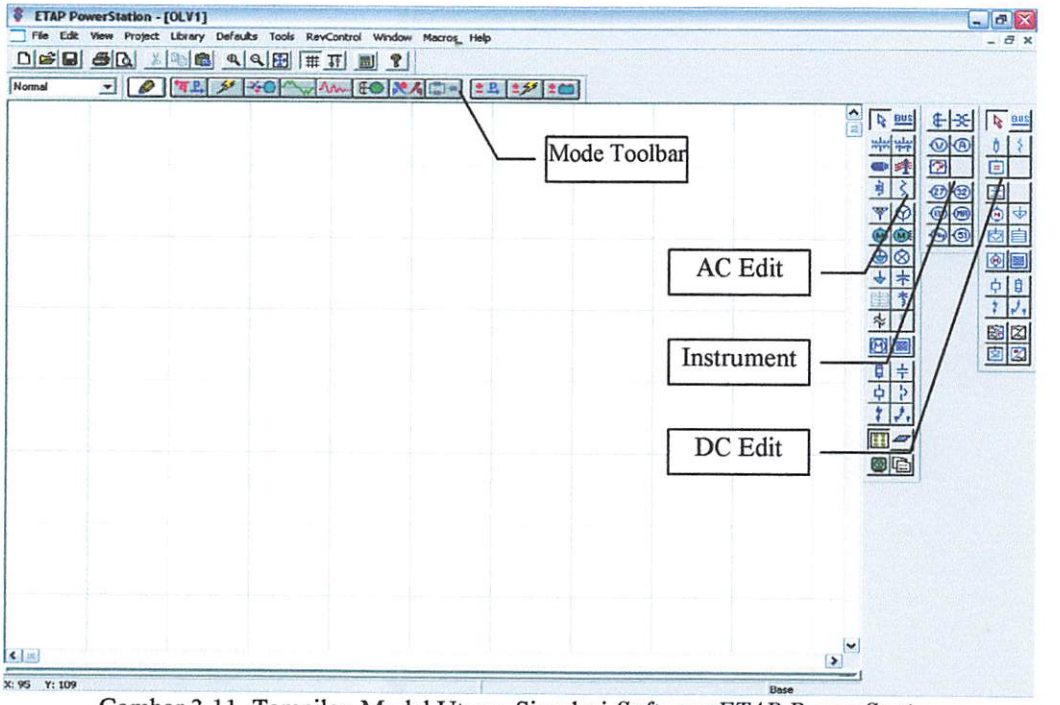
Bilamana hal ini dilakukan, maka untuk t_1 diperoleh nilai praktis:

$$t_1 \approx \frac{\pi}{120} \frac{m\bar{D}^{-2}}{\Delta T_r} n_1 \quad \text{.....(3.12)}$$

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 3.11. 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 *singgle 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

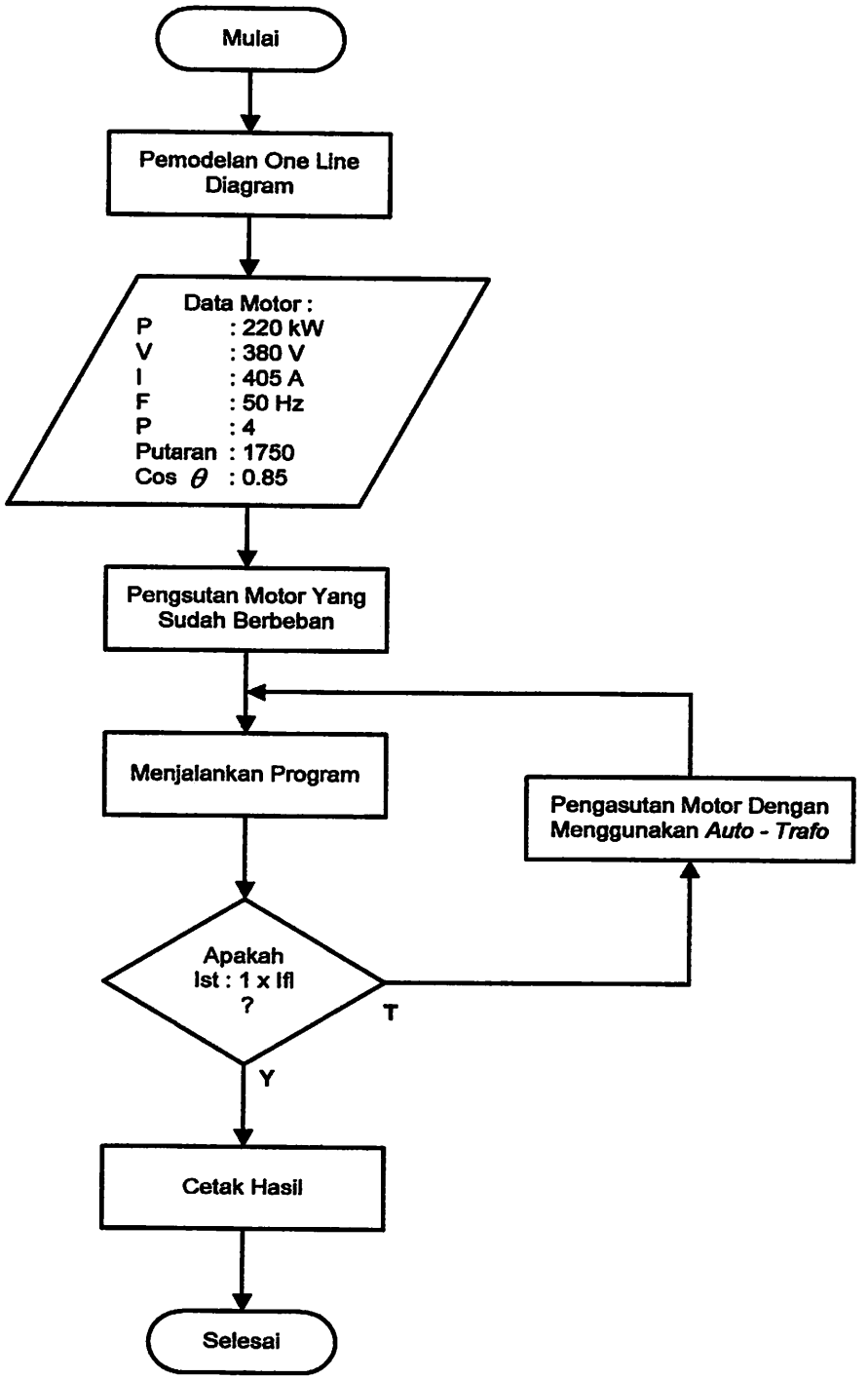
3.5.1. *Algoritma* Pemecahan Masalah Pengasutan *Auto-Trafo* Menggunakan Simulasi *Software ETAP Powerstation*

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 x I nominal

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

   Jika Ya, 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*

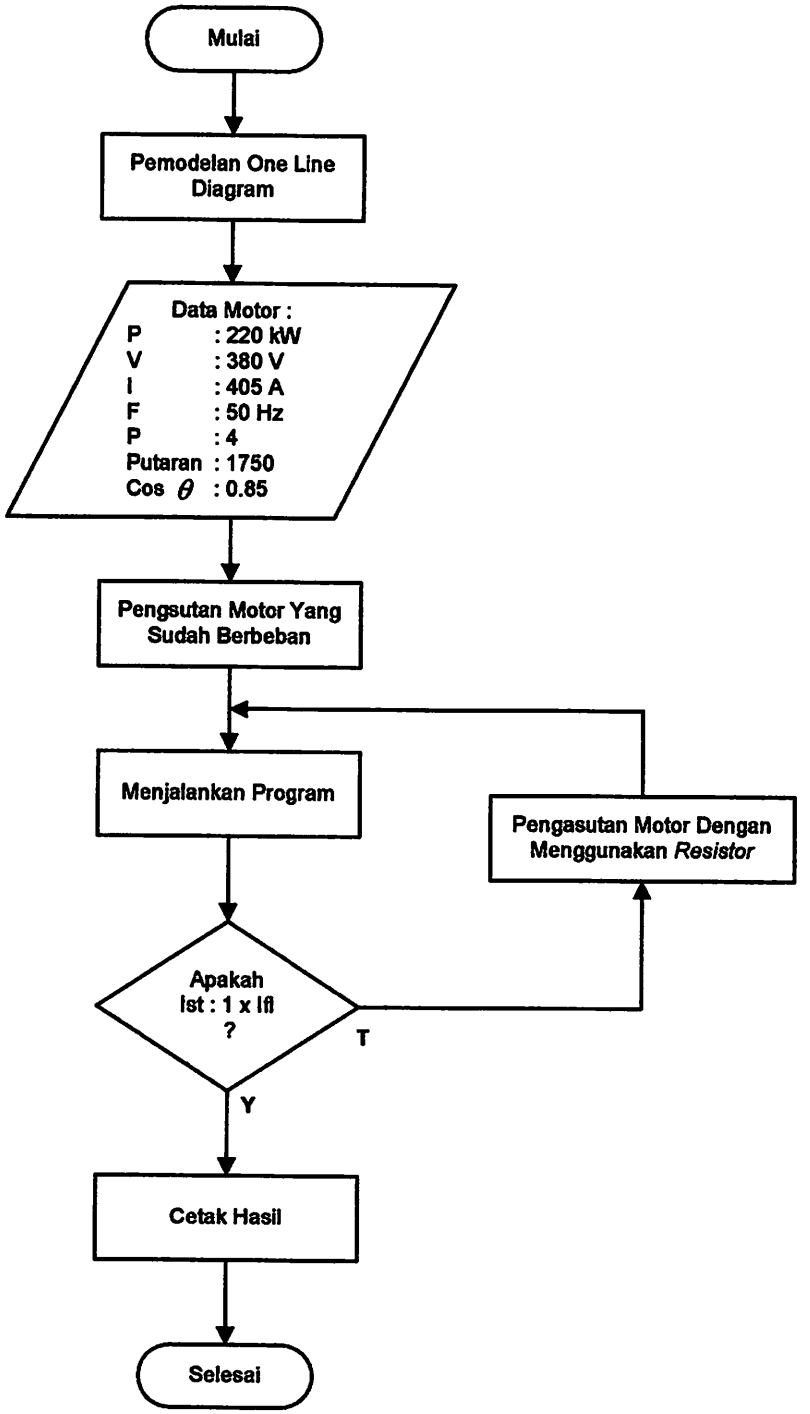
3.5.3. *Algoritma* Pemecahan Masalah Pengasutan *Resistor* dengan Menggunakan Simulasi *Software ETAP Powerstation*

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 x I nominal

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

   Jika Ya, 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*

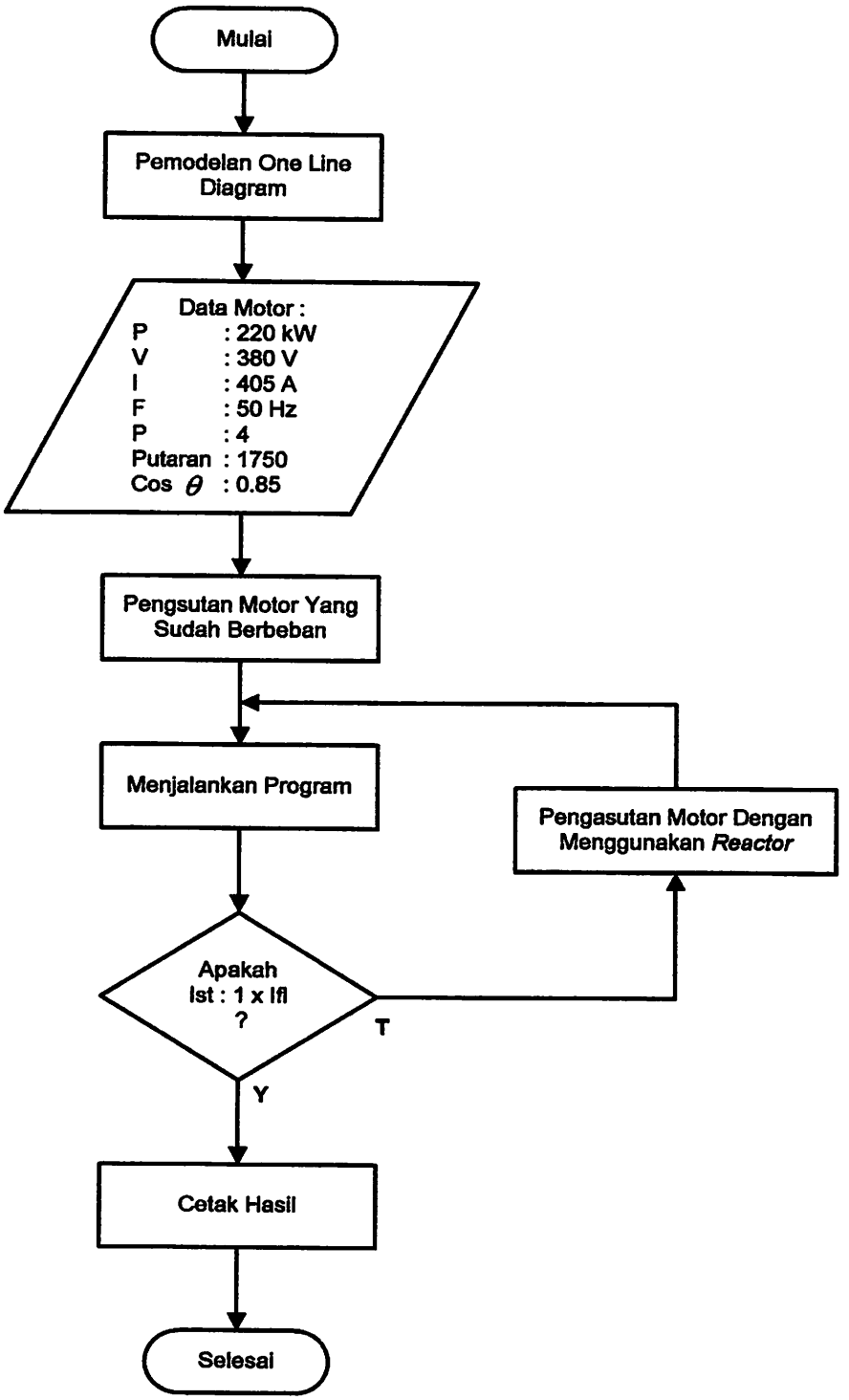
3.5.5. *Algoritma* Pemecahan Masalah Pengasutan *Reactor* dengan Menggunakan Simulasi *Software ETAP Powerstation*

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 x I nominal

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

   Jika Ya, 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.PANASONIC LIGHTING INDONESIA

Data motor induksi 3 phasa yang diambil dari tempat observasi. 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.

