

**KOMPARASI SISTEM PENGASUTAN MOTOR INDUKSI UNTUK
MENINGKATKAN KUALITAS DAYA PADA P.G KREBET BARU II
BULULAWANG MALANG**

SKRIPSI



**Disusun Oleh :
AHMAD FAUZI
1112037**



**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S-1
KONSENTRASI TEKNIK ENERGI LISTRIK
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
2015**

LEMBAR PERSETUJUAN

**KOMPARASI SISTEM PENGASUTAN MOTOR INDUKSI UNTUK
MENINGKATKAN KUALITAS DAYA PADA P.G KREBET BARU II
BULULAWANG MALANG**

SKRIPSI

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

Disusun oleh :

AHMAD FAUZI

NIM. 1112037

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Elektro S-1



M. Ibrahim Ashari, ST, MT

NIP.P. 1030100358

Diperiksa dan Disetujui,

Dosen Pembimbing I

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Abraham Lomi'.

Prof. Dr. Eng. Ir Abraham Lomi, MSEE
NIP. Y. 1018500108

Dosen Pembimbing II

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Lauhil Mahfudz Hayusman'.

Lauhil Mahfudz Hayusman, ST, MT
NIP. P. 1031400472

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S-1
KONSENTRASI TEKNIK ENERGI LISTRIK
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
2015**

**KOMPARASI SISTEM PENGASUTAN MOTOR INDUKSI UNTUK
MENINGKATKAN KUALITAS DAYA PADA P.G KREBET BARU II
BULULAWANG MALANG**

Ahmad Fauzi (1112037)
Jurusan Teknik Elektro S-1, Konsentrasi Teknik Energi Listrik
Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Malang
Jl. Raya Karanglo Km. 2 Malang
E-mail : ahmadfauzi.fauzi94@yahoo.com

Abstrak

Sistem tenaga listrik harus memiliki tingkat kehandalan yang tinggi agar sistem tersebut mampu menyediakan pasokan energi listrik yang dibutuhkan secara kontinyu dengan kualitas daya yang baik dari segi tegangan. Salah satu gangguan yang sering terjadi pada sistem tenaga listrik adalah gangguan penurunan tegangan sesaat (voltage sag). Penurunan tegangan sesaat ini dapat disebabkan oleh pengasutan motor kapasitas besar. Dimana arus starting yang dihasilkan dapat mencapai 5 s/d 7 kali nilai nominalnya, sehingga perlu diterapkan metode starting motor untuk mereduksi arus yang besar tersebut.

Penelitian ini dilakukan di Pabrik Gula Kreet Baru II Malang. Simulasi pengasutan motor pada pabrik ini dilakukan dengan beberapa metode starting yaitu : star-delta, autotrafo, resistor, dan reactor. Melihat standar-standar yang digunakan dan hasil analisis pada motor injection baru dengan arus nominal motor 645 A dan tegangan 380 V, dapat dilakukan pengasutan motor dengan metode star-delta menghasilkan arus start 1175,76 A dan tegangan 327 V. Pengasutan autotrafo terdapat tiga pilihan persentase tegangan untuk melakukan pengasutan yaitu 50%, 65%, dan 80% dimana pada persentase tegangan 50% menghasilkan arus start 913,77 A dan tegangan 339 V, 65% menghasilkan arus start 1437,75 A dan tegangan 314 V, 80% menghasilkan arus start 1987,29 A dan tegangan 288 V. Pada pengasutan resistor menghasilkan arus start 1712,52 A dan tegangan 316 V. Dan untuk pengasutan reactor menghasilkan arus start 1648,62 A dan tegangan 306 V.

Kata Kunci : Pengasutan Motor, Star-Delta, Autotrafo, Resistor, Reactor, Voltage sag

KATA PENGANTAR

Puji Syukur Kehadirat Allah SWT berkat rahmat-Nya, sehingga Laporan Skripsi yang berjudul **“KOMPARASI SISTEM PENGASUTAN MOTOR INDUKSI UNTUK MENINGKATKAN KUALITAS DAYA PADA P.G KREBET BARU II BULULAWANG MALANG”** dapat diselesaikan.

Selesainya Laporan Skripsi ini tidak lepas dari bantuan beberapa pihak, untuk itu disampaikan ucapan terima kasih kepada yang terhormat :

1. Dr. Ir. Lalu Mulyadi, MT selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Malang.
2. Ir. H. Anang Subardi, MT selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Nasional Malang.
3. M. Ibrahim Ashari, ST, MT selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro S-1 Institut Teknologi Nasional Malang.
4. Prof. Dr. Eng. Ir. Abraham Lomi, MSEE selaku Dosen Pembimbing 1.
5. Lauhil Mahfudz Hayusman, ST, MT selaku Dosen Pembimbing 2.
6. Prof. Dr. Eng. Ir. Abraham Lomi, MSEE selaku Kepala Laboratorium Simulasi Sistem Tenaga Elektrik.
7. Kedua orang tua dan teman-teman yang turut memberi dukungan terhadap penyelesaian skripsi.

Penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini masih banyak kekurangan, oleh karena itu diharapkan saran dan kritik yang membangun agar skripsi ini menjadi lebih baik dan akhir kata semoga Skripsi ini dapat bermanfaat.

Malang, 07 Maret 2015

Penyusun

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN	i
ABSTRAK	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	viii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Pembahasan	2
1.4. Batasan Masalah	3
1.5. Sistematika Penulisan	3
BAB II KAJIAN PUSTAKA	5
2.1. Tinjauan Umum	5
2.2. Konstruksi Motor Induksi	7
2.2.1. Stator motor induksi tiga fasa.....	7
2.2.2. Rotor motor induksi tiga fasa	7
2.3. Medan Magnet Putar	8
2.4. Prinsip Kerja Motor Induksi	9
2.4.1. Slip dan Frekuensi Arus Rotor	10
2.5. Rangkaian Ekuivalen Motor Induksi	12
2.5.1. Rangkaian Ekuivalen Stator	15
2.5.2. Rangkaian Ekuivalen Rotor	15
2.6. Daya Aktif (<i>Active Power</i>)	17
2.6.1. Daya Reaktif (<i>Reactive Power</i>)	17
2.6.2. Daya Semu (<i>Apparent Power</i>)	18
2.7. Penyebab Penurunan Tegangan	18
2.7.1. Penurunan Tegangan Saat Pengasutan Motor	19
2.6.1. Perhitungan Penurunan Tegangan	19

BAB III METODE PENELITIAN	22
3.1. Analisa <i>Starting</i> Motor	22
3.2. Analisa Menggunakan Pengasutan Motor	23
3.3. Pengasutan Motor	24
3.3.1. Pengasutan <i>Star-Delta</i>	24
3.3.2. Pengasutan <i>Autotransformer</i>	26
3.3.3. Pengasutan <i>Resistor</i>	28
3.3.4. Pengasutan <i>Reactor</i>	29
3.4. <i>Software ETAP Power Station</i>	30
3.5. Analisa Aliran Daya (Load Flow)	32
3.6. <i>Algoritma</i> Program	34
3.6.1. <i>Algoritma</i> Pemecahan Masalah Komparasi <i>Starting</i> Motor Induksi Untuk Meningkatkan Kualitas Daya Menggunakan Simulasi <i>Software ETAP Powerstation</i> ...	34
3.6.2. <i>Flowchart</i> Pemecahan Masalah Komparasi <i>Starting</i> Motor Induksi Untuk Meningkatkan Kualitas Daya Menggunakan Simulasi <i>Software ETAP Powerstation</i> ...	35
BAB IV SIMULASI DAN ANALISIS HASIL	36
4.1. Pemodelan <i>Single Line</i> Diagram PG. Kerebet Baru II Malang Menggunakan <i>Software ETAP Powerstation</i>	36
4.2. Data-data yang dikumpulkan	37
4.2.1. Data Beban Motor dan Spesifikasi Yang Terpasang Di PG. Kerebet Baru II Malang	37
4.3. Analisa dan Hasil Simulasi	39
4.3.1. Analisa Perhitungan <i>Starting</i> Motor	40
4.3.2. Tampilan Hasil Simulasi <i>Starting</i> Motor	40
4.4. Analisa dan Hasil Simulasi Pengasutan Motor	41
4.4.1. Simulasi <i>starting</i> motor pertama di stasiun <i>Injection baru</i>	41
4.5. Hasil tabel simulasi pengasutan motor pertama di stasiun <i>Injection baru</i>	48
4.5.1. Hasil tabel simulasi pengasutan motor kedua	

Di stasiun <i>spray pond utara</i>	51
4.5.2. Hasil tabel simulasi pengasutan motor ketiga	
Di stasiun <i>injection selatan</i>	54
4.5.3. Hasil tabel simulasi pengasutan motor keempat	
Di stasiun <i>injection tengah</i>	57
4.5.4. Hasil tabel simulasi pengasutan motor kelima	
Di stasiun <i>spray pond selatan dan tengah</i>	60
4.6. Hasil komputasi peralatan <i>starting</i> motor menggunakan	
<i>Software ETAP Powerstation</i>	63
4.7. Analisa perhitungan hasil metode pengasutan motor	
Untuk mengetahui kualitas daya menggunakan <i>software</i>	
<i>ETAP Powerstation</i>	64
4.7.1. Grafik analisa perhitungan metode pengasutan	
Untuk mengetahui kualitas daya menggunakan	
<i>Software ETAP Powerstation</i>	68
BAB V PENUTUP	70
5.1. Kesimpulan	70
5.2. Saran	71
DAFTAR PUSTAKA	72
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Motor induksi	5
Gambar 2.2	Penampang rotor dan stator motor induksi	7
Gambar 2.3	Medan putar pada motor induksi	8
Gambar 2.4	Rangkaian Motor Induksi	12
Gambar 2.5	Rangkaian Motor Induksi	14
Gambar 2.6	Rangkaian ekivalen motor induksi	14
Gambar 2.7	Rangkaian ekivalen stator	15
Gambar 2.8	Rangkaian ekivalen rotor	17
Gambar 3.1	<i>Starting</i> tegangan penuh	22
Gambar 3.2	Rangkaian daya untuk sebuah pengasut <i>star-delta</i>	25
Gambar 3.3	Pengasut <i>Autotransformer</i>	26
Gambar 3.4	Pengasutan <i>Resistor</i>	28
Gambar 3.5	Pengasutan <i>Reactor</i>	29
Gambar 3.6	Tampilan program <i>ETAP Power Station</i>	32
Gambar 3.7	<i>Flowchart</i> komparasi <i>starting</i> motor untuk meningkatkan kualitas daya menggunakan simulasi <i>software ETAP Powerstation</i>	35
Gambar 4.1	Pemodelan <i>single line diagram</i> Simulasi PG. Krebet Baru II Malang	36
Gambar 4.2	<i>Inputan data name plate</i> motor kedalam <i>software ETAP Powerstation</i>	38
Gambar 4.3	<i>Menu tools motor starting study case</i>	39
Gambar 4.4	Profil arus (A) pada saat tanpa pengasutan	41
Gambar 4.5	Profil tegangan (kV) pada saat tanpa pengasutan	41
Gambar 4.6	Profil arus (A) pada saat pengasutan <i>star-delta</i>	42
Gambar 4.7	Profil tegangan (kV) pada saat pengasutan <i>star-delta</i>	42
Gambar 4.8	Profil arus (A) pada saat pengasutan <i>auto-trafo 50%</i>	43
Gambar 4.9	Profil tegangan (kV) pada saat pengasutan <i>auto-trafo 50%</i>	43
Gambar 4.10	Profil arus (A) pada saat pengasutan <i>auto-trafo 65%</i>	44
Gambar 4.11	Profil tegangan (kV) pada saat pengasutan <i>auto-trafo 65%</i>	44
Gambar 4.12	Profil arus (A) pada saat pengasutan <i>auto-trafo 80%</i>	45