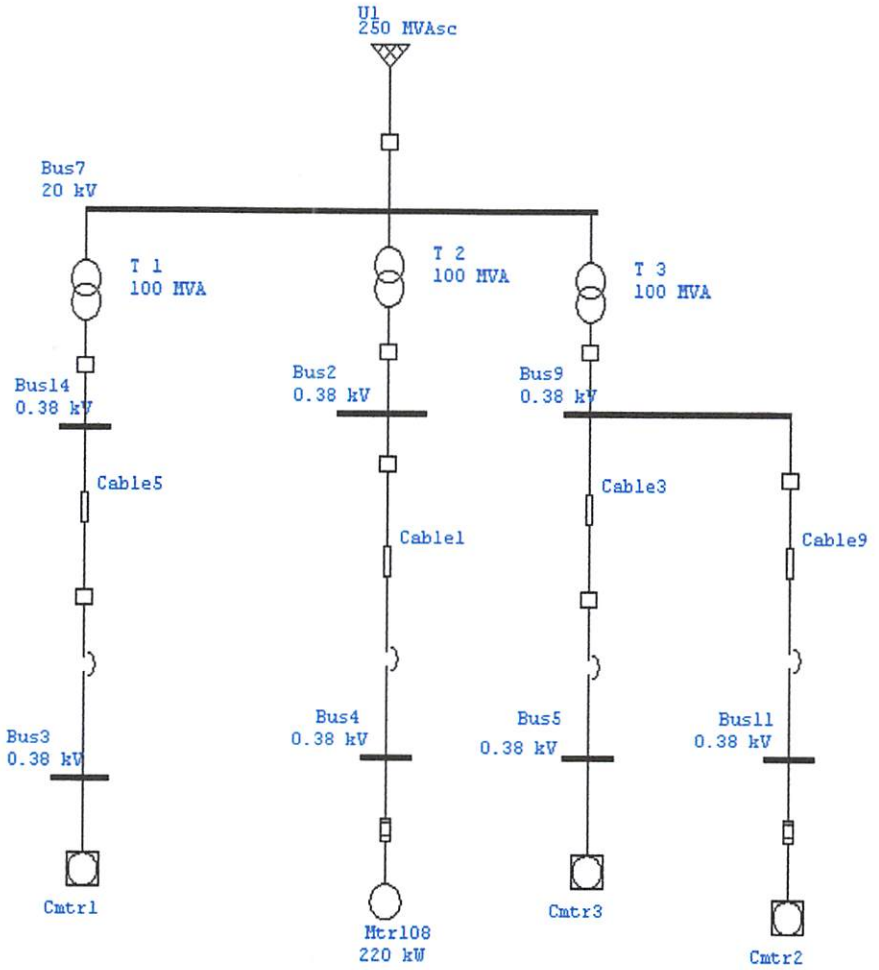
Tabel 4.1.
Data Motor Induksi 3 phasa Pada Tempat Pembakaran

Daya	220 KW
Tegangan	380 Volt
Arus	405 Ampere
Frekuensi	50 Hz
Pole	4
Putaran	1750 rpm
Cosθ	0.85
Beban	FAN = 150 kg

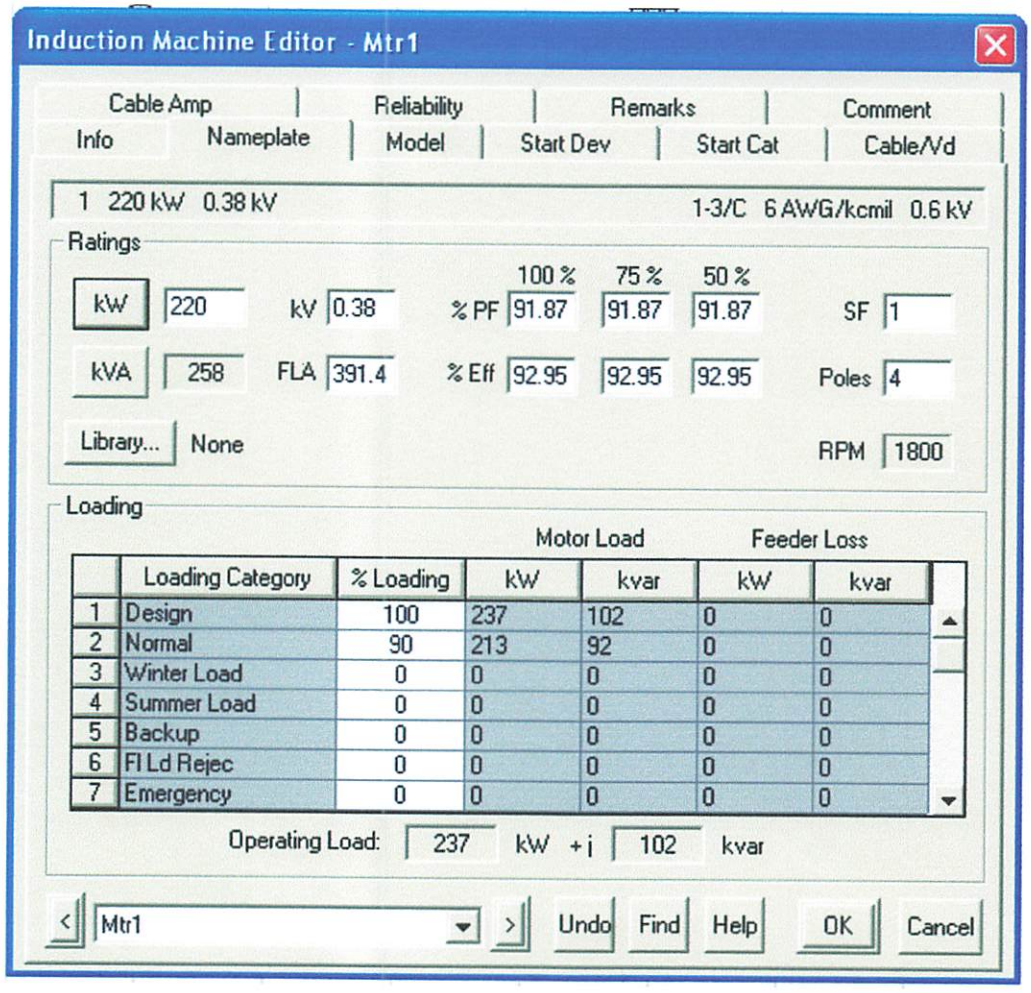
Motor yang dimaksud digunakan untuk menghasilkan udara yang dipakai untuk menggerakkan blower dalam proses produksi pembuatan kaca lampu.

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.



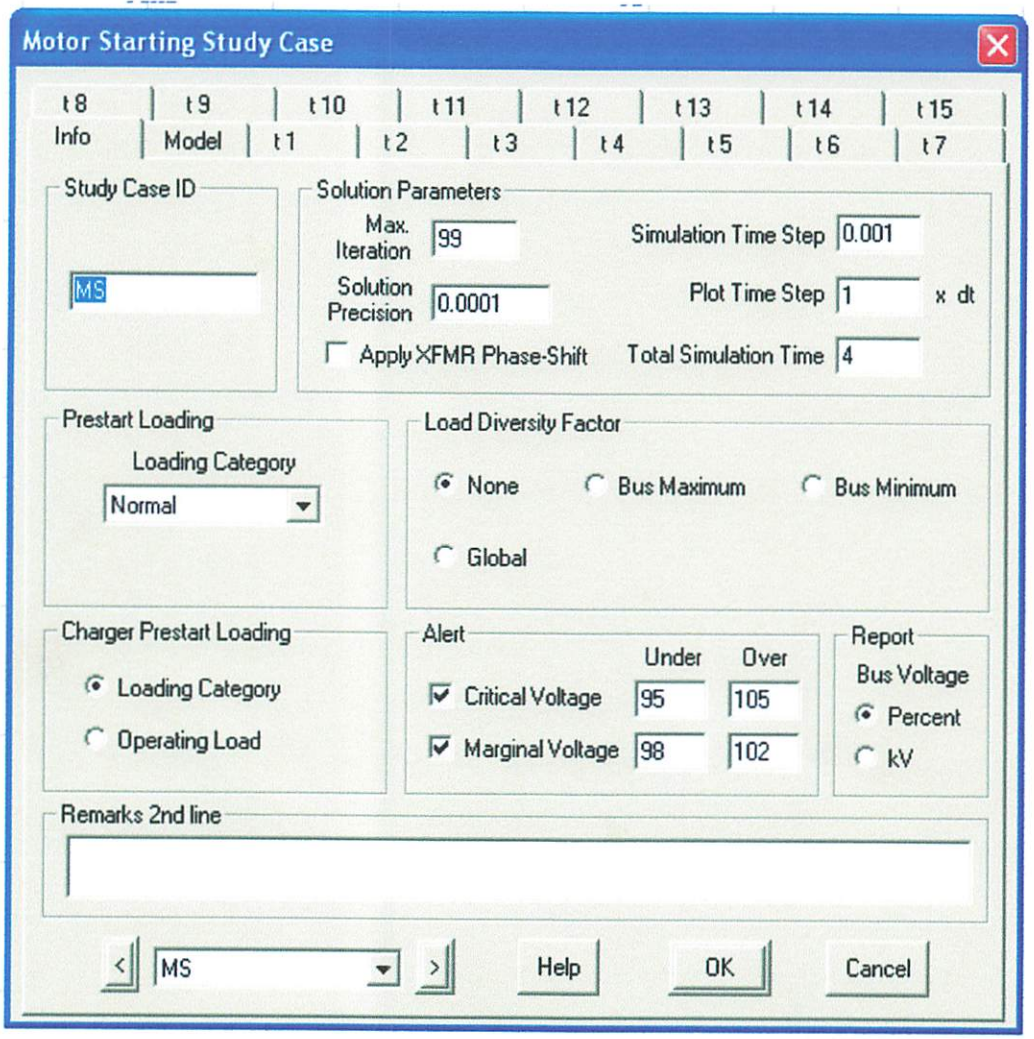
Gambar 4.1. Pemodelan *One-Line Diagram* Simulasi PT.PANASONIC LIGHTING INDONESIA



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 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 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:

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

$$405 = \frac{220000}{\sqrt{3}.380.0.85.Cos\theta}$$

$$Cos\theta = \frac{220000}{\sqrt{3}.380.0.85.405} = 0{,}97$$

$$I_{line} = \sqrt{3}I_{fl} \quad \text{.....(4.2)}$$

$$I_{Line} = \sqrt{3}.405 = 700.65A$$

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

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

$$S = \frac{ns - nr}{ns} \quad \text{.....(4.4)}$$

$$S = \frac{1800 - 1750}{1800} = 0.02$$

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

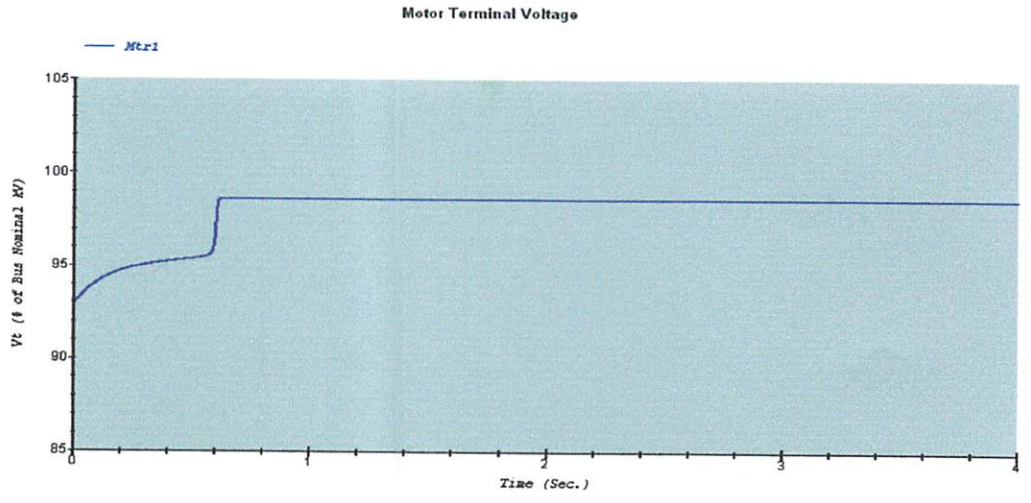
$$\omega_{ms} = \frac{2.3{,}14.1750}{60} = 183{,}16 rad/s$$

$$T = \frac{P}{\omega} \quad \text{.....(4.6)}$$

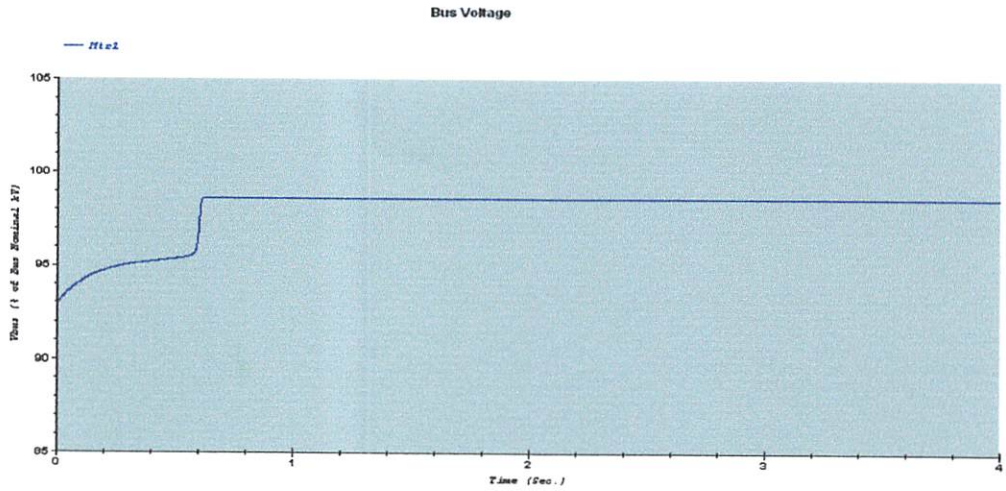
$$T = \frac{220000}{183.16} = 1201.13 N.m$$

4.3.2. Tampilan Hasil Simulasi Tanpa Pengasutan Motor

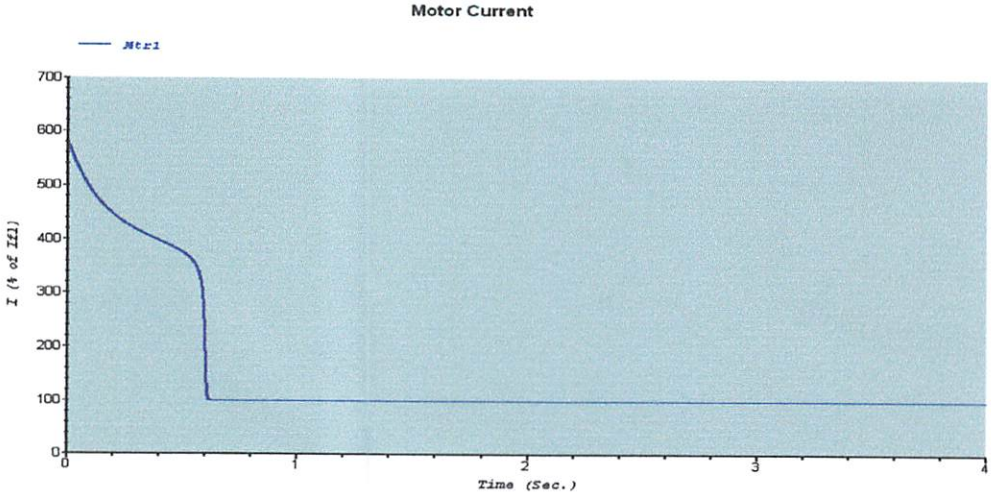
Tampilan hasil simulasi pengasutan motor adalah untuk mengetahui besarnya arus yang ditarik motor pada saat motor dijalankan. Pada saat asut, motor menarik arus yang cukup besar. Besarnya arus yang ditarik motor berkisar antara 4 sampai 7 kali arus beban penuh. Seperti yang terlihat pada gambar 4.6.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



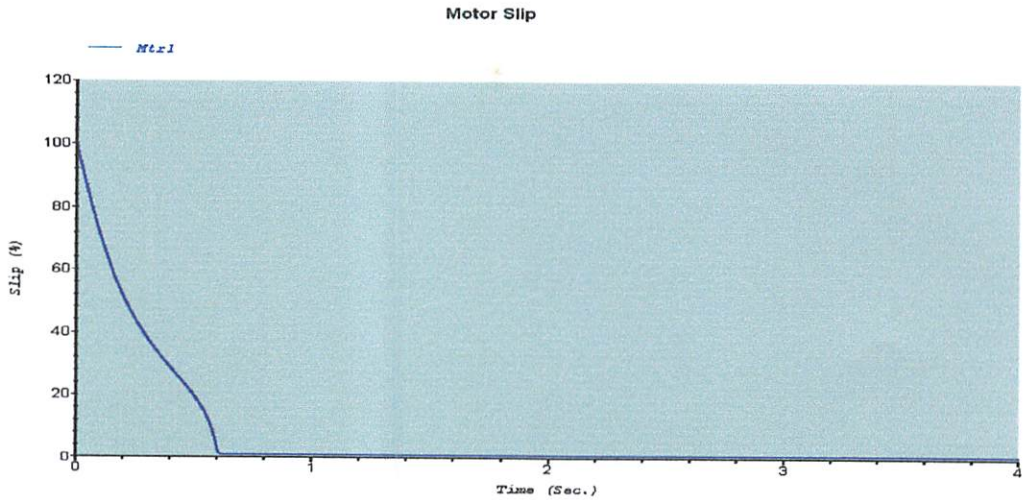
Gambar 4.4. Kurva Tegangan Terminal Motor (kV) Terhadap Waktu (s)



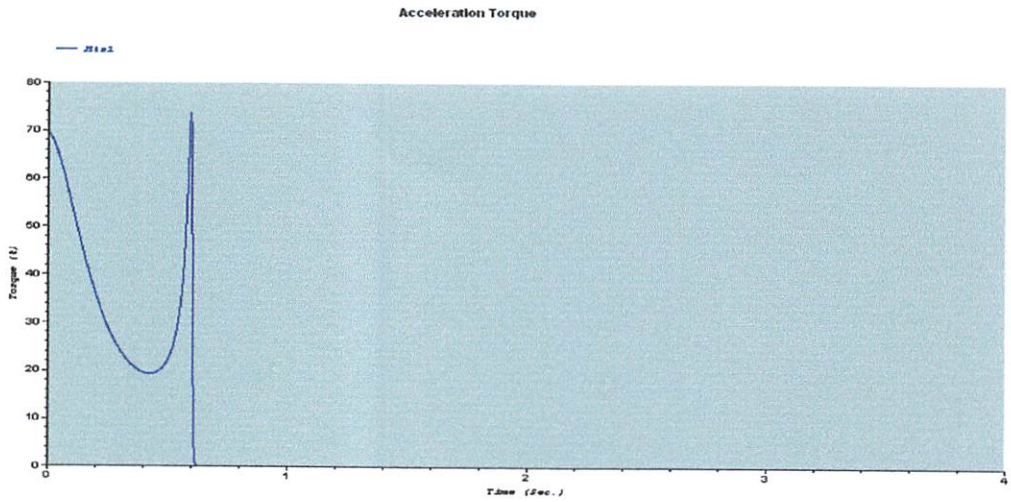
Gambar 4.5. Kurva Bus Voltage (kV) Terhadap Waktu (s)



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



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



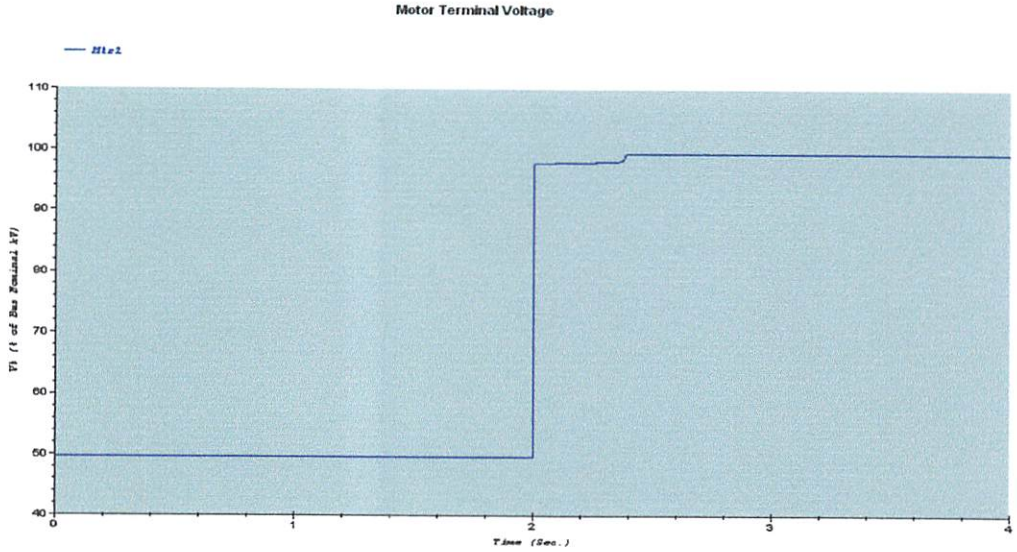
Gambar 4.8. Kurva Torsi (N-m) Terhadap Waktu (s)

Dari hasil simulasi program *ETAP Power Station,* pada gambar 4.6. besarnya arus pengasutan motor adalah 581,223 % dari *FLA*. Sedangkan pada gambar 4.8. torsi asut besarnya adalah 69,7136 %. Dan *slip* beban penuh besarnya adalah 1,06489 %. Sedangkan tegangan terminal motor besarnya pada saat asut adalah 92,9438 % dari Vt.

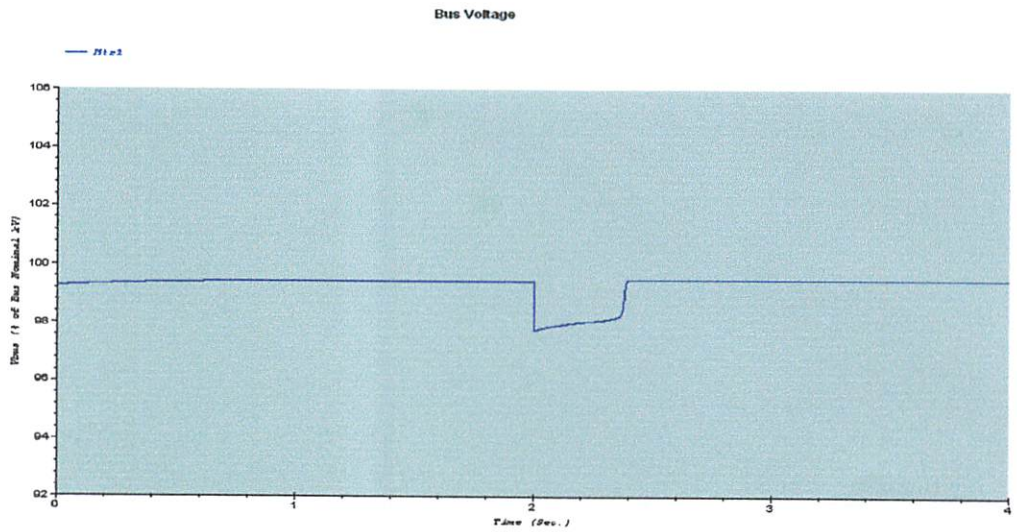
4.4. Hasil Simulasi Pengasutan Motor

4.4.1. Hasil Simulasi Pengasutan *Auto-Trafo*

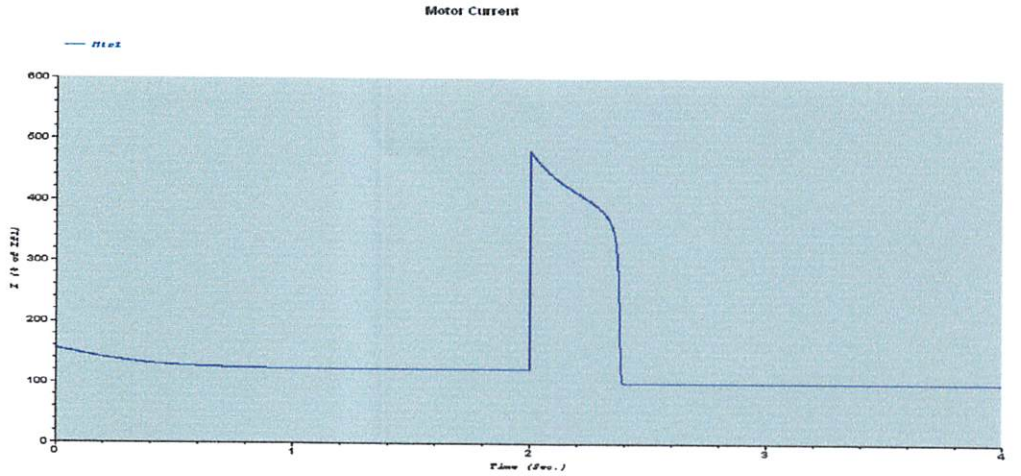
Tampilan hasil simulasi *Software ETAP Power Station* dengan pengasutan *Auto-trafo* Tap 50%.