Gambar 4.13	Profil tegangan (kV) pada saat pengasutan <i>auto-trafo 80%</i>	45
Gambar 4.14	Profil arus (A) pada saat pengasutan <i>resistor</i>	46
Gambar 4.15	Profil tegangan (kV) pada saat pengasutan <i>resistor</i>	46
Gambar 4.16	Profil arus (A) pada saat pengasutan <i>reactor</i>	47
Gambar 4.17	Profil tegangan (kV) pada saat pengasutan <i>reactor</i>	47
Gambar 4.18	Grafik arus (A) pengasutan motor pertama	49
Gambar 4.19	Grafik tegangan (kV) pengasutan motor pertama	49
Gambar 4.20	Grafik arus (A) pengasutan motor kedua	51
Gambar 4.21	Grafik tegangan (kV) pengasutan motor kedua	51
Gambar 4.22	Grafik arus (A) pengasutan motor ketiga	53
Gambar 4.23	Grafik tegangan (kV) pengasutan motor ketiga	53
Gambar 4.24	Grafik arus (A) pengasutan motor keempat	55
Gambar 4.25	Grafik tegangan (kV) pengasutan motor keempat	55
Gambar 4.26	Grafik arus (A) pengasutan motor kelima	57
Gambar 4.27	Grafik tegangan (kV) pengasutan motor kelima	57
Gambar 4.28	Grafik perbandingan arus <i>star</i> pada pengasutan <i>DOL</i> , <i>Star-delta, auto-trafo, resistor, dan reactor</i>	64
Gambar 4.29	Grafik perbandingan tegangan <i>star</i> pada pengasutan <i>DOL</i> , <i>star-delta, auto-trafo, resistor, dan reactor</i>	64
Gambar 4.30	Grafik perbandingan presentase tegangan(%) pada saat Pengasutan <i>DOL, auto-trafo, resistor, dan reactor</i>	65

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1	Kapasitas suplai tenaga.....	37
Tabel 4.2	Spesifikasi turbin di PG. Kerebet Baru II Malang.....	37
Tabel 4.3	Data motor di PG. Kerebet Baru II Malang.....	38
Tabel 4.4	Hasil analisa komputasi simulasi peralatan <i>starting</i> motor.....	58
Tabel 4.5	Profil arus dan tegangan saat pengasutan motor menggunakan Metode <i>direct on line</i> pada PG. Kerebet Baru II Malang.....	60
Tabel 4.6	Profil arus dan tegangan saat pengasutan motor menggunakan Metode <i>star-delta</i> pada PG. Kerebet Baru II Malang.....	60
Tabel 4.7	Profil arus dan tegangan saat pengasutan motor menggunakan Metode <i>auto-trafo tap 50%</i> pada PG. Kerebet Baru II Malang.....	61
Tabel 4.8	Profil arus dan tegangan saat pengasutan motor menggunakan Metode <i>auto-trafo tap 65%</i> pada PG. Kerebet Baru II Malang.....	61
Tabel 4.9	Profil arus dan tegangan saat pengasutan motor menggunakan Metode <i>auto-trafo tap 80%</i> pada PG. Kerebet Baru II Malang.....	62
Tabel 4.10	Profil arus dan tegangan saat pengasutan motor menggunakan Metode <i>resistor</i> pada PG. Kerebet Baru II Malang.....	62
Tabel 4.11	Profil arus dan tegangan saat pengasutan motor menggunakan Metode <i>reactor</i> pada PG. Kerebet Baru II Malang.....	63

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Motor induksi banyak digunakan di industri untuk berbagai macam keperluan, diantaranya sebagai penggerak dalam proses produksi. Pada saat *start* motor dioperasikan pertama kali arus *starting* yang dihasilkan 5 sampai 7 kali arus nominal hal ini dapat menyebabkan terjadinya jatuh tegangan yang dapat mempengaruhi proses produksi karena banyaknya penggunaan beban – beban sensitif, seperti PLC, PC, dan Alat-alat elektronik lainnya (Yandri, 2011). Dalam mengatasi arus *starting* pada motor induksi banyak digunakan metode pengasutan diantaranya *Star-Delta*, *Auto Trafo*, *Resistor*, dan *Reactor*. Metode pengasutan tersebut banyak digunakan untuk mengurangi arus *starting* pada motor sekaligus dapat meminimalisir jatuh tegangan.

PG. Krebbe Baru II Bululawang Malang yang menjadi objek dalam penelitian ini merupakan salah satu pabrik gula di Indonesia yang sebagian besar bebanya berupa motor yang digunakan untuk proses penggilingan tebu. Banyak menggunakan motor dan sering mengalami jatuh tegangan sebesar 80% (data krebbe,2014) pada saat operasi. Kebutuhan listrik pada PG. Krebbe Baru II dipenuhi oleh 6 pembangkit yaitu, 5 generator tenaga uap, 1 buah generator tenaga diesel dan PLN. Pada saat tidak dalam keadaan produksi atau tidak giling kebutuhan listrik seluruhnya dipenuhi oleh PLN. Karena 6 generator yang ada dalam kondisi perbaikan yang akan digunakan untuk proses penggilingan, masanya yaitu 6 bulan perbaikan dan perawatan, 6 bulan proses giling atau produksi.

Permasalahan muncul ketika dalam keadaan produksi atau giling generator akan bekerja untuk memenuhi kebutuhan listrik di PG. Krebbe Baru II Bululawang Malang yang sebagian besar menggunakan motor. Penurunan tegangan sering timbul terutama saat terjadinya *starting* motor berkapasitas

besar yang ada di pabrik. Karena sebagian besar beban di PG. Krebet Baru II adalah motor, jatuh tegangan akan terjadi jika motor – motor besar melakukan proses pengasutan. Adanya arus *star* besar yang secara tiba – tiba ditarik dari sistem tenaga listrik dapat menyebabkan terjadinya jatuh tegangan.

Skripsi ini akan membahas mengenai penurunan tegangan yang terjadi akibat adanya pengasutan motor induksi berkapasitas besar yang ada di PG. Krebet Baru II Bululawang sehingga kualitas daya dapat terjaga.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang diuraikan diatas, maka permasalahan yang akan dibahas yaitu :

- a. Bagaimana menjaga kondisi tegangan tidak mengalami penurunan kritis pada sistem akibat *starting* motor yang dapat mempengaruhi kualitas daya.
- b. Bagaimana menganalisa beberapa metode pengasutan dan menentukan pengasutan yang tepat untuk menanggulangi permasalahan kualitas tegangan.

1.3 Tujuan Pembahasan

Adapun tujuan dari skripsi ini, yaitu :

- a. Menghitung kualitas tegangan sistem sebelum dan sesudah dilakukan pengasutan, yaitu : *Star-Delta*, *Auto Trafo*, *Resistor*, dan *Reactor*.
 - b. Menganalisis perbandingan pengasutan motor untuk menentukan metode pengasutan motor yang tepat agar kondisi kualitas tegangan pada sistem masih berada pada batas yang di ijinan.
-

1.4 Batasan Masalah

Agar permasalahan tidak meluas maka pada proposal skripsi ini akan dibatasi beberapa hal, yaitu :

- a. Hanya membahas masalah *starting* motor induksi tiga fasa.
- b. *Starting* yang digunakan, yaitu : *Star-Delta, Auto Trafo, Resistor, dan Reactor.*
- c. Analisa *starting* motor disimulasikan menggunakan *software ETAP Powerstation.*
- d. Kualitas daya yang dibahas mengenai penurunan tegangan akibat *starting* motor induksi.
- e. Data yang tidak didapat di lapangan menggunakan data default dan *ETAP Powerstation.*

1.5 Sistematika Penulisan

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

BAB I : PENDAHULUAN

Pada bab ini berisi pendahuluan yang menjadi latar belakang, rumusan masalah , tujuan, batasan masalah, serta sistematika penulisan.

BAB II : LANDASAN TEORI

Pada bagian ini diuraikan mengenai motor induksi tiga fasa, prinsip kerja motor induksi, serta hal-hal yang berkaitan dengan perhitungan kualitas tegangan, serta karakteristik motor induksi.

BAB III : METODE PENELITIAN

Pada bagian ini akan diuraikan mengenai analisa dengan *starting* motor dan kualitas tegangan menggunakan simulasi *software ETAP Powerstation* pada Pabrik Gula Kribet Baru II Bululawang Malang. Dimana metode pengasutan yang

digunakan yaitu metode *star-delta*, metode *auto-trafo*, metode *resistor*, dan metode *reactor*.

BAB IV : SIMULASI DAN ANALISIS HASIL

Pada bab ini berisikan tentang hasil analisis simulasi *starting* motor serta kualitas tegangan yang tepat dengan tampilan data berupa tabel-tabel dan grafik karakteristik untuk lebih memudahkan pengamatan.

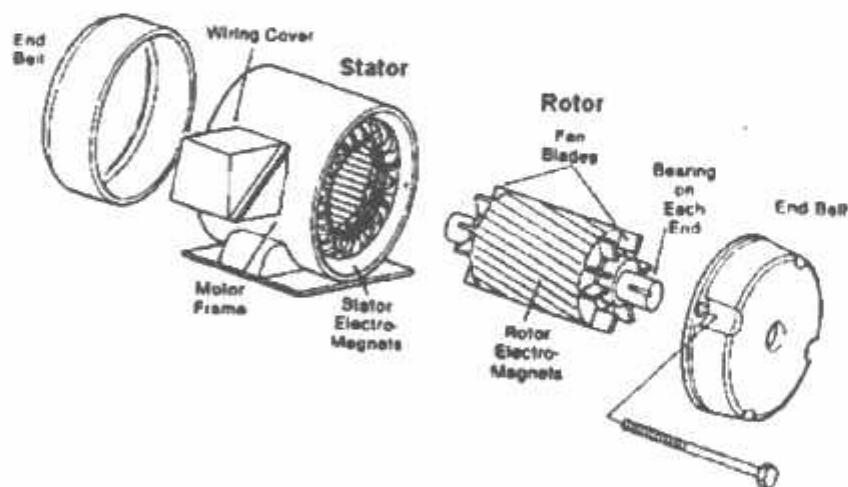
BAB V : PENUTUP

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

BAB II LANDASAN TEORI

2.1 Teori Dasar Motor Induksi^[1]

Motor induksi merupakan suatu motor yang banyak digunakan untuk berbagai keperluan terutama di pabrik – pabrik yang menggunakan motor sebagai penggerak. Motor arus bolak – balik (motor AC) adalah suatu mesin yang berfungsi untuk mengubah 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 (*Asinkron*) 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* (Arindya, Radita, 2013).



Gambar 2.1 Motor induksi

Belitan stator yang dihubungkan dengan suatu sumber tegangan tiga fasa akan menghasilkan medan magnet yang berputar dengan kecepatan sinkron. Medan putar pada stator tersebut akan memotong konduktor – konduktor pada rotor, sehingga terinduksi arus dan rotor akan ikut berputar mengikuti medan

putar stator. Bertambahnya beban, akan memperbesar kopel motor, yang oleh karenanya akan memperbesar arus induksi pada rotor, sehingga *slip* antara medan putar stator dan putaran rotor akan bertambah besar. Jadi, apabila beban motor bertambah, putaran rotor cenderung menurun (Malik, Muh. Nasir, 2009).

Tegangan sistem daya akan menurun, Dimana tegangan jatuh ini mengganggu kerja dari relai, kontaktor, lampu menyala, maupun peralatan elektronik dan komputer yang ada disekitarnya.

Kelebihan penggunaan motor induksi :

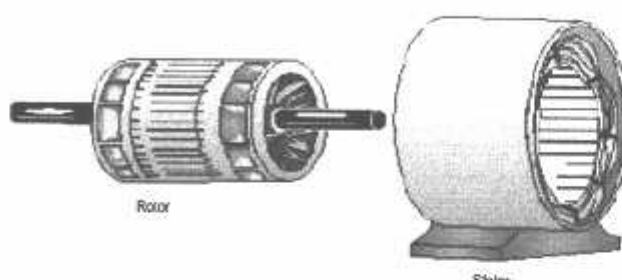
- Konstruksi sangat kuat dan sederhana terutama bila motor dengan rotor sangkar.
- Menghasilkan putaran yang konstan.
- Untuk pengasutan tidak memerlukan motor lain sebagai penggerak mula.
- Harganya relatif murah dan keandalannya tinggi.
- Efisiensi relative tinggi pada keadaan normal, tidak ada sikat sehingga rugi gesekan kecil.
- Biaya pemeliharaan rendah karena pemeliharaan motor hampir tidak diperlukan.

Kelemahan penggunaan motor induksi :

- Kecepatan tidak mudah dikontrol
 - Power faktor rendah pada beban ringan
 - Arus start biasanya 5 - 7 kali dari arus nominal
-

2.2 Konstruksi Motor Induksi⁶¹

Konstruksi motor induksi terdiri dari dua bagian utama yaitu *stator* dan *rotor*. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 2.2 dibawah ini :



Gambar 2.2 Penampang rotor dan stator motor induksi

2.2.1 Stator motor induksi tiga fasa

Pada motor induksi tidak terdapat kumparan medan magnet sehingga sumber pembangkit fluks hanya diperoleh dari daya masuk stator. Daya masuk untuk pembangkit fluks merupakan daya induktif sehingga motor induksi bekerja pada faktor kerja terbelakang (*lagging*).

Bagian motor induksi terdiri dari stator dan rotor, dipisahkan dengan bagian stator oleh celah udara yang sempit (*air gap*) dengan jarak antara 0.4 mm sampai 4 mm. Stator adalah bagian dari mesin yang tidak berputar dan terletak pada bagian luar. Dibuat dari besi bundar berlaminasi dan mempunyai alur – alur sebagai tempat meletakkan kumparan. Belitan motor diletakkan dalam alur stator yang terpisah 120 derajat listrik. Belitan fasa dapat tersambung secara segitiga (Δ) ataupun bintang (Y).

2.2.2 Rotor motor induksi tiga fasa

Berdasarkan kumparannya rotor dibagi menjadi dua, yaitu rotor sangkar (*squarrel-cage rotor*) dan rotor kumparan (*wound rotor*). Perbedaan mendasar dari rotor sangkar dengan rotor belitan adalah terdapat pada konstruksi rotor.

Rotor sangkar mempunyai karakteristik :

- Tahanan rotor tetap
- Arus *starting* tinggi

- Torsi *starting* rendah

Rotor kumparan mempunyai karakteristik :

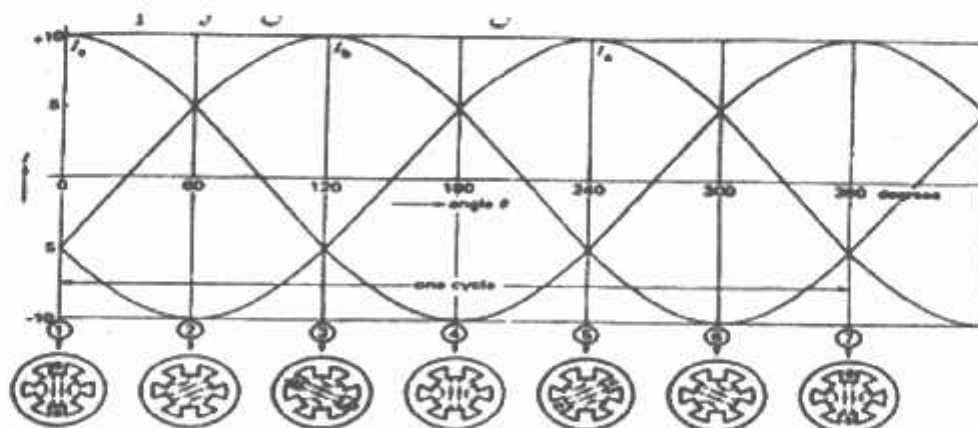
- Memungkinkan tahanan luar dihubungkan ke tahanan rotor melalui *slip ring* yang terhubung ke sikat.
- Arus *starting* rendah
- Torsi *starting* tinggi
- Faktor daya

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

Kumparan rotor merupakan motor induksi jenis ini mempunyai rotor dengan belitan kumparan tiga fasa sama seperti kumparan stator. Kumparan stator dan rotor juga mempunyai jumlah kutub yang sama.

2.3 Medan Magnet Putar

Belitan stator dihubungkan dengan catu daya tiga fasa maka akan dihasilkan medan magnet yang berputar, medan magnet ini dibentuk oleh kutub – kutubnya yang berada pada posisi yang tidak tetap pada stator tetapi berubah – ubah mengelilingi stator. Adapun magnitud dari medan putar ini selalu tetap yaitu sebesar $1.5 \phi_m$ dimana ϕ_m adalah fluks yang disebabkan suatu fasa. Hubungan dapat berupa hubungan bintang atau delta.



Gambar 2.3 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 sinusoidal. Distribusi i_a , i_b , i_c sebagai fungsi waktu adalah seperti Gambar 2.2. Pada keadaan t_1 fluks resultan mempunyai arah yang sama dengan arah yang dihasilkan oleh kumparan A-a, sedangkan pada t_3 , fluks resultannya berlawanan arah dengan fluks resultan yang dihasilkan pada t_1 . Dari Gambar 2.3 tersebut menunjukkan bahwa fluks resultan ini akan berputar satu kali.

2.4 Prinsip Kerja Motor Induksi

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 dari motor induksi adalah sebagai berikut :

1. Apabila sumber tegangan 3 fasa dipasang pada kumparan stator, maka akan timbul

medan putar dengan kecepatan

$$n_s = \frac{120 \cdot f}{p} \dots\dots\dots (2-1)$$

Dimana :

n_s = Kecepatan sinkron (rpm)

f = Frekuensi (Hz)

p = Jumlah kutub

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 yang 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 telah dijelaskan pada (3) tegangan induksi timbul karena terpotongnya batang konduktor (rotor) oleh medan putar stator. Artinya agar tegangan terinduksi diperlukan adanya perbedaan relatif antara kecepatan medan putar stator (n_s) dengan kecepatan berputar rotor (n_r).
6. Perbedaan kecepatan antara n_r dan n_s disebut slip(S) dinyatakan dengan :

$$s = \frac{n_s - n_r}{n_s} \times 100 \% \dots\dots\dots(2-2)$$
 Dimana :
 s = Slip
 n_s = Kecepatan sinkron (rpm)
 n_r = Kecepatan rotor (rpm)
7. Bila $n_r = n_s$, tegangan tidak akan terinduksi dan arus tidak akan mengalir pada kumparan jangkar rotor, dengan demikian tidak dihasilkan kopel. Kopel motor akan 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

Perbedaan kecepatan putaran rotor (n_r) terhadap kecepatan medan putar stator (n_s) disebut dengan slip. Berubahnya kecepatan motor dapat mengakibatkan berubahnya besar slip 100 % pada saat *start* sampai 0 % pada saat diam (n_r) = (n_s), karena terjadi slip maka kecepatan relatif medan putar stator terhadap putaran rotor adalah $s \times n_s$, frekuensi tegangan yang terinduksi pada rotor sebanding dengan putaran relatif medan putar stator terhadap putaran rotor. Hubungan antar frekuensi slip dapat dilihat dari persamaan berikut : Bila f_1 = frekuensi

$$n_s = \frac{120 f}{p} \dots\dots\dots(2-3)$$

Atau

$$f_1 = \frac{p.n_s}{120} \dots\dots\dots(2-4)$$

Dimana :

f_1 = frekuensi

p = jumlah kutub

n_s = kecepatan sinkron (rpm)

Pada rotor berlaku hubungan

$$f_2 = \frac{p(ns-nr)}{120} \dots\dots\dots(2-5)$$

Dimana :

f_2 = frekuensi rotor

p = jumlah kutub

n_s = kecepatan sinkron

n_r = kecepatan rotor

Bila f_2 = frekuensi rotor

$$f_2 = \frac{p.n_s}{120} \times \frac{n_s-nr}{n_s} \dots\dots\dots(2-6)$$

karena

$$s = \frac{n_s-nr}{n_s} \text{ dan } f_1 = \frac{p.n_s}{120} \dots\dots\dots(2-7)$$

Dimana :

s = slip

n_s = kecepatan sinkron (rpm)

n_r = kecepatan rotor (rpm)

Maka :

$$f_2 = f_1 \cdot s$$

Dimana :

f_2 = frekuensi rotor

f_1 = frekuensi stator

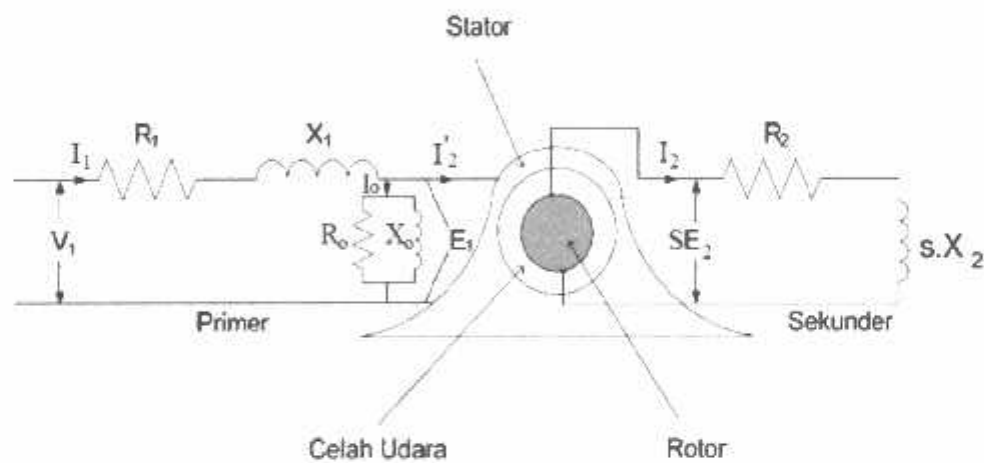
s = slip

karena pada saat *start* $s = 100\%$

dengan demikian terlihat bahwa pada saat start dan rotor belum berputar, frekuensi arus rotor sama dengan frekuensi stator. Dalam keadaan rotor berputar, frekuensi rotor di pengaruhi oleh slip ($f_2 = f_1 \cdot s$). Karena tegangan induksi dan reaktansi kumparan rotor merupakan fungsi frekuensi, maka besarnya juga di pengaruhi oleh slip.

2.5 Rangkaian Ekuivalen Motor Induksi

Untuk mempermudah penganalisaan dengan menggunakan rangkaian-rangkaian ekuivalen, lebih dahulu ditinjau keadaan motor induksi dimana motor induksi sebagai satu transformator. Penyaluran energi dari stator ke rotor dari satu motor induksi adalah besaran induksi elektromagnetik, karenanya motor induksi dapat dianggap sebagai transformator dengan stator merupakan primer dan rotor sebagai rangkaian sekunder seperti yang terlihat pada gambar 2.4 di bawah ini :



Gambar 2.4 Rangkaian Motor Induksi

Dalam diagram vektor gambar, V_1 adalah tegangan fasa stator; R_1 dan X_1 adalah tahanan stator dan reaktansi bocor pada lilitan fasa stator. Tegangan (V_1) menghasilkan fluks magnet, dimana primer (stator) dan dalam sekunder (rotor) timbul tegangan induksi E_r (sE_2). Tegangan terminal sekunder tidak ada sebab keseluruhan tegangan induksi E_r telah habis terpakai dalam rangkaian tertutup dari rotor, dengan demikian :

$$V_1 = E_1 + I_1 (R_1 + X_1) \dots\dots\dots(2-8)$$

Dimana :

V_1 = tegangan fasa stator (volt)

R_1 = tahanan stator (ohm)

X_1 = reaktansi bocor pada lilitan fasa stator (ohm)

E_1 = tegangan induksi (volt)

I_1 = arus stator (amp)

Besarnya E_r tergantung pada faktor transformasi tegangan antara stator dan rotor, dan juga tergantung pada slip. Seakan-akan seluruhnya tegangan E_r diserap dalam impedansi rotor.

$$E_r = I_2 \cdot Z_2 \quad \dots\dots\dots(2-9)$$

Dimana :

E_r = tegangan induksi (volt)

I_2 = arus rotor (amp)

Z_2 = impedansi rotor (ohm)

Atau

$$E_r = I_2 \cdot (R_2 + X_2) \quad \dots\dots\dots(2-10)$$

Dimana :

E_r = tegangan induksi (volt)

I_2 = arus rotor (amp)

R_2 = tahanan rotor (ohm)

X_2 = reactansi bocor pada lilitan fasa stator (ohm)

Dalam diagram vektor, I_0 adalah arus primer tanpa beban. Arus ini mempunyai dua komponen yaitu komponen rugi besi (I_c), yang menghasilkan rugi motor, arus magnetisasi (I_m) yang menghasilkan fluks magnet.