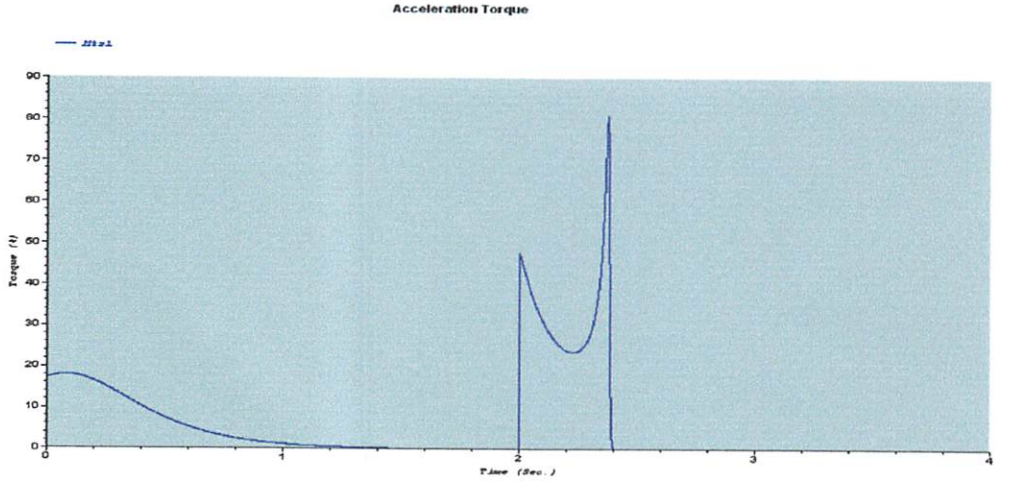
Gambar 4.9 Kurva Tegangan Terminal Motor (kV) Terhadap Waktu (s)



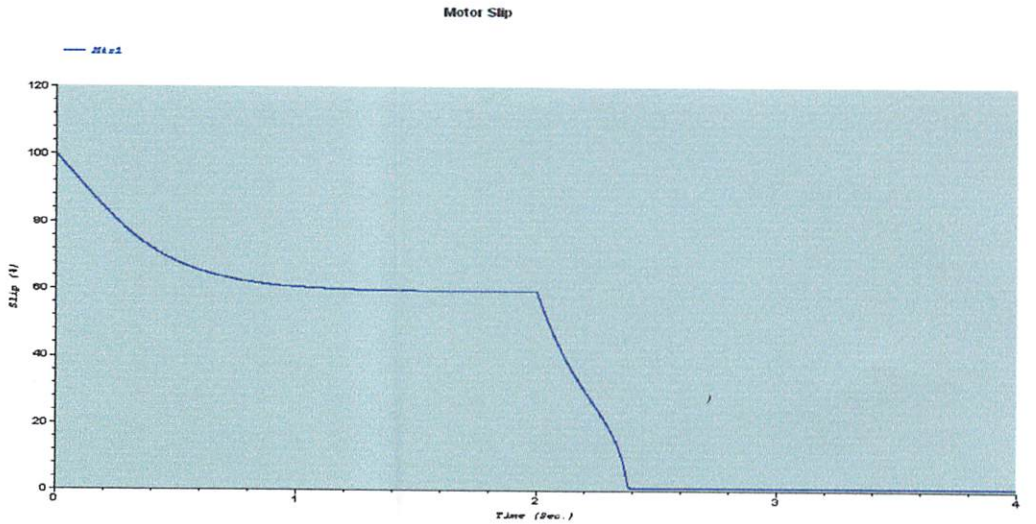
Gambar 4.10. Kurva Bus Voltage (kV) Terhadap Waktu (s)



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



Gambar 4.12. Kurva Torsi Terhadap Waktu (s)

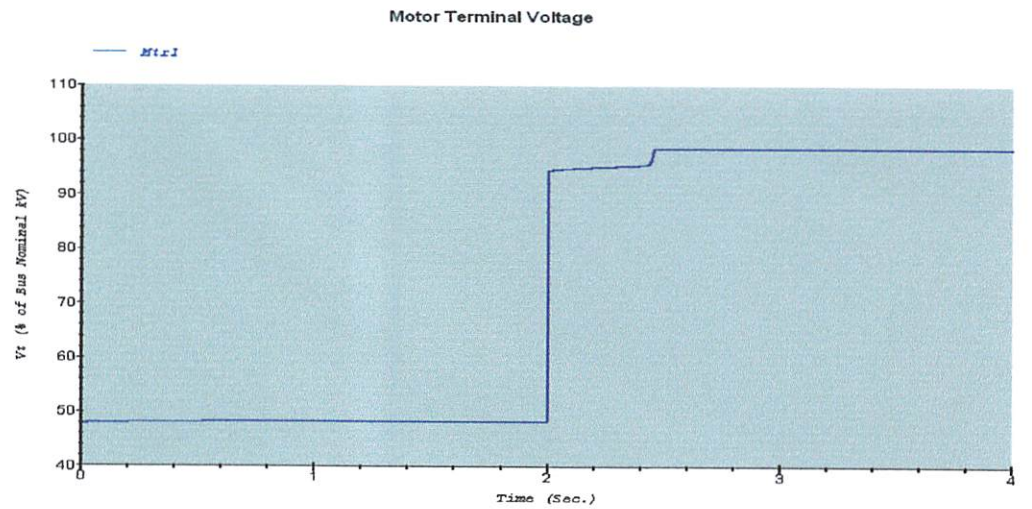


Gambar 4.13. Kurva *Slip* Terhadap Waktu (s)

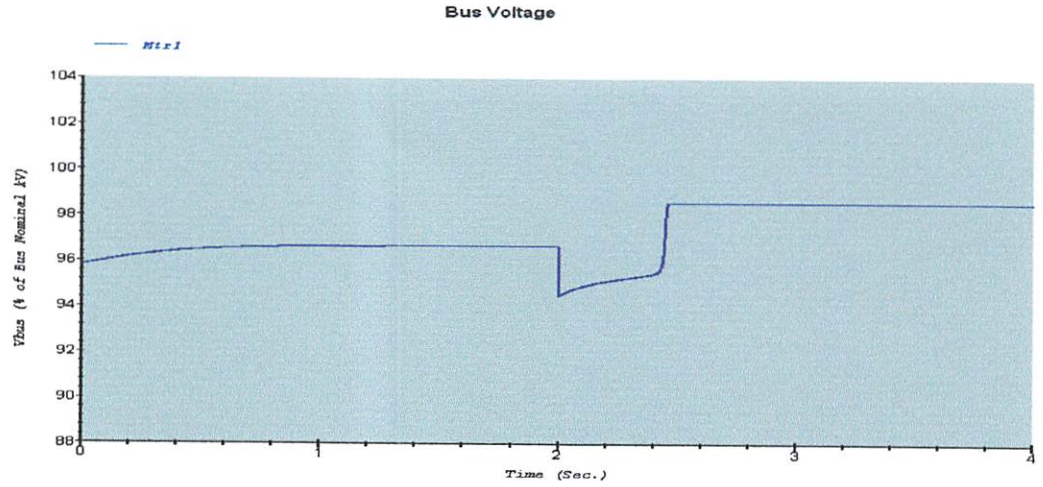
Pada gambar 4.11. dengan menggunakan pengasutan *Auto-Trafo* dengan Tap 50% maka arus pengasutan motor sebesar 153,455 % dari FLA. dengan setting waktu pelepasan *Auto-trafo* t = 2s, maka arus naik sebesar 464,67 % dari FLA. Pada gambar 4.12. Torsi pengasutan motor sebesar 200,62 % dari T_{sc}. Sedangkan pada gambar 4.9. Tegangan terminal motor pada saat asut adalah 98,1562 % dari Vt. Dan pada gambar 4.13. Besarnya *slip* adalah 1,06489 %.

4.4.2. Hasil Simulasi Pengasutan *Resistor*

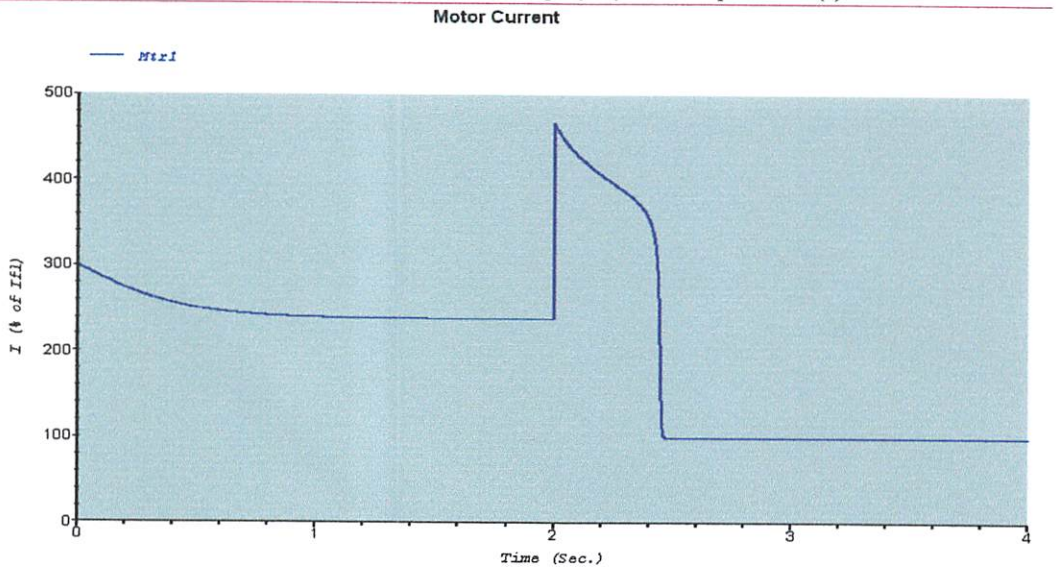
Tampilan hasil simulasi *Software ETAP Power Station* dengan pengasutan *Resistor* Tap 50%.



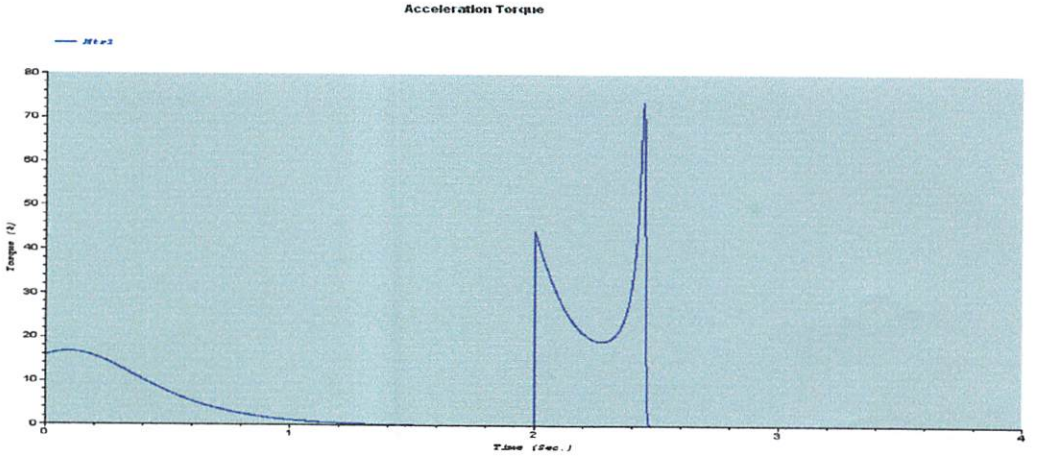
Gambar 4.14. Kurva Tegangan Terminal (kV) Terhadap Waktu (s)



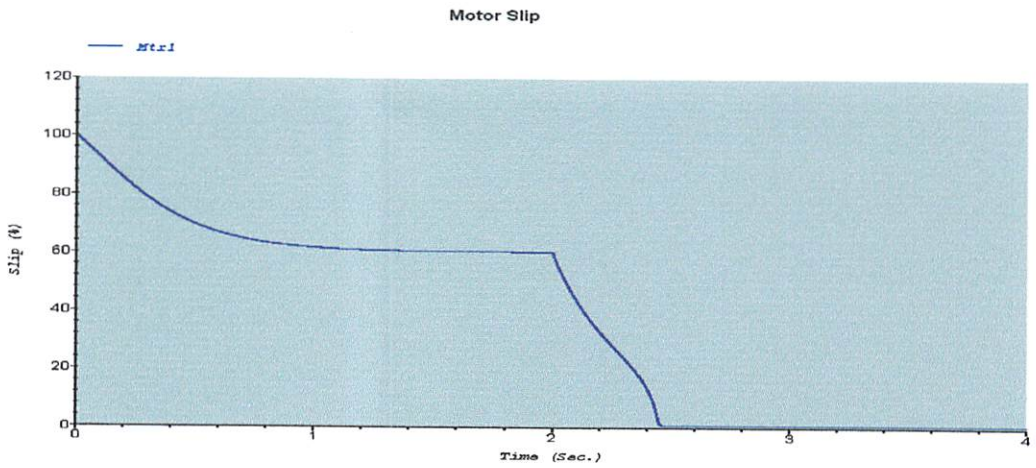
Gambar 4.15. Kurva Bus Voltage (kV) Terhadap Waktu (s)



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



Gambar 4.17. Kurva Torsi Terhadap Waktu (s)

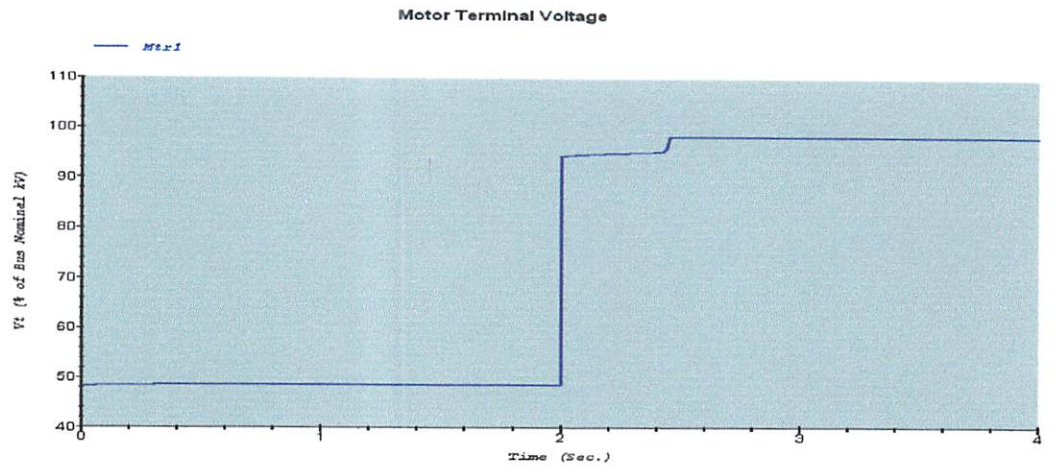


Gambar 4.18. Kurva *Slip* Terhadap Waktu (s)

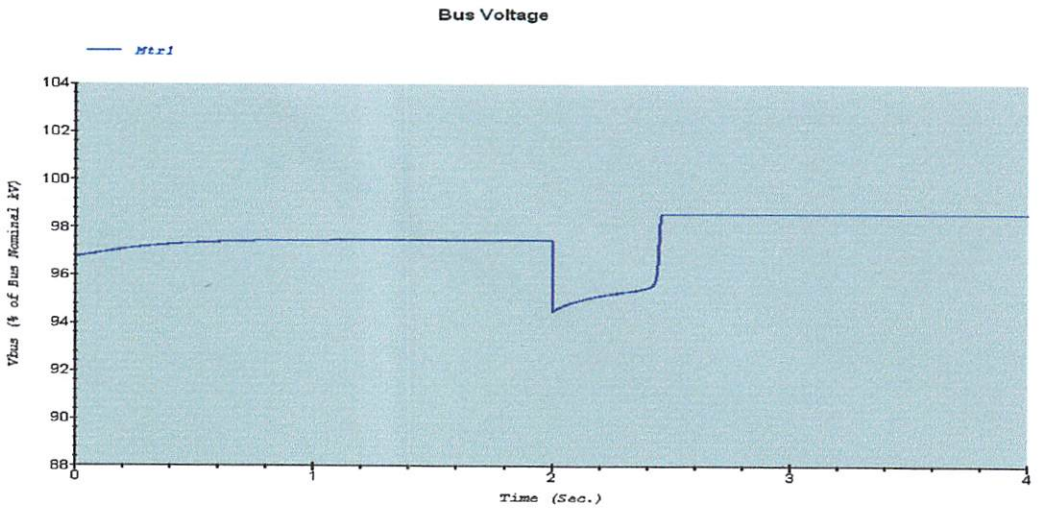
Dari hasil simulasi pengasutan motor menggunakan *resistor* dengan Tap 50%, pada gambar 4.16. Arus pengasutan motor dengan menggunakan *Software ETAP Power Station* adalah 299,608 % dari FLA dan arus puncaknya 466,298 % dari FLA. Sedangkan pada gambar 4.14. Besarnya tegangan terminal motor adalah 95,821 % dari Vt. Dan besarnya torsi pengasutan *resistor* adalah 15,739 % dari T_{sc}. Besarnya *slip* 1,06489 % pada gambar 4.18.

4.4.3. Hasil Simulasi Pengasutan *Reactor*

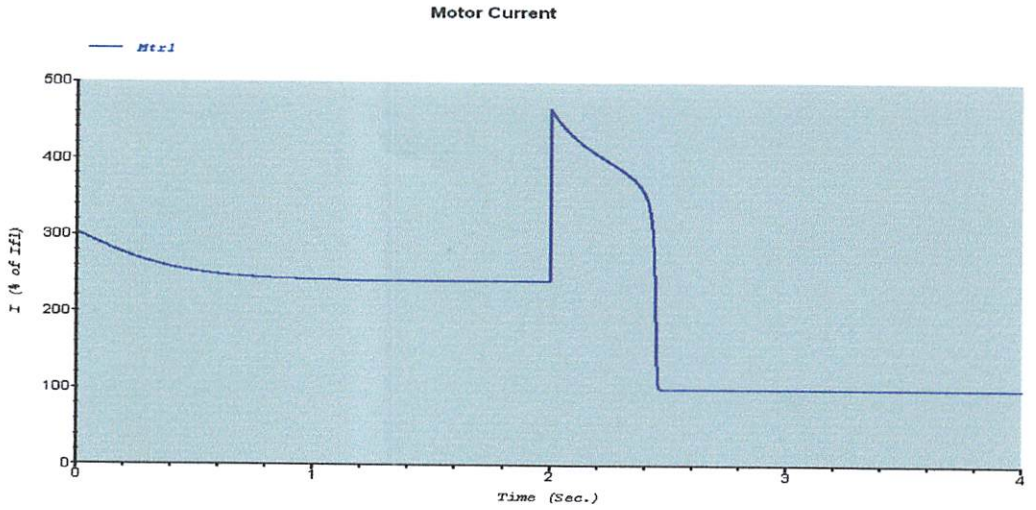
Tampilan Hasil Simulasi *Software ETAP Power Station* pengasutan motor menggunakan *reactor* dengan Tap 50%.



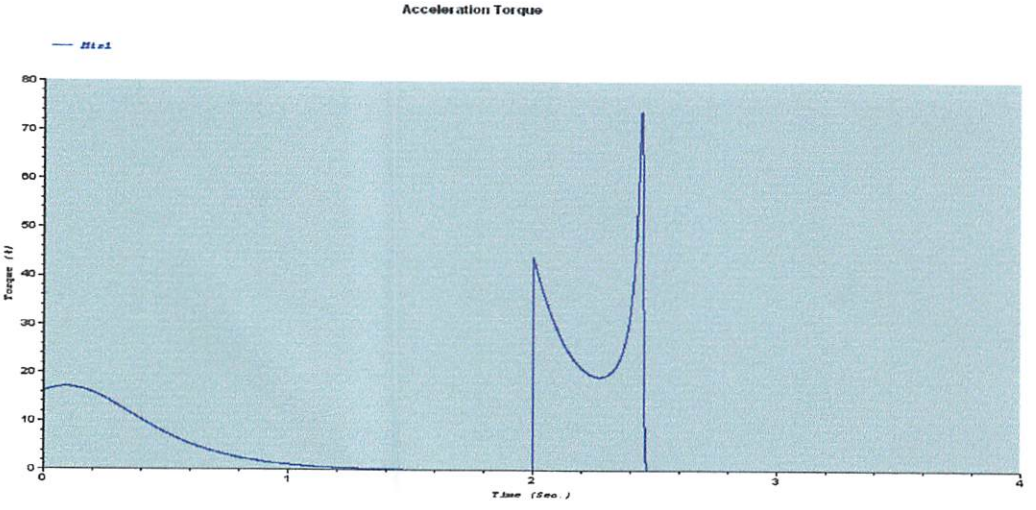
Gambar 4.19. Kurva Tegangan Terminal (kV) Terhadap Waktu (s)



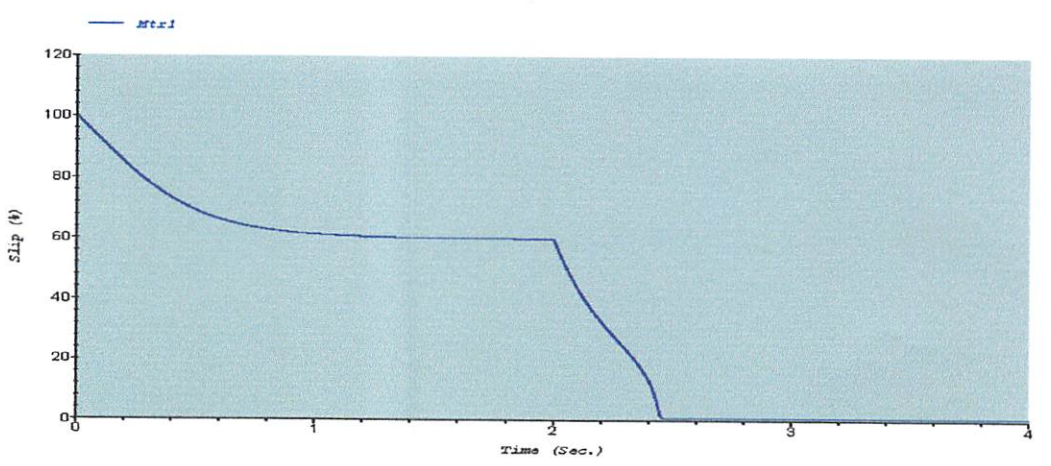
Gambar 4.20. Kurva Bus Voltage (kV) Terhadap Waktu (s)



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 302,515 % dari FLA dan arus puncaknya sebesar 465,618 % dari FLA. Sedangkan pada ganbar 4.19. tegangan terminal motor sebesar 92,9438 % dari Vt. Pada gambar 4.22. torsi pengasutan motor sebesar 69,7136% dari T_{sc}. Sedangkan pada gambar 4.23. *slip* motor sebesar 1,06489 %.

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 me*running* 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 *Auto-Trafo* Tap 50%	Pengasutan *Resistor* Tap 50%	Pengasutan *Reactor* Tap 50%
Arus % dari FLA (A)	581,223	153,455	299,608	302,515
Tegangan % dari Vt(V)	92,9438	98,1562	95,821	96,7508
Torsi % dari T_{sc}(N-m)	69,7136	16,7027	15,739	16,12
Slip (%)	1,06489	1,06489	1,06489	1,06489

Pada saat motor dijalankan tanpa menggunakan peralatan pengasutan motor, maka arus yang ditarik motor sebesar 581,223 % 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 153,455 % dari FLA. Akan tetapi penurunan arus pengasutan berdampak pada penurunan torsi pengasutan. Dimana torsi pengasutan tersebut besarnya adalah 16,7027 % dari T_{sc}. Sehingga motor ber*accelerasi* menjadi lambat.

Sedangkan menggunakan pengasutan *resistor* dengan Tap 50%, arus yang ditarik motor sebesar 299,608 % dari FLA. Maka torsi juga mengalami penurunan sebesar 15,739 % 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 16,12 % dari T_{sc}, dan arus pengasutan sebesar 302,515 % dari FLA.

Dari beberapa percobaan pengasutan motor, maka peralatan pengasutan yang paling optimal adalah dengan menggunakan pengasutan *Auto-trafo*, dimana arus pengasutannya sebesar 153,455% dari FLA.

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

Diketahui : FLA = 405 A, Vt = 380 V

$$I_{st} = \frac{581,223}{100} x405 = 2353,95A$$

$$V_t = \frac{92,9438}{100} x380 = 353,186V$$

$$T_{st} = \frac{69,7136}{100} x1201,13 = 837,35N.m$$

$$S = \frac{1,06489}{100} = 0,01$$

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

Diketahui : FLA = 405 A, Vt = 380 V, Tap = 50%

$$I_{st} = \frac{153,455}{100} x405 = 621,49A$$

$$V_t = \frac{98,1562}{100} x380 = 372,99V$$

$$T_{st} = \frac{16,7027}{100} x1201,13 = 200,62 N.m$$

$$S = \frac{1,06489}{100} = 0,01$$

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

Diketahui : FLA = 405 A, Vt = 380 V, Tap = 50%

$$I_{st} = \frac{299,608}{100} x405 = 1213,41 A$$

$$V_t = \frac{95,821}{100} x380 = 364,11 V$$

$$T_{st} = \frac{15,739}{100} x1201,13 = 189,04 N.m$$

$$S = \frac{1,06489}{100} = 0,01$$

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

Diketahui : FLA = 405 A, Vt = 380 V, Tap = 50%

$$I_{st} = \frac{302,515}{100} x405 = 1225,18 A$$

$$V_t = \frac{96,7508}{100} x380 = 367,65 V$$

$$T_{st} = \frac{16,12}{100} x1201,13 = 193,62 N.m$$

$$S = \frac{1,06489}{100} = 0,01$$

Tabel 4.4.
Analisa Perhitungan Hasil Komputasi *ETAP Power Station*

Data Hasil Komputasi ETAP	Starting Motor Tegangan Penuh	Pengasutan *Auto-Trafo* Tap 50%	Pengasutan *Resistor* Tap 50%	Pengasutan *Reactor* Tap 50%
I_{st} Amper	2353,95	621,49	1213,41	1225,18
Vt = 380 Volt	353,186	372,99	364,11	367,65
T_{st} N-m	837,35	200,62	189,04	193,62
Slip (pu)	0,01	0,01	0,01	0,01

BAB V

KESIMPULAN

5.1. Kesimpulan

1. *Starting* motor tanpa menggunakan pengasutan mengakibatkan jatuh tegangan pada bus, karena arus yang ditarik motor sangat tinggi 5,8 kali arus nominal atau sama dengan 2353.95 A. Dan torsi pengasutan sebesar 837,35 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 1,53 kali arus nominal atau sama dengan 621,49 A. Maka torsi pengasutan juga mengalami penurunan 200,62 N.m.
3. Dengan menggunakan pengasutan *resistor* dengan tap 50%, maka didapat arus awal sebesar 2,98 kali arus nominal atau sama dengan 1213,41 A. Dan torsi pengasutan juga mengalami penurunan 189,04 N.m.
4. Pengasutan *reactor* dengan tap 50 % maka didapat arus awal yang hampir sama dengan pengasutan *resistor* yaitu sebesar 3,02 kali arus nominal atau sama dengan 1225,18 A. Dan torsi pengasutan juga mengalami penurunan 193,62 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,* sehingga dapat mengurangi arus awal sebesar 978.51 A karena arus starting pengasutan yang digunakan di PT. Panasonic Lighting Indonesia besarnya 1600 A.

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]. Achyanto, Djoko. 1997. *"Mesin-Mesin Listrik"*. Edisi Keempat Penerbit Erlangga.

[2]. Dubey, G. K. 1995. *"Fundamentals of Electrical Drives"*. Kanpur India: Toppan Company DTE. LTD.

[3]. GUPTA, B. R. 2001. *"Principles of Electrical Engineering"*. RAM NAGAR, NEW DELHI-110055: S. Chand and Company LTD.

[4]. Heri. Purnomo.Ir. 2005. *"Mesin Listrik II"*. Malang: Jurusan Teknik Elektro, ITN.