Dengan demikian :

$$I_0^2 = (I_c)^2 + (I_m)^2 \quad \dots\dots\dots(2-11)$$

Dimana :

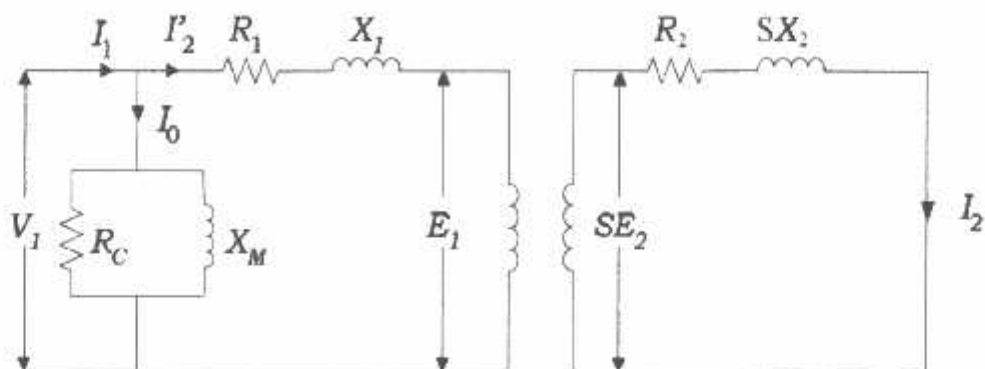
I_0 = arus primer tanpa beban (amp)

I_c = komponen rugi besi (amp)

I_m = arus magnetisasi (amp)

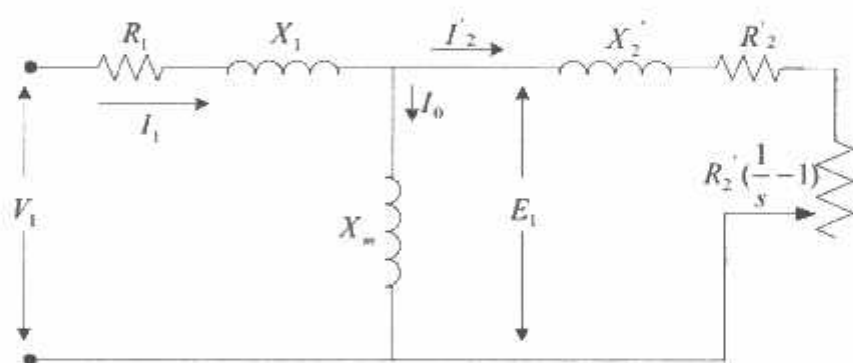
Umumnya pada transformator, I_0 adalah kecil. Hal ini disebabkan reaktansi pada transformator rendah. Seperti halnya pada transformator, harga sekunder dapat ditransfer ke primer atau sebaliknya. Peralihan impedansi atau resistansi dari sekunder ke primer harus dikali dengan a^2 , sedangkan arus dibagi

dengan a. rangkaian ekivalen motor induksi dimana semua harga stator di transfer ke primer adalah seperti Gambar 2.5 di bawah ini :



Gambar 2.5 Rangkaian motor induksi

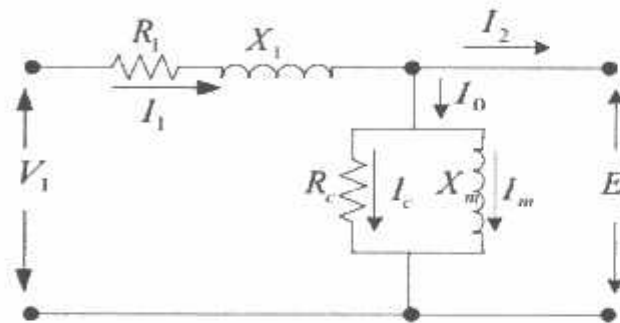
Sedangkan rangkaian ekivalen motor induksi dapat dilihat pada Gambar 2.6 berikut :



Gambar 2.6 Rangkaian ekivalen motor induksi

2.5.1 Rangkaian Ekuivalen Stator

Untuk mempermudah analisis motor induksi, digunakan metoda rangkaian ekuivalen per – fasa. Motor induksi dapat dianggap sebagai transformator dengan rangkaian sekunder berputar. Rangkaian ekuivalen statornya dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 2.7 Rangkaian ekuivalen stator

Dimana : V_1 = Tegangan terminal stator (Volt)

E_1 = Ggl lawan yang dihasilkan oleh fluks celah udara resultan (Volt)

I_1 = Arus stator (Amper)

R_1 = Tahanan efektif stator (Ohm)

X_1 = Reaktansi bocor stator (Ohm)

2.5.2 Rangkaian Ekuivalen Rotor

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

$$X_2 = sX_2 \dots\dots\dots (2-12)$$

$$X_2 = 2\pi \cdot f_2 \cdot L_2 \dots\dots\dots (2-13)$$

Dimana :

X_2 = reaktansi rotor (ohm)

f_2 = frekuensi arus stator

L_2 = induktansi rotor

dimana X_2 merupakan reaktansi rotor pada start atau diam.

Tegangan induksi pada rotor :

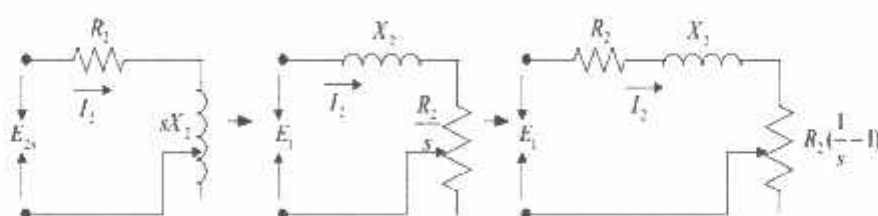
$$E_2 = 4,44f_2N_2\Phi_m \dots\dots\dots(2-14)$$

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

$$E_2 = 4,44sf_1N_2\Phi_m \dots\dots\dots(2-15)$$

Dengan memasukkan persamaan (2-10) ke (2-11) maka didapat persamaan :

$$E_2 = s E_2 \dots\dots\dots(2-16)$$



Gambar 2.8 Rangkaian Ekivalen Rotor

Dimana :

- s = Slip
- E_2 = Tegangan induksi per fasa di dalam rotor keadaan diam(volt)
- R_2 = Resistansi kumparan rotor per fasa berpatokan pada stator(ohm)
- X_2 = Reaktansi bocor rotor per fasa berpatokan pada stator(ohm)

Berdasarkan persamaan (2-9) dan (2-12) maka diperoleh rangkaian ekivalen rotor seperti pada Gambar 2.8.

Besar arus rotor (I_2) saat berputar adalah :

$$I_2 = \frac{sE_2}{\sqrt{R_2^2 + (sX_2)^2}} \dots\dots\dots(2-17)$$

Atau

$$I_2 = \frac{sE_2}{\sqrt{(\frac{R_2}{s})^2 + X_2^2}} \dots\dots\dots(2-18)$$

Dimana :

I_2 = arus rotor (amp)

s = slip

E_2 = Tegangan induksi per fasa di dalam rotor keadaan diam (volt)

R_2 = Resistansi kumparan rotor (ohm)

X_2 = Reaktansi bocor rotor (ohm)

Sedangkan torsi untuk motor induksi dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$P_{\theta} = T \cdot \omega_r \dots\dots\dots(2-19)$$

$$T_{\theta} = \frac{P_{\theta}}{\omega_r} \dots\dots\dots(2-20)$$

$$\omega_r = \frac{2 \cdot \pi \cdot nr}{60} \dots\dots\dots(2-21)$$

$$P_{in} = \sqrt{3} \cdot V_L \cdot I \cdot \cos \varphi \dots\dots\dots(2-22)$$

Dimana :

P_{θ} = daya output (watt)

T_{θ} = torsi mekanik (N-m)

ω_r = kecepatan sudut rotor (rad/sec)

P_{in} = daya input (watt)

2.6 Daya Aktif (*Active Power*)

Daya aktif (*Active Power*) adalah daya yang terpakai untuk melakukan energi sebenarnya. Satuan daya aktif adalah Watt. Adapun persamaan dalam daya aktif sebagai berikut :

Untuk 1 fasa :

$$P = V \cdot I \cos \varphi \dots\dots\dots(2-23)$$

Untuk 3 fasa :

$$P = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cos \varphi \dots\dots\dots(2-24)$$

Dimana : P = daya aktif (watt)

V = tegangan 3 fasa (volt)

I = arus 3 fasa (amper)

2.6.1 Daya Reaktif (*Reactive Power*)

Daya reaktif adalah jumlah daya yang diperlukan untuk pembentukan medan magnet. Dari pembentukan medan magnet maka akan terbentuk fluks medan magnet. Contoh daya yang menimbulkan daya reaktif adalah transformator, motor, dan lain-lain. Satuan daya reaktif adalah Var.

Untuk 1 fasa :

$$Q = V \cdot I \sin \varphi \quad \dots\dots\dots (2-25)$$

Untuk 3 fasa :

$$Q = \sqrt{3} V \cdot I \sin \varphi \quad \dots\dots\dots (2-26)$$

Dimana : Q = daya rata-rata yang disebut juga daya reaktif (var)

V = tegangan 3 fasa (volt)

I = arus 3 fasa (amper)

Daya reaktif terdiri dari dua macam yaitu daya reaktif induktif dan daya reaktif kapasitif, dimana keduanya memiliki tanda yang berlawanan. Daya reaktif kapasitif adalah daya yang dibutuhkan oleh kapasitor yang tidak menghasilkan kerja tetapi tersimpan dalam bentuk energi magnetis atau energi kapasitif. Sedangkan daya reaktif induktif adalah daya listrik yang dibutuhkan untuk menghasilkan medan magnet yang dibutuhkan oleh alat-alat seperti motor induksi, transformator dan lain sebagainya.

2.6.2 Daya Semu (*Apparent Power*)

Daya Semu (*Apparent Power*) adalah daya yang dihasilkan oleh perkalian antara tegangan dan arus dalam suatu jaringan. Satuan daya semu adalah VA.

Untuk 1 fasa :

$$S = V \cdot I \quad \dots\dots\dots (2-27)$$

Untuk 3 fasa :

$$S = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \quad \dots\dots\dots (2-28)$$

2.7 Penyebab Penurunan Tegangan

Penurunan tegangan berbeda dengan tegangan kurang (*under voltage*), durasi *under voltage* lebih dari 1 menit dan dapat dikontrol dengan peralatan regulasi tegangan (*voltage regulator*) (Pawawoi, 2009). Penurunan tegangan dapat disebabkan oleh hal-hal sebagai berikut, diantaranya:

- Gangguan pada sistem, seperti gangguan hubung singkat. Gangguan yang sering terjadi pada sistem adalah gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah.
- Pemikulan beban yang besar atau pengasutan motor berkapasitas besar.
- Sesuatu yang terjadi pada saluran penyaluran daya, seperti kecelakaan saat perbaikan dalam keadaan bertegangan, sambaran petir (*lightning strike*) dan benda jatuh yang menyebabkan gangguan ke tanah.
- Perubahan beban yang berlebihan atau di luar batas kemampuan sistem daya.

Perubahan beban besar secara mendadak atau pengasutan motor (*motor starting*) juga dapat menyebabkan dip tegangan.

2.7.1 Penurunan Tegangan Saat Pengasutan Motor^{[7][8]}

Motor listrik AC (sangkar tupai dan sinkron), menarik arus *start* tegangan penuh sebesar 5 – 7 kali arus nominal beban penuh agar dapat memperoleh torsi *starting* pengasutan cukup untuk mulai berputar. Adanya arus *start* besar yang secara tiba – tiba ditarik dari sistem tenaga listrik dapat menyebabkan penurunan tegangan. Akibat yang merugikan karena terjadinya penurunan tegangan antara lain :

1. Torsi transien *shaft* pada motor, yang dapat menyebabkan kerusakan pada sistem mekanik.
2. Drop tegangan yang berlebihan, yang dapat menghambat akselerasi motor dari kondisi diam ke kecepatan penuhnya.
3. Terjadi kesalahan fungsi dari kinerja peralatan – peralatan lain seperti : rele, kontaktor, peralatan elektronik, komputer (media penyimpanan data), dan terjadinya *flicker* pada penerangan yang dapat mengganggu.

2.7.2 Perhitungan penurunan tegangan

Perhitungan penurunan tegangan, nilai *minimum symmetrical interrupting duty* pada titik sumber sistem harus diketahui. Kemudian, menghitung impedansi saluran sistem atau reaktansi antara titik sumber dan motor. Impedansi motor dapat dihitung berdasarkan katalog dari pabrik pembuatnya, yang biasanya diberikan nilai untuk tegangan penuh dan arus *locked-rotor*.

Dalam menghitung tegangan motor saat terjadi pengasutan digunakan

$$\text{persamaan : } V_s = \frac{Z_m}{\sqrt{(R_m+R_s)^2+(X_m+X_s)^2}} \times V_1 \dots\dots\dots(2.29)$$

Dengan :

- V_s = Tegangan motor saat pengasutan (Volt)
- V_1 = Tegangan awal saat pengasutan (Volt)
- Z_m = Impedans motor yang diasut (ohm)
- R_m = $Z_m \cos \theta_m$ (ohm)
- X_m = $Z_m \sin \theta_m$ (ohm)
- $\cos \theta_m$ = Faktor daya arus yang ditarik oleh motor yang diasut
- R_s = Resistansi total jaringan antara motor dan titik pada sistem
- X_s = Reactans total jaringan antara motor dan titik pada sistem

Persamaan diatas dapat disederhanakan menjadi :

$$V_s = \frac{Z_m}{Z_m+X_s} \times V_1 \dots\dots\dots(2.30)$$

Dengan :

- V_s = Tegangan motor saat pengasutan (Volt)
- V_1 = Tegangan awal saat pengasutan (Volt)
- Z_m = Impedans motor yang diasut (ohm)
- X_s = Reaktans total jaringan antara motor dan titik pada sistem

Karena perhitungan *drop* tegangan saat pengasutan motor biasanya ditujukan untuk motor – motor yang memiliki kapasitas diatas 100 HP, *error* yang ada pada persamaan yang disederhanakan dapat diabaikan. Prosentase *drop* tegangan saat pengasutan dapat diperoleh melalui persamaan :

$$V_s = \frac{Z_m}{Z_m + X_s} \times V_1 \dots\dots\dots(2.31)$$

Dengan :

$\%V_s$ = Prosentase tegangan sistem saat *starting* motor

$\%Z_m$ = Prosentase impedans motor

$\%X_s$ = Prosentase reaktans total jaringan antara motor dan titik pada sistem

Besar impedans motor (ohm) adalah :

$$Z_m = \frac{V_m}{\sqrt{3} \times I_s} \dots\dots\dots(2.32)$$

Dengan :

V_m = Tegangan *rating* motor (Volt)

I_s = Arus *starting* pada tegangan *rating* motor (Amp)

Prosentase impedans motor dihitung dengan persamaan :

$$\%Z_m = \frac{100}{I_{LR}/I_{FL}} \dots\dots\dots(2.34)$$

Dengan :

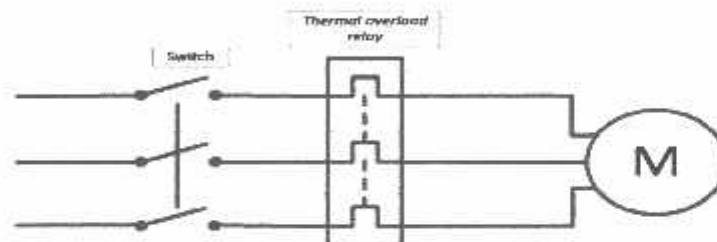
I_{LR} = Arus locked-rotor (Amp)

I_{FL} = Arus beban penuh/*full-load* (Amp)

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Analisa *Starting* Motor^{[1][4]}

Permasalahan dalam menjalankan motor induksi tiga fasa adalah timbulnya arus *starting* yang cukup besar. Arus *starting* pada sebagian besar motor induksi arus bolak-balik memiliki besar beberapa kali besar arus nominal. Arus yang ditarik pada saat *starting* mencapai 5 sampai dengan 7 kali arus nominal. Pada motor induksi berkapasitas besar hal ini tidak dapat diijinkan, karena akan mengganggu jaringan listrik lagi pula dapat merusak motor induksi itu sendiri.



Gambar 3.1 *Starting* tegangan penuh

Peralatan *starting* motor induksi rotor sangkar yang paling sederhana adalah *starting* 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 *start*, 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 *starting* awalnya sangat besar, kira-kira 4 sampai tujuh kali arus beban penuh, sedangkan torsi *starting*nya adalah 0,75 sampai 2 kali torsi beban penuh.

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

Rumus arus *starting* adalah :

$$I_{st} = 4 \text{ s.d. } 7 \cdot I_n \quad \dots\dots\dots(3-1)$$

$$I_n = \frac{P}{\sqrt{3}V \cos\theta_n} \quad \dots\dots\dots(3-2)$$

$$\text{Slip} = 1$$

$$I_2 = \frac{E_{20}}{\sqrt{R_2^2 + X_2^2}} \quad \dots\dots\dots(3-3)$$

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

3.2 Analisa Menggunakan Pengasutan Motor

Cara yang paling mudah untuk menurunkan arus *starting* adalah dengan menurunkan tegangan terminal menggunakan peralatan *starting* motor. Ketika motor distart pada tegangan penuh, arus yang ditarik dari I nominal daya umumnya adalah 600% dari arus beban penuh.

Arus *starting* 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 sistem 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.

Pembatasan arus pada sisi penerima, 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.

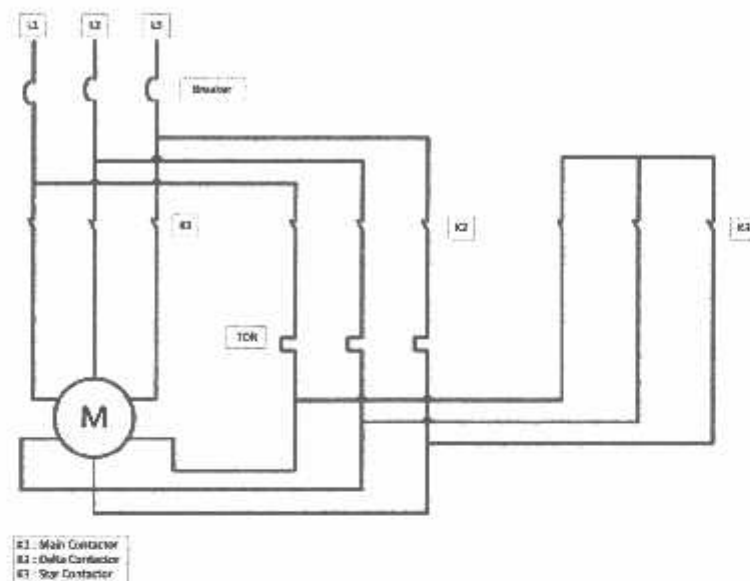
Jika beban yang digerakkan atau sistem distribusi daya tidak dapat menerima pengasutan beban penuh, beberapa jenis tegangan yang dikurangi meliputi pengasut tahanan primer, *auto-transformator*, *start-delta*, pengasutan bagian lilitan dan solid-state.

3.3 Pengasutan Motor

Arus yang ditarik pada saat pengasutan mencapai 5 sampai 7 kali arus nominal. Pada motor induksi berkapasitas besar hal ini akan mengakibatkan *voltage dip* pada sistem jaringan dan dapat merusak motor induksi itu sendiri. Cara yang paling mudah adalah dengan menurunkan tegangan terminal motor.

3.3.1 Pengasutan *Star-Delta*

Pengasut *Star-Delta* pada umumnya dipakai pada motor induksi dengan daya menengah dan besar antara 10 KW sampai 50 KW. Pengasut *Star-Delta* menggunakan arus star dan delta serta tegangan terkait. Saat motor terhubung bintang arus starting hanya digunakan sepertiga dari arus starting jika dalam hubungan segitiga. Sebuah lilitan stator motor induksi pertama-tama dihubungkan dalam bentuk rangkaian star(y) dan sebaliknya dihubungkan pada delta. Untuk melakukan hal ini, motor harus memiliki enam ujung lilitan stator yang dibawa menuju terminal-terminal motor.



Gambar 3.2 Rangkaian daya untuk sebuah pengasut star-delta

Rincian kerja pengasut *Star-Delta* dinamakan jenis transisi terbuka karena motor dalam sesaat diputus-hubungkan dari suplai selama perubahan keadaan dari *star* ke *delta*. Selama periode tansisi ini, gelombang arus berkemungkinan akan terdapat pada jalur suplai. Untuk menghindari gelombang arus ini, pengasut jenis transisi tertutup bisa digunakan sebagaimana motor tetap terhubung ke jalur suplai melalui resistor selama perubahan keadaan dari *star* ke *delta*.

- Kegunaan Pengasut *Star-delta*

Pengasut *Star-delta* digunakan bila adanya kebutuhan terhadap waktu akselerasi yang panjang dan asut yang berkeserangan. Aplikasi praktis khusus tersebut mencakup beban kelembaman yang tinggi seperti pada unit *air-conditioning* centrifugal.

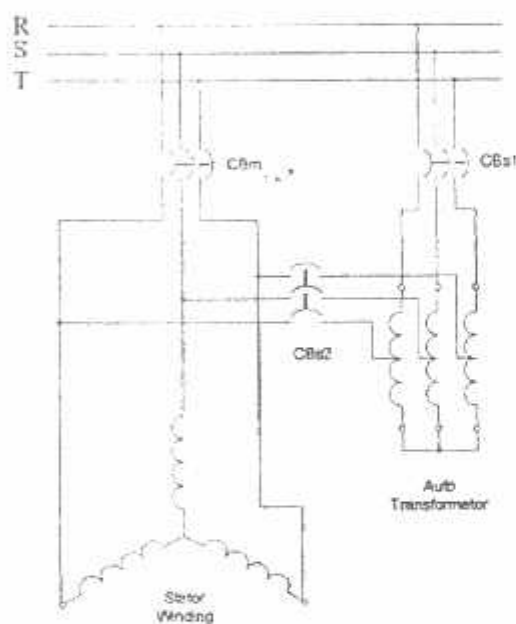
- Kelebihan pengasut *Star-delta*

1. Metode pengasutan yang lebih murah dibandingkan metode Soft Starting, Autotransformer
2. Karakteristik kecepatan / arus / torsi yang baik
3. Cocok untuk berbagai jenis motor

4. Mudah dipasang dalam berbagai situasi
- Kelemahan Pengasutan *Star-delta*
 1. Motor harus memiliki enam ujung koil, dalam hal ini, enam terminal
 2. Umumnya cocok untuk beban-beban yang memiliki torsi asut rendah
 3. Pada jenis transisi terbuka, menghasilkan *arus transient*

3.3.2 Pengasutan *autotransformer*

Sebuah pengasut *autotransformer* memakai prinsip dari sebuah transformer yang bertindak mengurangi tegangan terhadap sebuah motor. Pada saat motor diasut lilitan primer *autotransformer* tiga fasa dihubungkan ke saluran suplai dan lilitan sekunder dihubungkan ke motor. Gambar 3.3 berisikan rangkaian sebuah pengasut *autotransformer*.