[5]. 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.

[6]. Kadir, Abdul. 2003. *"Mesin Induksi"* . Penerbit Djambatan.

[7]. Petruzella, Frank D. 2001. *"Elektronik Industri"*. Yogyakarta: Edisi Bahasa Indonesia Penerbit Andi.

[8]. Theraja, B. L. *"Electrical Technology"*. RAM NAGAR, NEW DELHI-110055: Publycation Division of Nirja Construction and Development Co. (P) LTD.

[9]. Zuhal. 1991. *"Dasar Tenaga Listrik"*. Bandung: Penerbit ITB.

LAMPIRAN

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1
Jl. Karanglo km 2, Malang

BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

Nama : Yoga Prasetya Kurniawan

NIM : 02.12.028

Jurusan : Teknik Elektro S-1

Konsentrasi : Teknik Energi Listrik

Judul Skripsi : **ANALISA PENGASUTAN MOTOR INDUKSI 3 PHASA 220 KW DENGAN MENGGUNAKAN *SOFTWARE ETAP POWER STATION* DI PT. PANASONIC LIGHTING INDONESIA**

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

Hari : Rabu

Tanggal : 4 Maret 2009

Dengan Nilai : 77,5 (B^+)

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

ANGGOTA PENGUJI,

PENGUJI I

Ir. H. Taufik Hidayat, MT
NIP.Y. 101.8700.015

PENGUJI II

Ir. Eko Nurcahyo
NIP.Y. 102.8700.172

PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK
I (PERSERO) MALANG
JK 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, 7 Februari 2009

omor : ITN-698/I.TA/2/09
ampiran : -
erihal : BIMBINGAN SKRIPSI

epada : Yth. Sdr./i. **IR. M. ABDUL HAMID, 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	: YOGA PRASETYA K
Nim	: 0212028
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 :

4 Februarti 2009 s/d 4 Juli 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

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

PERNYATAAN KESEDIAAN DALAM PEMBIBINGAN SKRIPSI

Sesuai permohonan dari mahasiswa/i :

Nama : YOGA PRASETYA KURNIAWAN

Nim : 02.12.028

Semester : 13

Jurusan : Teknik Elektro S-1

Konsentrasi : Teknik Energi Listrik

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

ANALISA STARTING MOTOR INDUKSI 3 PHASA 220 KW MENGGUNAKAN SIMULASI SOFTWARE *ETAP POWERSTATION* PADA PT. PANASONIC *LIGHTING* INDNESIA PIER-REMBANG PASURUAN

Demikian surat pernyataan ini kami buat agar dapat dipergunakan seperlunya.

Malang, Januari 2009
Kami yang membuat pernyataan,

Ir. M. ABD. HAMID, MT
NIP. Y. 1018800188

Catatan :
Setelah disetujui agar formulir ini
Diserahkan mahasiswa/i yang bersangkutan
Kepada Jurusan untuk diproses lebih lanjut.
*) Coret yang tidak perlu

Form S-3b

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

Lampiran : 1 (satu) berkas
Pembimbing Skripsi

Kepada : Yth. Bapak/Ibu Ir. M. Abdul Ghofur, MT
Dosen Institut Teknologi Nasional
MALANG

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : YOSA PRASETYA.K
Nim : 02.12.028
Jurusan : Teknik Elektro S-1
Konsentrasi : **Teknik (~~Elektronika~~/ Energi Listrik/ ~~Komputer & Informatika~~)**

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

ANALISA STARTING MOTOR INDUKSI 3 PHASA 220 KW MENGGUNAKAN SIMULASI SOFTWARE ETAP POWER STATION PADA PT. PANASONIC LIGHTING INDONESIA PIER-REMBANG PASURUAN.

Adapun tugas tersebut sebagai salah satu syarat untuk menempuh Ujian Akhir Sarjana Teknik.
Demikian permohonan kami dan atas kesediaan Bapak/Ibu kami ucapkan terima kasih.

Malang,

Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Elektro

Ir. F. Yudi Limpraptono, MT
NIP.Y. 1039 5900274

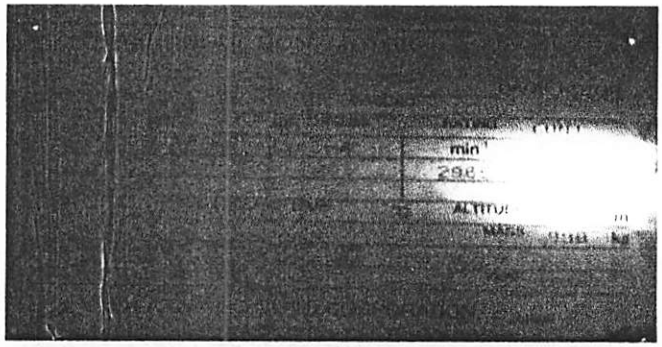
Hormat kami,

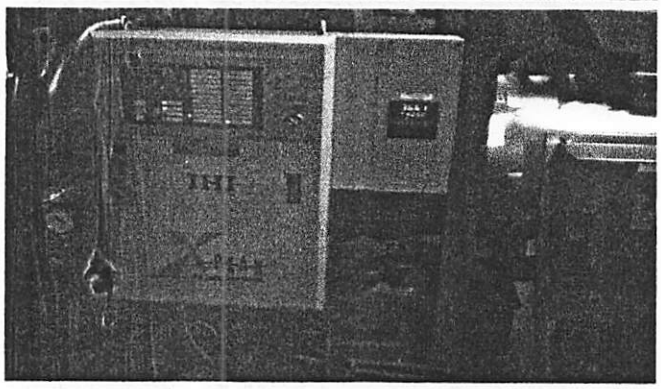
YOSA PRASETYA.K.

*) coret yang tidak perlu

Form S-3a

DATA MOTOR 3 PHASA
BOLA – BT (IP.20)





DAYA	220 Kw
TEGANGAN	380 v
ARUS	405 A
FEREKUWENSI	50 Hz
POLE	4
PUTARAN	1750
COS Ø	0.85

Arus pengasutan : 1600 A
Stade state : 365 A
Jenis beban : kompresor

Mengetahui
Manager utility and power system

P.T. PANASONIC LISTRIK INDONESIA
PLI

SUJUD HARJANTO

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 : [illegible]
N I M :
Perbaikan meliputi :

- Data pembebanan di lakukan atau ditetapi motor atau dibebani berapa ?
- Apa simulasi harus dalam kondisi tersebut
- Teori dalam Bab III yg terdiri atas relevansi nya dg Bab IV sebaiknya dihilangkan saja

Kesimpulan 3 apa maksud nya. Besar nya 1000 A atau apa Arus Starting yg nya

Karena ujian skripsi akan dimulai dg kondisi berbeban

Malang, 200

( )

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1
Jl. Karanglo km 2, Malang

LEMBAR PERBAIKAN SKRIPSI

Nama Mahasiswa	:	Yoga Prasetya Kurniawan
NIM	:	02.12.028
Jurusan	:	Teknik Elektro S-1
Konsentrasi	:	Teknik Energi Listrik

No.	Materi Perbaikan	Paraf
1.	Data pembebanan di lokasi itu ditulis motor itu dibebani berapa	
2.	Simulasi harus dalam keadaan berbeban	
3.	Teori dalam bab II yang tidak ada relevansinya dengan bab IV sebaiknya dihilangkan saja	
4.	Kesimpulan 5 apa maksudnya besarnya 1600 A itu apa arus startingnya	
5.	Hasilnya sepakat akan disimulasi dengan keadaan berbeban	

Telah Diperiksa dan Disetuji :

Dosen Penguji I

Ir. H. Taufik Hidayat, MT
NIP.Y 101.8700.0151

Mengetahui,
Dosen Pembimbing

Ir. M. Abdul Hamid, MT
NIP.Y 101.8800.189

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

FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI

NAMA : Yoga Prasetya Kurniawan
NIM : 02.12.028
MASA BIMBINGAN : 4 Februari 2009 – 4 Juli 2009
JUDUL SKRIPSI : ANALISA *STARTING* MOTOR INDUKSI 3 PHASA 220 KW MENGGUNAKAN *SOFTWARE ETAP POWER STATION* PADA PT. PANASONIC LIGHTING INDONESIA.

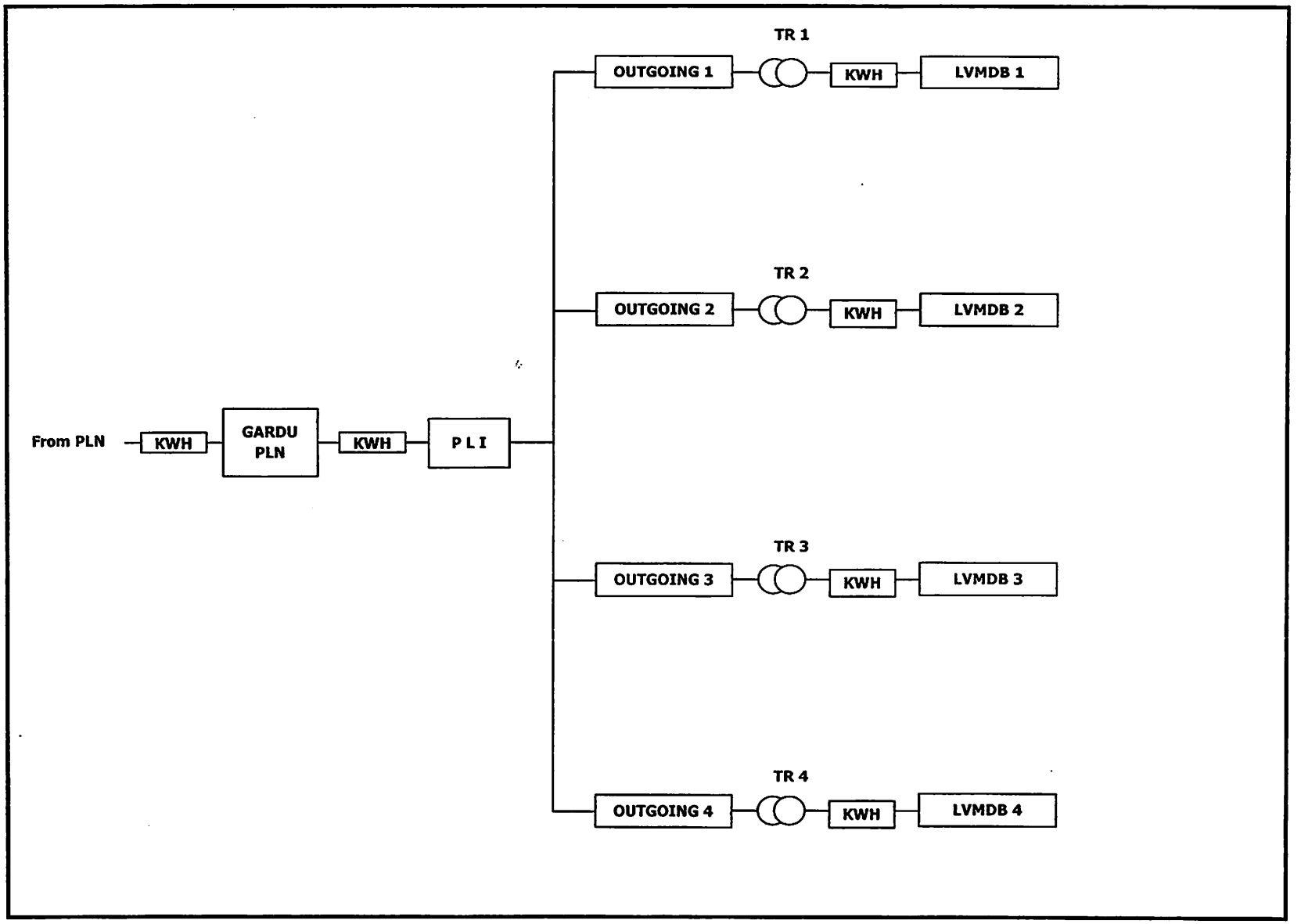
NO	TANGGAL	URAIAN	PARAP PEMBIMBING
1	06-02-2009	REVISI TUJUAN BAB I	
2	09-02-2009	ACC TUJUAN BAB I	
3	09-02-2009	REVISI GRAFIK	
4	11-02-2009	ACC GAMBAR GRAFIK	
5	16-02-2009	REVISI ANALISA BAB IV	
6	18-02-2009	ACC ANALISA BAB IV	
7	20-02-2009	ACC MAKALAH HASIL	
8	11-03-2009	REVISI KESIMPULAN DAN DAFTAR PUSTAKA	
9	12-03-2009	ACC KESIMPULAN DAN DAFTAR PUSTAKA	
10			

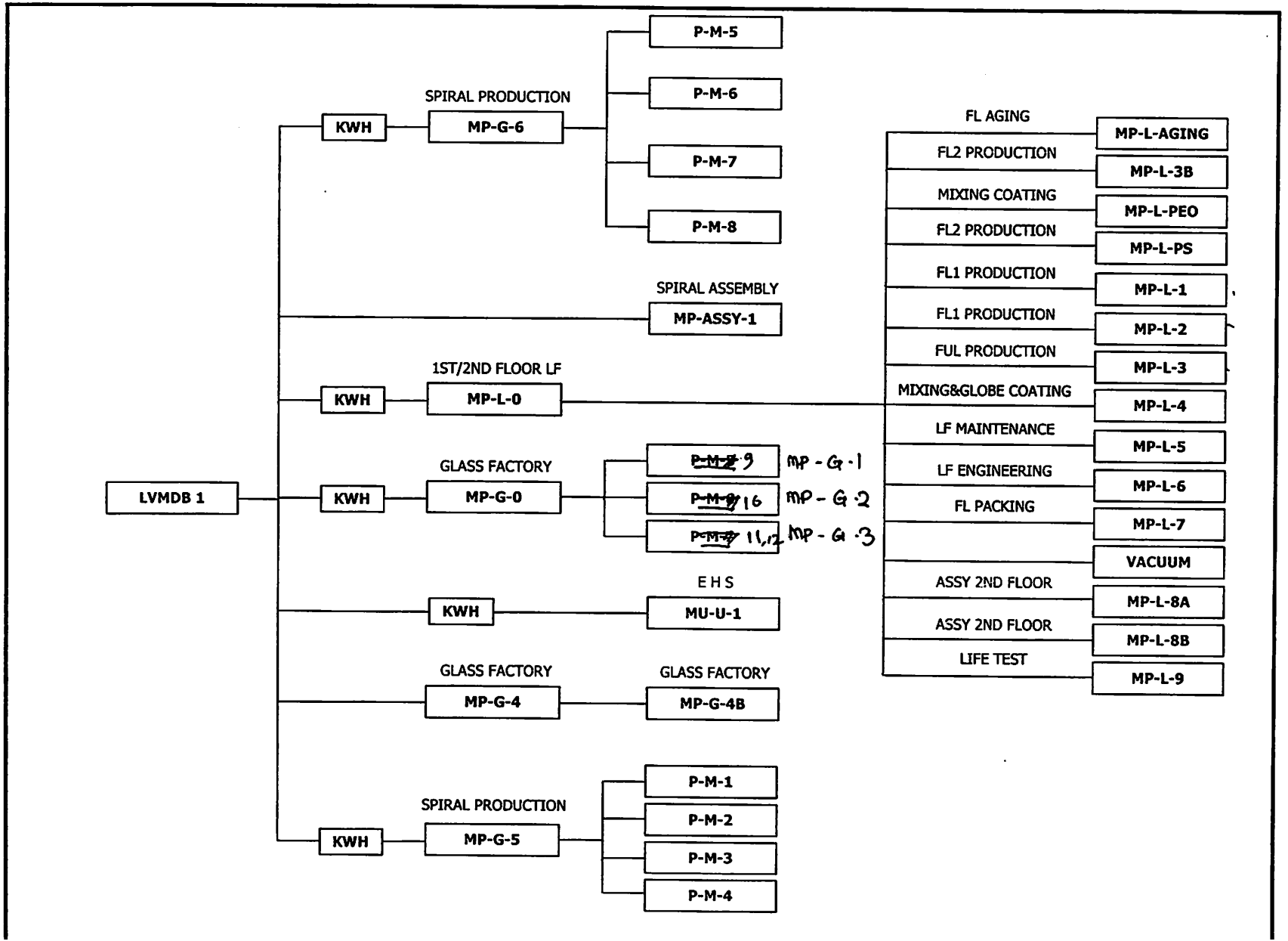
Malang,
Dosen Pembimbing ,

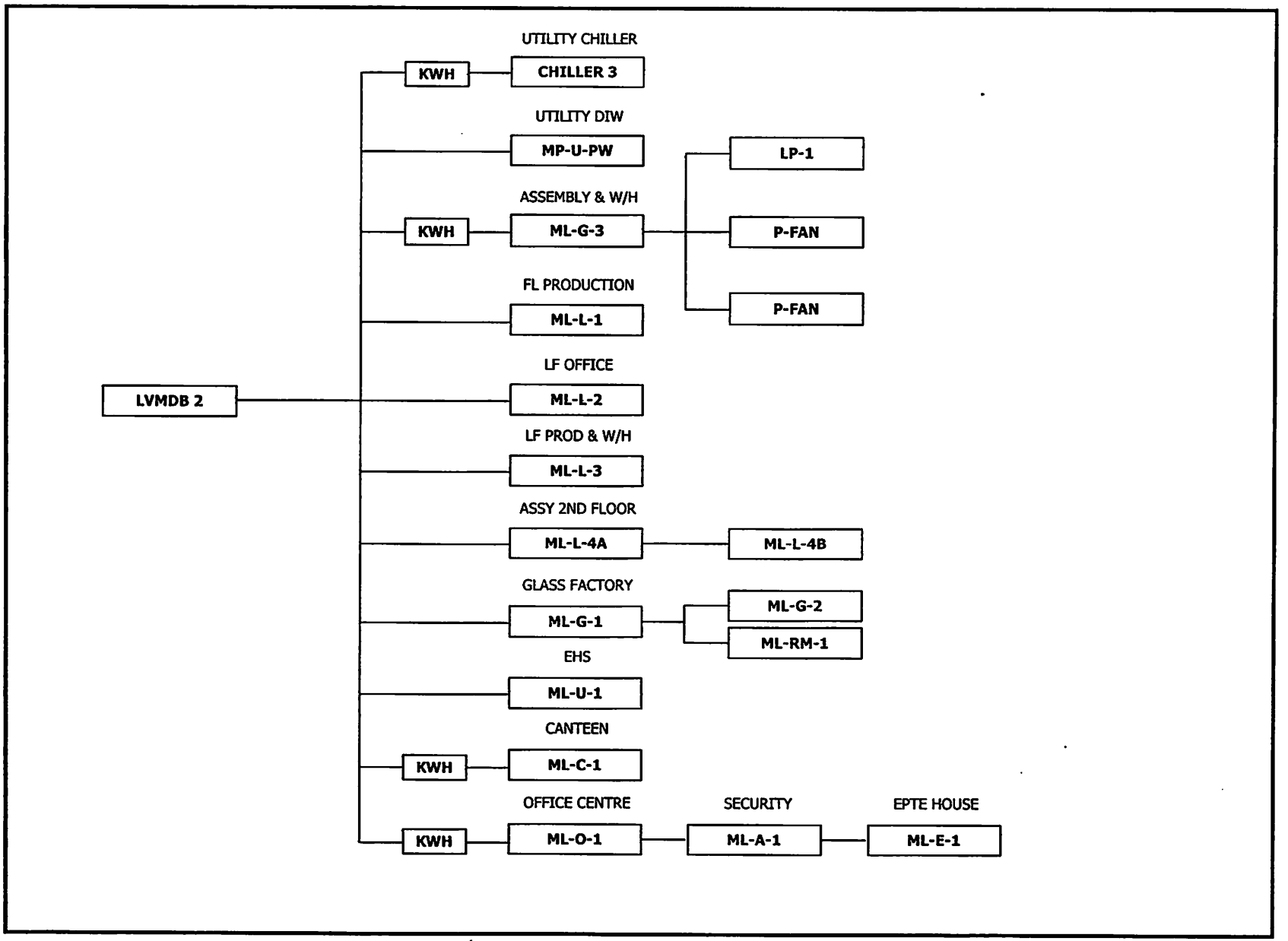
Ir. M. Abdul Hamid, MT
Nip. Y. 1018800188