Gambar 3.3 Pengasut Autotransformer

Proses pengasutan terdiri dari tiga (3) tahap :

1. *Autotransformer* dihubungkan ke *star* pada saat kontaktor K_1 dan K_3 menutup dan menjalankan motor pada tegangan yang terkurangi.

2. Titik netral terbuka. Bagian lilitan dari *autotransformer* yang disambungkan dalam rangkaian dengan masing-masing koil motor berlaku sebagai induktansi.
3. Kontaktor K_2 menghubungkan motor secara langsung ke saluran suplai dan mengakibatkan kontaktor-kontaktur K_1 dan K_3 terbuka.
memakai rangkaian di atas motor tidak disambungkan dari suplai dengan mengikuti tiga tahapan di atas.

Autotransformer mempunyai *tap* (alat pengatur) pada lilitan untuk bisa menghasilkan pilihan tegangan yang sesuai. Contoh, lilitan transformer diatur senilai 50%, 65%, atau 80% dari tegangan aliran sebagai tegangan awal.

- Kegunaan pengasut *autotransformer*

Sebuah pengasut *autotransformer* secara khusus cocok untuk motor-motor budaya tinggi. Pengasutan ini menyediakan torsi asut yang tinggi dengan puncak arus yang lebih rendah. Aplikasi praktis mencakup unit-unit refrigasi berjenis lebih besar dan kompresor-kompresor udara di mana motor harus diasut berlawanan dengan tekanan utama substansi yang berat.

- Kelebihan pengasut *autotransformer*

1. Pengaturan (*tap*) transformer dapat dilakukan untuk batasan beban yang luas.
2. Karakteristik torsi terhadap arus alir merupakan suatu nilai yang optimal.
3. Motor tidak diputus-hubungkan dari suplai selama perubahan akibat pengaturan (*tap*), dengan demikian bisa mengurangi transient.

- Kelemahan pengasut *autotransformer*

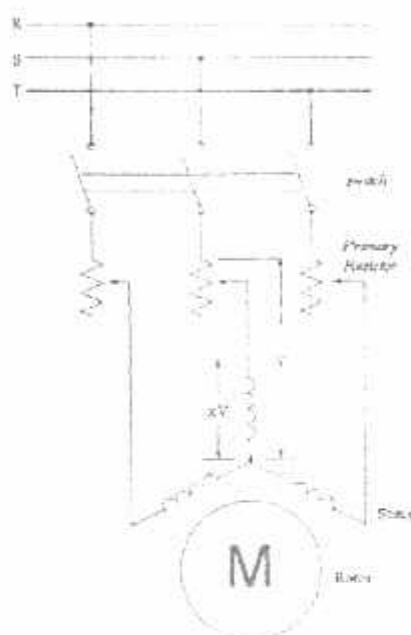
1. Mahal.
2. Sangat berat dan besar dibandingkan jenis-jenis pengasut lain.

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

$$I_{st} = \frac{V_s (\%Tap)}{\sqrt{\left(R_s + \frac{R_r}{s}\right)^2 + (X_s + X_r)^2}} \dots\dots\dots (3-4)$$

$$T_{st} = \frac{3}{\omega_s} \cdot \frac{V_s \cdot (\%Tap) \cdot R_r}{(R_s + R_r)^2 + (X_s + X_r)^2} \dots\dots\dots (3-5)$$

3.3.3 Pengasutan Resistor



Gambar 3.4 Pengasutan Resistor

Gambar 3.4 menunjukkan susunan pengasutan resistor. Pengasutan resistor menambah resistor pada rangkaian stator selama periode pengasutan. Jadi mengurangi arus yang ditarik dari lin. Penutupan kontak pada A menghubungkan motor dengan suplay melalui resistor yang memberikan penurunan tegangan untuk mengurangi tegangan pengasutan yang ada pada motor.

Nilai tahanan dipilih untuk menghasilkan torsi pengasutan yang cukup sambil mengurangi arus starting. Arus "inrush" motor menurun selama akselerasi, sehingga mengurangi penurunan tegangan pada resistor dan memberikan torsi yang lebih besar. Hal ini mengakibatkan akselerasi yang lembut. Sesudah beberapa periode

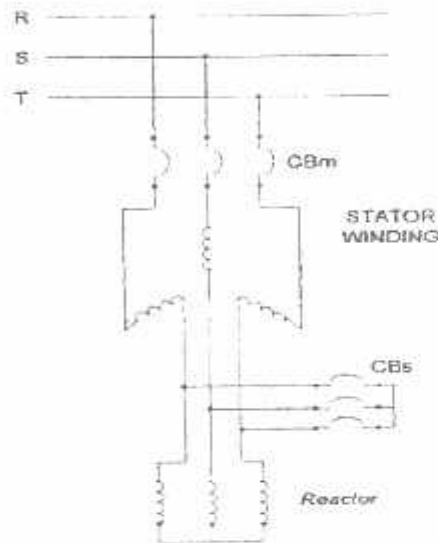
waktu, switch dibuka dan resistor di "shorted" untuk menghubungkan motor pada tegangan penuh.

$$I_{st} = R \cdot I_{sc} \quad \dots\dots\dots(3-6)$$

$$T_{st} = R^2 T_{sc} \quad \dots\dots\dots(3-7)$$

$$\frac{T_{st}}{T_f} = \left(\frac{I_{st}}{I_f}\right)^2 \quad S_f = \left(\frac{R \cdot I_{sc}}{I_f}\right)^2 \quad S_f = R^2 \left(\frac{I_{sc}}{I_f}\right)^2 \quad S_f \quad \dots\dots\dots(3-8)$$

3.3.4 Pengasutan Reactor



Gambar 3.5 Pengasutan Reactor

Cara lain untuk menurunkan arus awal adalah dengan menggunakan *Reactor*. Pada gambar 3.5 semua *reactor* dihubungkan seri pada rangkaian stator yang terhubung dengan CBs yang tersambung dengan jaringan tiga 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 start, arus awal agak menurun. Kemudian setelah motor berakselerasi, maka saklar dilepas sehingga arus awal naik lagi dalam waktu sebentar kemudian motor berputar sesuai dengan arus nominalnya.

$$I_{st} = X_L \cdot I_{sc} \quad \dots\dots\dots(3-9)$$

$$T_{st} = X_L^2 T_{sc} \quad \dots\dots\dots(3-10)$$

$$\frac{T_{st}}{T_f} = \left(\frac{I_{st}}{I_f}\right)^2 S_f = \left(\frac{X_L I_{sc}}{I_f}\right)^2 S_f = X_L^2 \left(\frac{I_{sc}}{I_f}\right)^2 S_f \dots\dots\dots(3-11)$$

3.4 Software ETAP Power Station

ETAP merupakan *software* full grafis yang dapat digunakan sebagai alat analisa untuk mendesain dan menguji kondisi sistem tenaga listrik yang ada. ETAP dapat digunakan untuk mensimulasikan sistem tenaga listrik secara *off line* dalam bentuk modul simulasi, monitoring data operasi secara *real time*, simulasi *system real time*, optimasi, manajemen energi sistem dan simulasi *intelligent load shedding*. ETAP didesain untuk dapat menangani berbagai kondisi dan topologi system tenaga listrik baik di sisi konsumen industri maupun untuk menganalisa performa sistem di sisi *utility*. *Software* ini dilengkapi dengan fasilitas untuk menunjang simulasi seperti jaringan AC dan DC (*AC and DC networks*), desain jaringan kabel (*cable raceways*), *grid* pentanahan (*ground grid*), GIS, desain panel, *arc-flash*, koordinasi peralatan proteksi (*protective device coordination/selectivity*), dan AC/ DC control sistem diagram. (D.William, and Jr.Stevenson 1990)

ETAP Power Station juga menyediakan fasilitas *Library* yang akan mempermudah desain suatu sistem kelistrikan. *Library* ini dapat diedit atau dapat ditambahkan dengan informasi peralatan. *Software* ini bekerja berdasarkan plant (*project*). Setiap plant harus menyediakan modelling peralatan dan alat-alat pendukung yang berhubungan dengan analisa yang akan dilakukan. Misalnya generator, data beban, data saluran, dll. Sebuah plant terdiri dari sub-sistem kelistrikan yang membutuhkan sekumpulan komponen elektrik yang khusus dan saling berhubungan. Dalam *Power Station*, setiap *plant* harus menyediakan data *base* untuk keperluan itu.

ETAP Power Station dapat digunakan untuk menggambarkan *single line diagram* secara grafis dan mengadakan beberapa analisa/studi yakni *Load Flow* (aliran daya), *Short Circuit* (hubung singkat), motor *starting*, harmonisa, *transient stability*, *protective device coordination*, dan *Optimal Capacitor Placement*.

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam bekerja dengan *ETAP Power Station* adalah: (D. William, and Jr. Stevenson 1990)

- ***One Line Diagram***, menunjukkan hubungan antar komponen/peralatan listrik sehingga membentuk suatu sistem kelistrikan.
 - ***Library***, informasi mengenai semua peralatan yang akan dipakai dalam system kelistrikan. Data elektris maupun mekanis dari peralatan yang detail/lengkap dapat mempermudah dan memperbaiki hasil simulasi/analisa.
 - **Standar yang dipakai**, biasanya mengacu pada standar *IEC* atau *ANSI*, frekuensi sistem dan metode – metode yang dipakai.
 - ***Study Case***, berisikan parameter – parameter yang berhubungan dengan metode studi yang akan dilakukan dan format hasil analisa.
 - Kelengkapan data dari setiap elemen/komponen/peralatan listrik pada sistem yang akan dianalisa akan sangat membantu hasil simulasi/analisa dapat mendekati keadaan operasional sebenarnya.
-



Gambar 3.6 Tampilan program *ETAP Power Station*

3.5 Analisis Aliran Daya (*Load Flow*)

Aliran daya atau disebut *load flow* merupakan studi yang dilakukan untuk mendapatkan informasi mengenai aliran daya atau tegangan sistem dalam kondisi operasi tunak (*steady state*). Studi aliran daya juga memberikan informasi guna mengevaluasi unjuk kerja sistem tenaga dan menganalisis kondisi pembangkit maupun pembebanan. Didalam menganalisis juga memerlukan informasi aliran daya dalam kondisi normal maupun darurat (*critical*).

Studi aliran daya merupakan studi yang paling penting dalam perencanaan dan desain perluasan sistem tenaga listrik serta menentukan operasi terbaik pada jaringan yang sudah ada. Studi aliran daya sangat diperlukan dalam perencanaan serta pengembangan sistem dimasa-masa yang akan datang. Karena seiring dengan bertambahnya konsumen akan kebutuhan tenaga listrik, maka akan selalu terjadi perubahan beban, perubahan unit-unit pembangkit, dan perubahan saluran transmisi. Didalam studi aliran daya, bus-bus terbagi menjadi 3 bagian, yaitu *Slack bus* atau *swing bus* atau bus referensi, *Voltage controller bus* atau bus generator (PV), dan *Load bus* atau bus beban (PQ), yang mana dapat didefinisikan sebagai berikut :

- ***Slack bus (Bus referensi)***

Pada bus ini, rating tegangan $|v|$ dan sudut fasa tegangan δ sudah ditentukan besarnya sementara daya aktif (P) dan daya reaktif (Q) didapatkan

dari perhitungan. Biasanya nilai $|v|$ adalah 1 pu, sedangkan sudut fasa tegangan bernilai nol, karena fasor tegangan dari bus dipakai sebagai referensi.