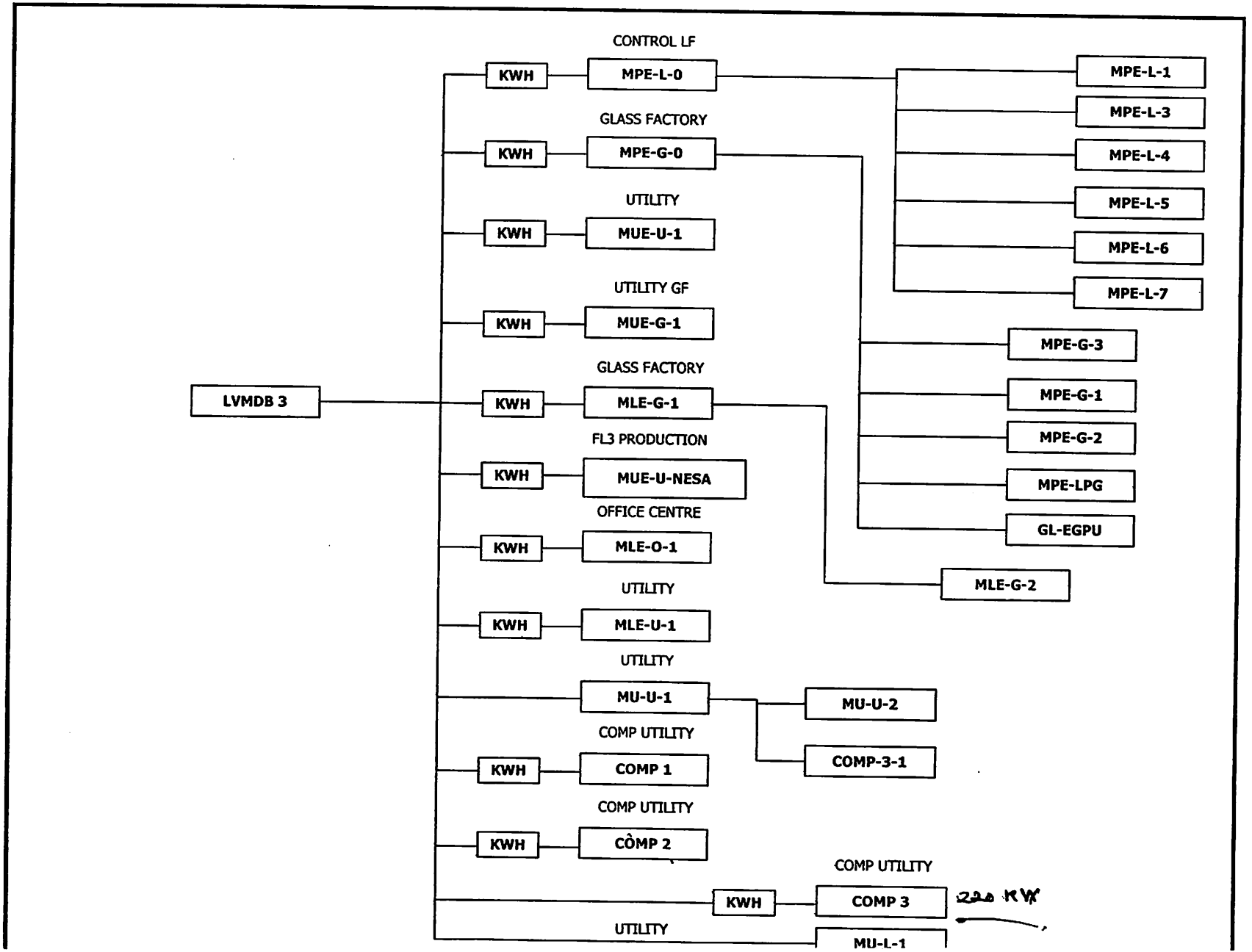
Form S-4B

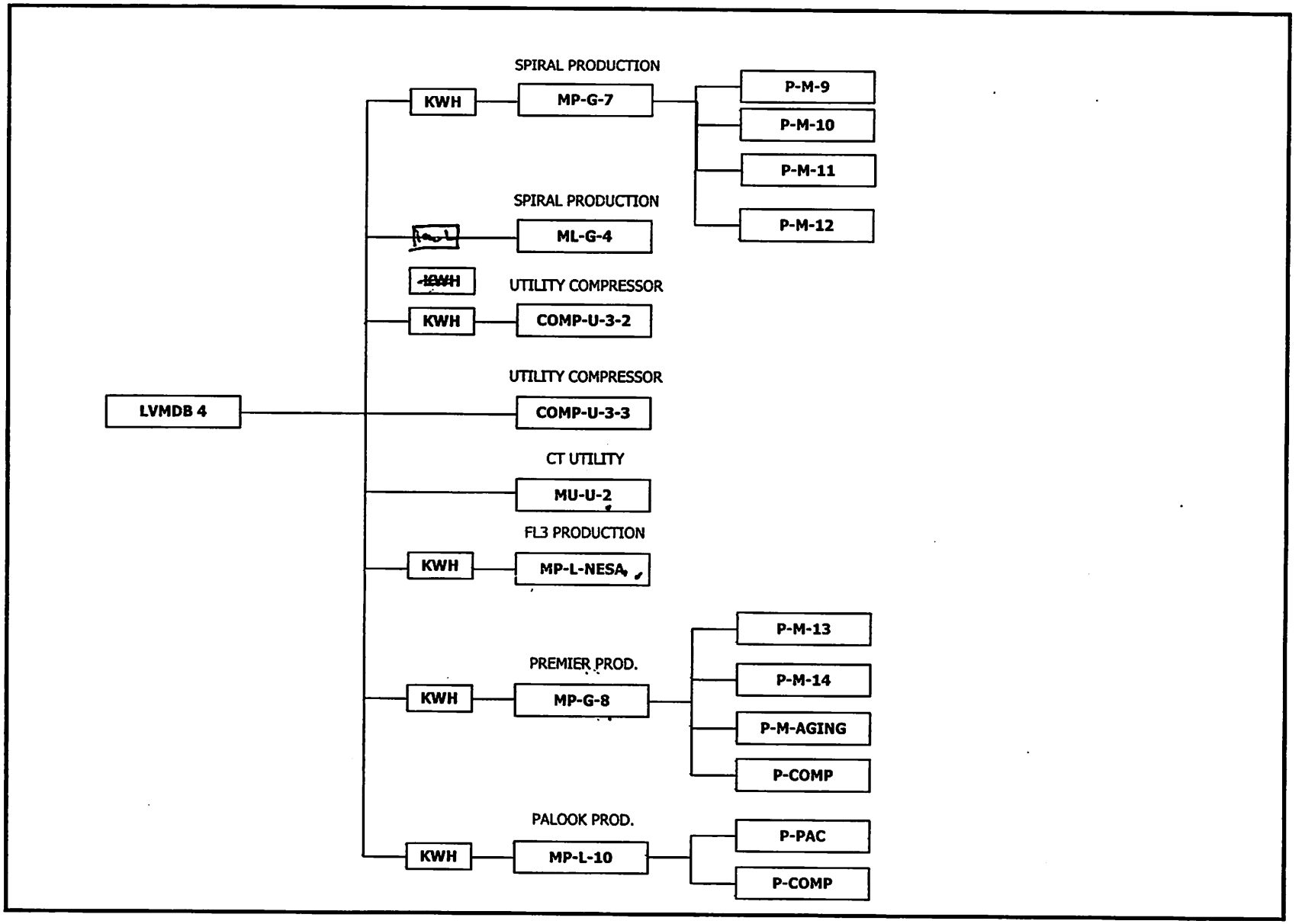
SINGLE LINE ELECTRIC DIAGRAM OF PT. PLI

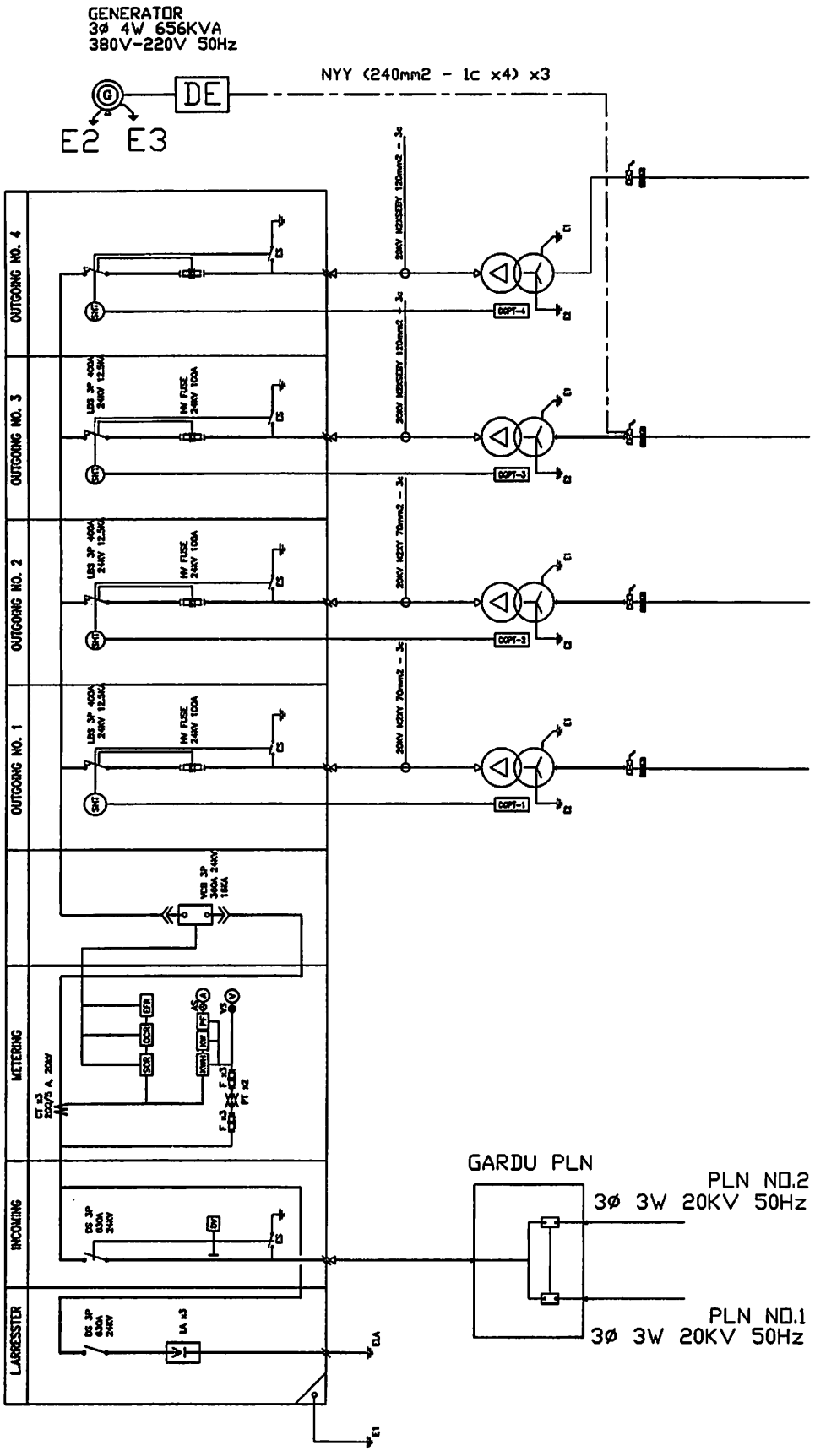


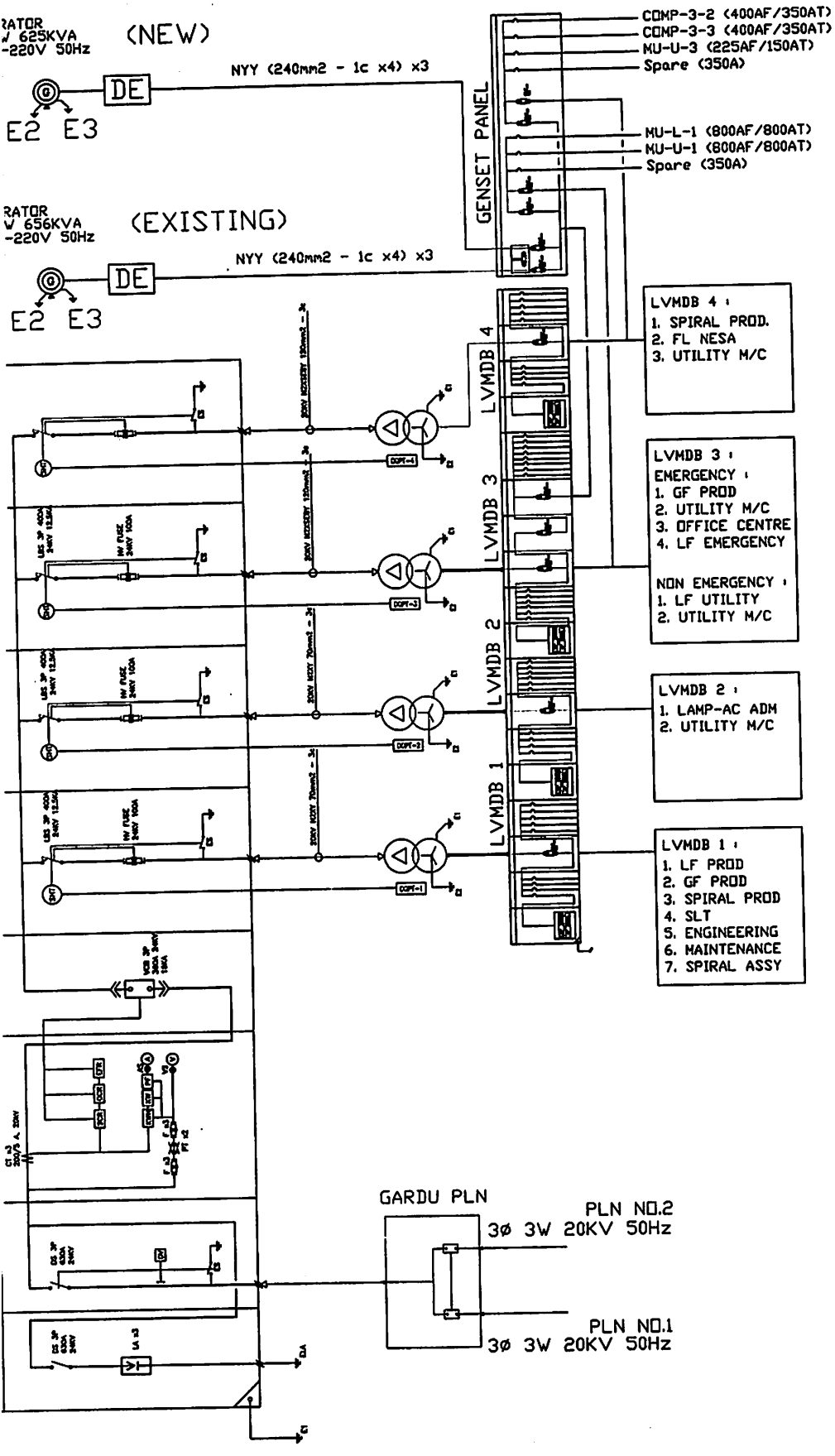

LVMDB 1
KWH
SPIRAL PRODUCTION
MP-G-6
P-M-5
P-M-6
P-M-7
P-M-8
SPIRAL ASSEMBLY
MP-ASSY-1
KWH
1ST/2ND FLOOR LF
MP-L-0
FL AGING
MP-L-AGING
FL2 PRODUCTION
MP-L-3B
MIXING COATING
MP-L-PEO
FL2 PRODUCTION
MP-L-PS
FL1 PRODUCTION
MP-L-1
FL1 PRODUCTION
MP-L-2
FUL PRODUCTION
MP-L-3
MIXING&GLOBE COATING
MP-L-4
LF MAINTENANCE
MP-L-5
LF ENGINEERING
MP-L-6
FL PACKING
MP-L-7
VACUUM
ASSY 2ND FLOOR
MP-L-8A
ASSY 2ND FLOOR
MP-L-8B
LIFE TEST
MP-L-9
KWH
GLASS FACTORY
MP-G-0
P-M-9
MP-G-1
P-M-16
MP-G-2
P-M-11,12
MP-G-3
KWH
E H S
MU-U-1
GLASS FACTORY
MP-G-4
GLASS FACTORY
MP-G-4B
KWH
SPIRAL PRODUCTION
MP-G-5
P-M-1
P-M-2
P-M-3
P-M-4


LVMDB 2
UTILITY CHILLER
KWH
CHILLER 3
UTILITY DIW
MP-U-PW
ASSEMBLY & W/H
KWH
ML-G-3
LP-1
P-FAN
P-FAN
FL PRODUCTION
ML-L-1
LF OFFICE
ML-L-2
LF PROD & W/H
ML-L-3
ASSY 2ND FLOOR
ML-L-4A
ML-L-4B
GLASS FACTORY
ML-G-1
ML-G-2
ML-RM-1
EHS
ML-U-1
CANTEEN
KWH
ML-C-1
OFFICE CENTRE
SECURITY
EPTE HOUSE
KWH
ML-O-1
ML-A-1
ML-E-1


LVMDB 3
CONTROL LF
KWH
MPE-L-0
MPE-L-1
MPE-L-3
MPE-L-4
MPE-L-5
MPE-L-6
MPE-L-7
GLASS FACTORY
KWH
MPE-G-0
MPE-G-3
MPE-G-1
MPE-G-2
MPE-LPG
GL-EGPU
UTILITY
KWH
MUE-U-1
UTILITY GF
KWH
MUE-G-1
GLASS FACTORY
KWH
MLE-G-1
MLE-G-2
FL3 PRODUCTION
KWH
MUE-U-NESA
OFFICE CENTRE
KWH
MLE-O-1
UTILITY
KWH
MLE-U-1
UTILITY
MU-U-1
MU-U-2
COMP-3-1
COMP UTILITY
KWH
COMP 1
COMP UTILITY
KWH
COMP 2
COMP UTILITY
KWH
COMP 3
220 KW
UTILITY
MU-L-1


LVMDB 4
KWH
SPIRAL PRODUCTION
MP-G-7
P-M-9
P-M-10
P-M-11
P-M-12
SPIRAL PRODUCTION
ML-G-4
KWH
UTILITY COMPRESSOR
KWH
COMP-U-3-2
UTILITY COMPRESSOR
COMP-U-3-3
CT UTILITY
MU-U-2
FL3 PRODUCTION
KWH
MP-L-NESA
KWH
PREMIER PROD.
MP-G-8
P-M-13
P-M-14
P-M-AGING
P-COMP
KWH
PALOOK PROD.
MP-L-10
P-PAC
P-COMP


GENERATOR
3ø 4W 656KVA
380V-220V 50Hz
NYY (240mm2 - 1c x4) x3
DE
E2 E3
OUTGOING NO. 4
OUTGOING NO. 3
OUTGOING NO. 2
OUTGOING NO. 1
METERING
INCOMING
LARRESSTER
GARDU PLN
PLN NO.2
3ø 3W 20KV 50Hz
PLN NO.1
3ø 3W 20KV 50Hz


RATOR
W 625KVA
-220V 50Hz
(NEW)
NYY (240mm2 - 1c x4) x3
DE
E2 E3
RATOR
W 656KVA
-220V 50Hz
(EXISTING)
NYY (240mm2 - 1c x4) x3
DE
E2 E3
GENSET PANEL
COMP-3-2 (400AF/350AT)
COMP-3-3 (400AF/350AT)
MU-U-3 (225AF/150AT)
Spare (350A)
MU-L-1 (800AF/800AT)
MU-U-1 (800AF/800AT)
Spare (350A)
LVMDB 4
LVMDB 3
LVMDB 2
LVMDB 1
LVMDB 4 :
1. SPIRAL PROD.
2. FL NESA
3. UTILITY M/C
LVMDB 3 :
EMERGENCY :
1. GF PROD
2. UTILITY M/C
3. OFFICE CENTRE
4. LF EMERGENCY
NON EMERGENCY :
1. LF UTILITY
2. UTILITY M/C
LVMDB 2 :
1. LAMP-AC ADM
2. UTILITY M/C
LVMDB 1 :
1. LF PROD
2. GF PROD
3. SPIRAL PROD
4. SLT
5. ENGINEERING
6. MAINTENANCE
7. SPIRAL ASSY
GARDU PLN
PLN NO.2
3ø 3W 20KV 50Hz
PLN NO.1
3ø 3W 20KV 50Hz