- ***Voltage controller bus (Bus generator)***

Pada bus ini hanya terdapat daya pembangkit dimana $|v|$ diatur menggunakan regulator tegangan (AVR) dan P diatur dengan governor. Sehingga untuk bus ini P dan $|v|$ diketahui. Sementara daya reaktif (Q) dan sudut fasa (δ) didapatkan dari hasil perhitungan.

- ***Load bus (Bus beban)***

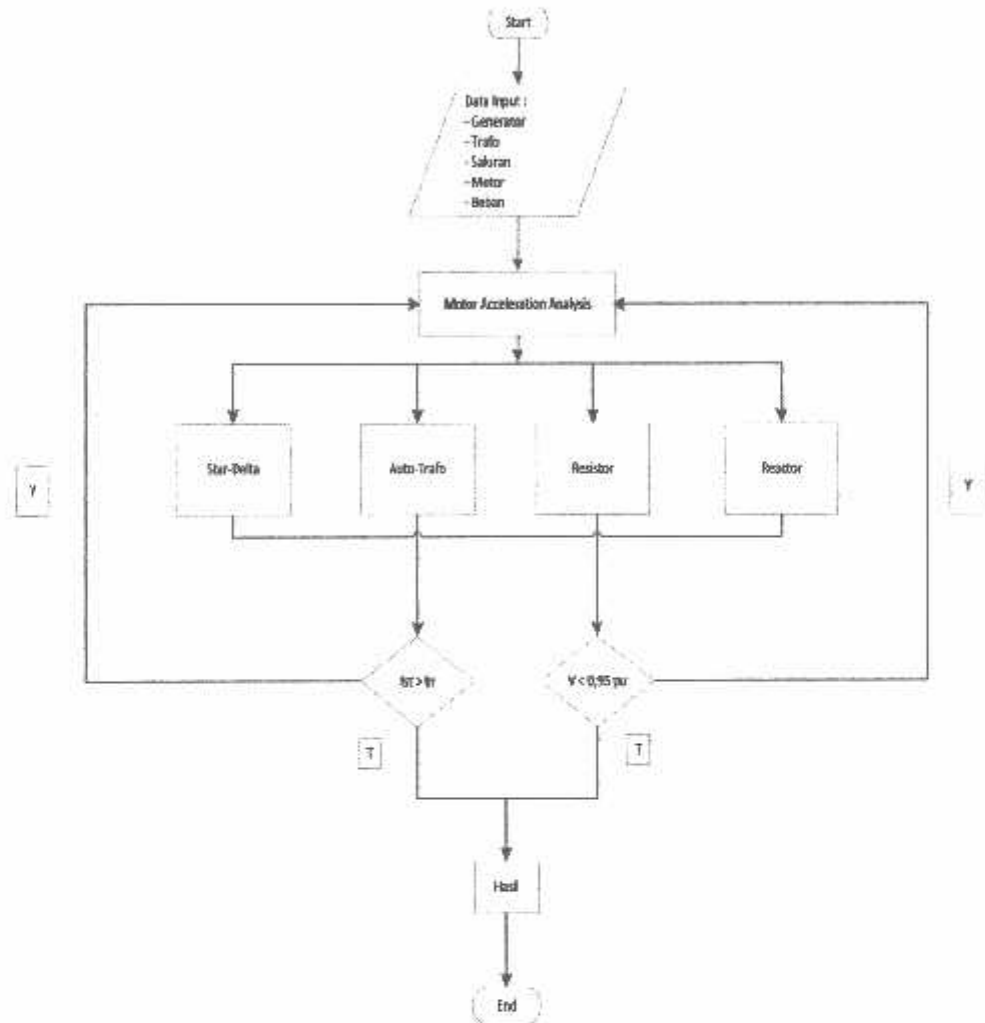
Pada bus ini hanya terdapat kebutuhan daya untuk memenuhi kebutuhan beban yang mana daya aktif (P) dan daya reaktif (Q) sudah diketahui, sementara nilai tegangan $|v|$ dan sudut fasa (δ) berubah-ubah menurut kebutuhan beban. Oleh karena itu, nilai tegangan $|v|$ dan sudut fasa (δ) harus ditentukan berdasarkan hasil perhitungan.

3.6 *Algoritma Program*

3.6.1 *Algoritma Pemecahan Masalah Komparasi Starting Motor Induksi untuk Meningkatkan Kualitas Daya Menggunakan Simulasi Software ETAP Powerstation*

1. Mulai
 2. Memasukkan data Generator, Trafo, Saluran, Motor, dan Beban
 3. Melakukan *Starting* motor tanpa pengasutan
 4. Running *Starting* motor
 5. Apakah $I_{start} > I_{nominal}$ (5 s/d 7 kali)
Jika Ya, lanjutkan ke step berikutnya
Jika Tidak, maka motor di *start* menggunakan pengasutan (*Star-Delta, Auto-Trafo, Resistor, Reactor*)
 6. Tampilkan hasil simulasi program
 7. Selesai
-

3.6.2 Flowchart Pemecahan Masalah Komparasi *Starting Motor* Induksi untuk Meningkatkan Kualitas Daya Menggunakan Simulasi Software *ETAP Powerstation*

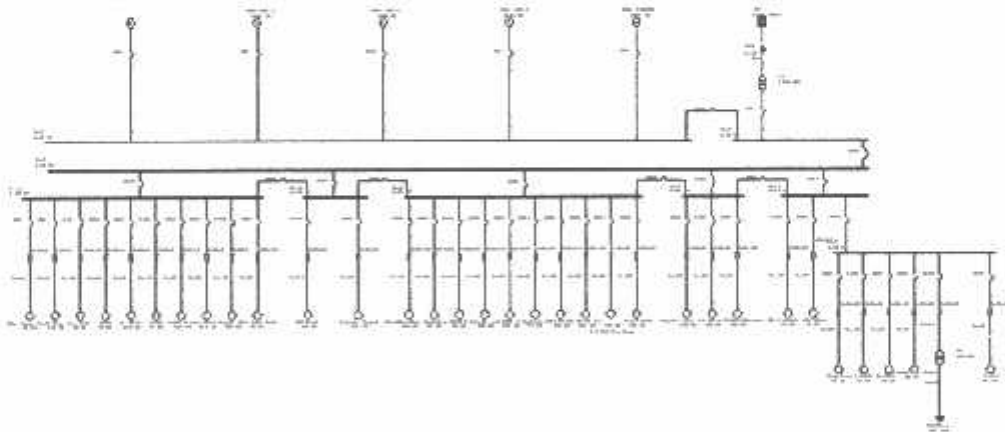


Gambar 3.7 Flowchart Komparasi *Starting Motor* untuk Meningkatkan Kualitas Daya Menggunakan Simulasi Software *ETAP Powerstation*

BAB IV SIMULASI DAN ANALISIS HASIL

4.1 Pemodelan *Single Line Diagram* PG. Kerebet Baru II Malang Menggunakan *Software ETAP Power Station*

Membuat pemodelan *single line diagram* PG. Kerebet Baru II Malang menggunakan *software ETAP Power Station* merupakan langkah awal dalam melakukan analisa. Dimana dalam pemodelan ini akan dimasukkan semua data – data teknis yang meliputi data *name plate* motor didalam *menu induction machine editor program ETAP Powerstation*. Kemudian memilih peralatan *starting* motor yang akan digunakan untuk menganalisa. Dengan mensetting waktu *start* dan total simulasi pada menu motor *starting study case*, kemudian menjalankan program *Run Dinamic Motor Starting* yang terletak dipojok kanan atas dalam tampilan menu program.



Gambar 4.1 Pemodelan *Single Line Diagram* Simulasi PG. Kerebet Baru II Malang

4.2 Data – Data Yang Dikumpulkan

Data skripsi ini menggunakan data beban motor dan pembangkitan sistem pada PG. Krehet Baru II Malang pada tanggal 15 Oktober 2014 s/d 15 November 2014 masing – masing dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4.1 Kapasitas Suplai Tenaga

No	ID Generator	Kapasitas (kVA)	Tegangan (V)	Phase/Hz	Arus (A)	P.F	Imp (%)	Beban (A)
1	Generator ECC 1	1875	380	3/50 Hz	2850	0.8	20	2100
2	Generator ECC 2	1875	380	3/50 Hz	2850	0.8	20	1500
3	Generator ECC 3	1875	380	3/50 Hz	2850	0.8	20	1850
4	Generator Siemens	2000	380	3/50 Hz	2850	0.8	20	2210
5	Diesal Perkins	660	380	3/50 Hz	933	0.8	20	
6	Penyulang PLN	2180	380	3/50 Hz				R=630 S=529 T=487

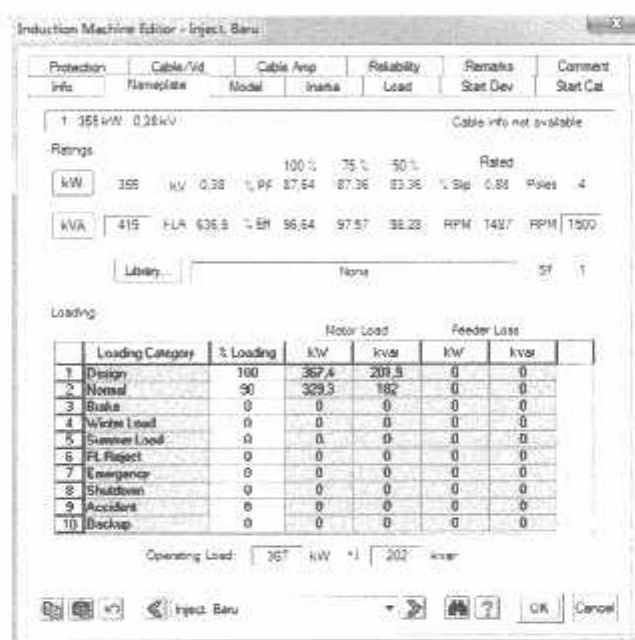
4.2.1 Data Beban Motor dan Spesifikasi Yang Terpasang Di PG. Krehet Baru II Malang

Tabel 4.2 Spesifikasi turbin di PG. Krehet Baru II Malang

No	Uraian			
1	Merk Turbine	Dresser Rent	Brotherhood	Elliot
2	Merk Generator	SIEMENS	ECC	AVK
3	Daya (KVA)	2000	1875	8645
4	Arus (Ampere)	2900	2850	13160
5	Cos ϕ	0.8	0.8	0.8
6	Putaran (Rpm)	1500	1500	1500
7	Tegangan (Volt)	380	380	6300
8	Frekuensi (Hz)	50	50	50
9	Jumlah	1	3	1

Tabel 4.3 Data motor di PG. Krobot Baru II Malang

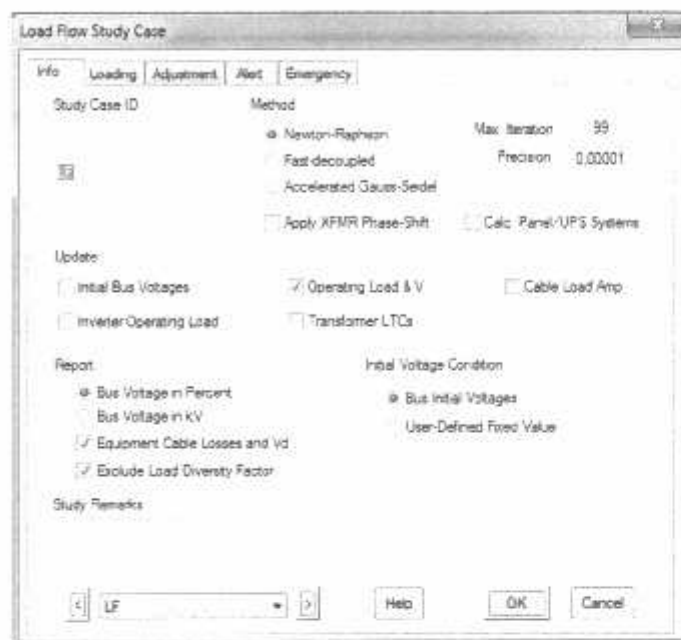
Merk	Brush	Mez	Brush	Brush	Mez
Daya	355 kW	315 kW	290 kW	216 kW	190 kW
Tegangan	380 V	380 V	380 V	380 V	380 V
Arus	645 A	578 A	418 A	418 A	282 A
Frekuensi	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz
Pole	6	6	6	6	4
Putaran	985	989	986	986	1600



Gambar 4.2 Inputan Data Name Plate Motor kedalam Software ETAP Powerstation

Pada gambar 4.2 menampilkan inputan data *name plate* motor induksi dan pemasangan model kelas motor sehingga didapatkan karakteristik parameter motor induksi. Dalam pengoperasian motor juga dapat dipilih peralatan *starting* motor dari *start dev induction machine editor* dan juga kita dapat menentukan karakteristik torsi beban motor. Selanjutnya dilakukan *setting* waktu *start* dan durasi total simulasi waktu *running* program pada menu *motor starting study case* seperti yang terlihat pada gambar 4.3. Pada menu motor *starting study case* ini kita dapat mengoperasikan beberapa motor dalam pengasutan waktu yang berbeda-beda

sehingga pada saat start, 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 *starting* motor dengan menu *Run Dinamic Motor Starting*, dan untuk mengetahui hasil simulasi *starting* motor dengan mengklik *Plot Kurva Analisis Starting Motor* maka akan didapatkan hasil simulasi program *starting* motor untuk perbandingan pengasutan motor untuk mengetahui kualitas daya yang baik.

4.3 Analisa Dan Hasil Simulasi

Analisa ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan kualitas daya pada saat motor dijalankan tanpa menggunakan pengasutan motor.

Setelah memasukkan data motor dan pemodelan *one-line diagram* pada program *ETAP Powerstation* maka motor dijalankan dengan menggunakan fasilitas peralatan *starting* 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 kurva simulasi *starting* motor.

4.3.1 Analisa Perhitungan *Starting* Motor

Dengan memasukkan data motor dan desain model kelas motor maka didapat perhitungan sebagai berikut :

$$I_f = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos\theta \cdot \eta} \dots\dots\dots(4-1)$$

$$I_{L-L} = \sqrt{3} \cdot I_f \dots\dots\dots(4-2)$$

$$n_s = \frac{120 \cdot f}{p} \dots\dots\dots(4-3)$$

$$S = \frac{n_s - nr}{n_s} \dots\dots\dots(4-4)$$

$$\omega_{ms} = \frac{4 \cdot \pi \cdot f}{p} \dots\dots\dots(4-5)$$

$$I_{st} = \frac{Vt}{\sqrt{(R_s + R_r)^2 + (X_s + X_r)^2}} \dots\dots\dots(4-6)$$

$$T_{st} = \frac{3}{\omega_{ms}} \cdot \frac{380^2}{(R_s + R_r)^2 + (X_s + X_r)^2} \cdot \frac{R_r}{s} \dots\dots\dots(4-7)$$

4.3.2 Tampilan Hasil Simulasi *Starting* Motor

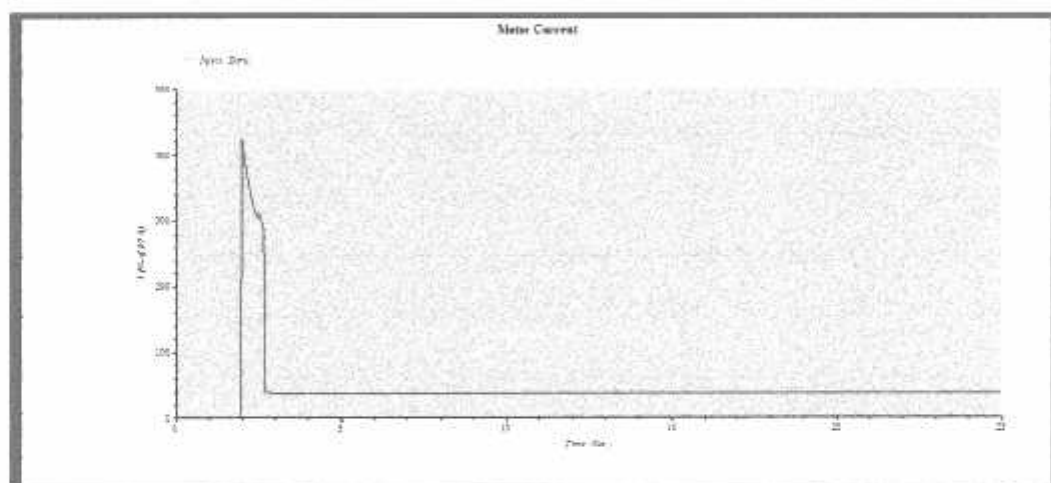
Tampilan hasil simulasi *starting* motor adalah untuk mengetahui besarnya arus yang ditarik motor dan penurunan tegangan pada saat motor dijalankan. Pada saat *start*, motor menarik arus yang cukup besar sehingga akan terjadi penurunan tegangan. Besarnya arus yang ditarik motor berkisar antara 5 sampai 7 kali arus beban penuh, akibat dari arus yang besar akan terjadi penurunan tegangan. Dalam simulasi ini akan dibagi menjadi beberapa metode pengasutan untuk mengetahui perbandingan kualitas daya dengan menggunakan 5 motor berkapasitas besar di PG Krebet Baru II Malang karena penurunan tegangan saat pengasutan motor biasanya ditujukan untuk motor – motor yang memiliki kapasitas diatas 100 Hp.

4.4 Analisa Dan Hasil Simulasi Pengasutan Motor

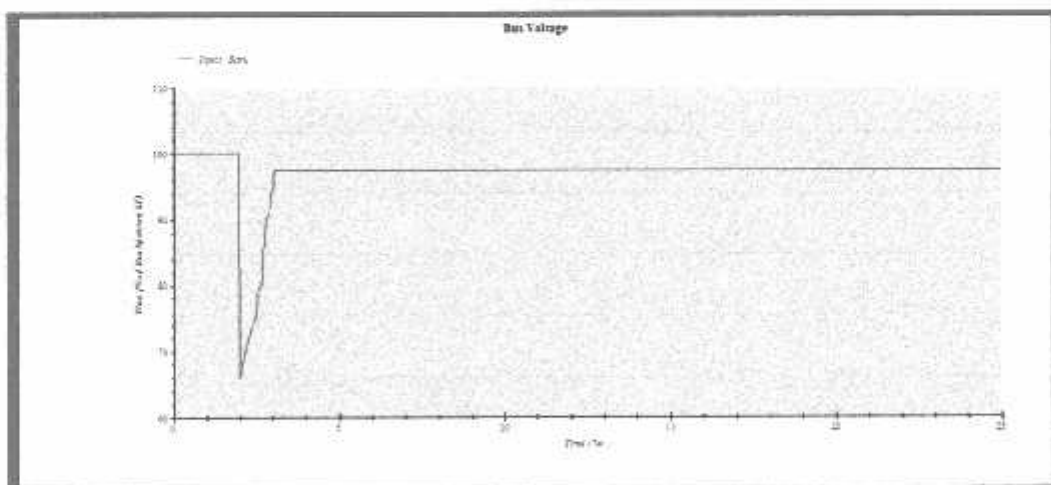
Untuk menurunkan arus *starting* dan meningkatkan tegangan pada saat pengoperasian motor adalah dengan menggunakan peralatan *starting* motor diantaranya adalah :

1. Pengasutan *Star-Delta*
2. Pengasutan *Auto-Trafo*
3. Pengasutan *Resistor*
4. Pengasutan *Reactor*

4.4.1 Simulasi *starting* motor pertama di stasiun injection baru



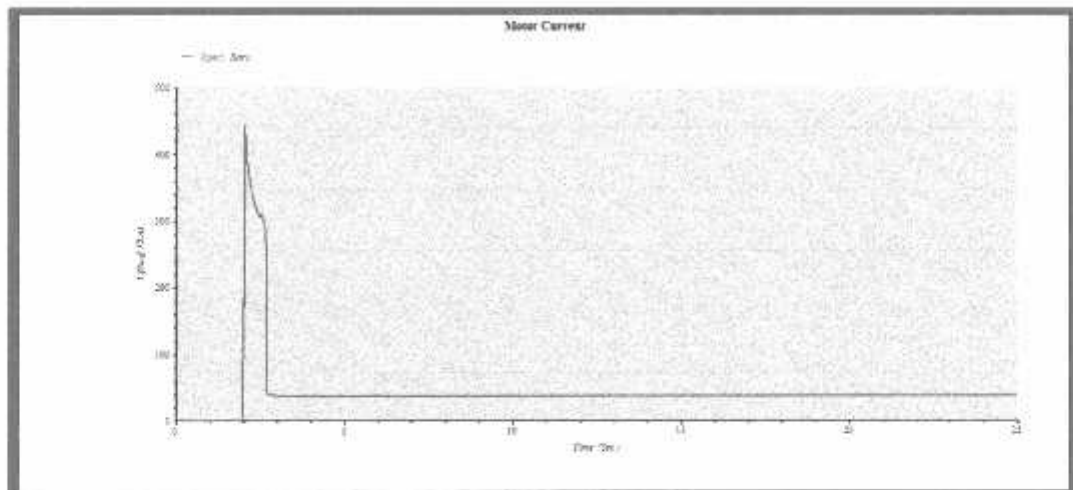
Gambar 4.4 Profil Arus (A) pada saat tanpa pegasutan



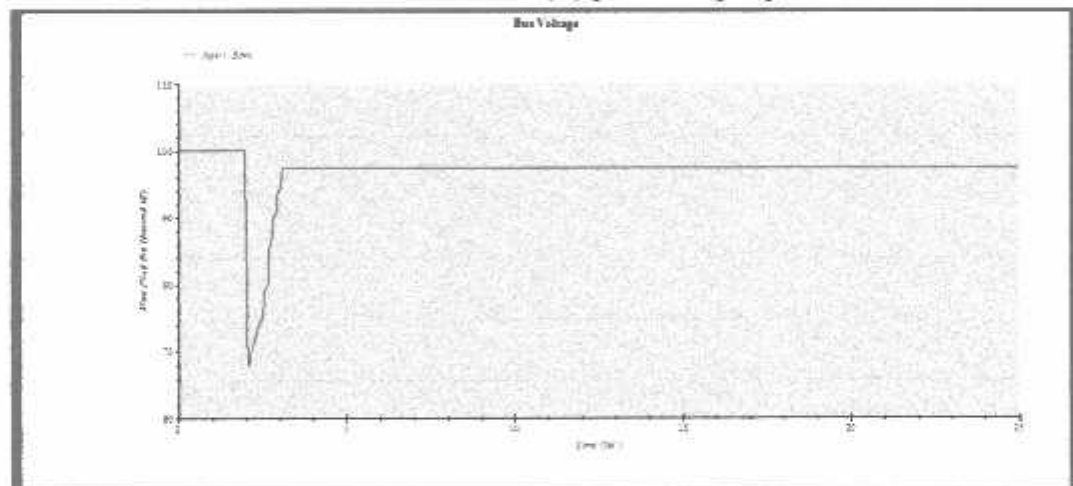
Gambar 4.5 Profil Tegangan (kV) pada saat tanpa pegasutan

Dari hasil simulasi program *ETAP Powerstation*, pada *starting* motor pertama ditunjukkan oleh Gambar 4.4 arus motor besarnya pada saat tanpa

pengasutan adalah 424,291%. Sedangkan pada Gambar 4.5 besarnya tegangan *starting* motor adalah 65,88%.

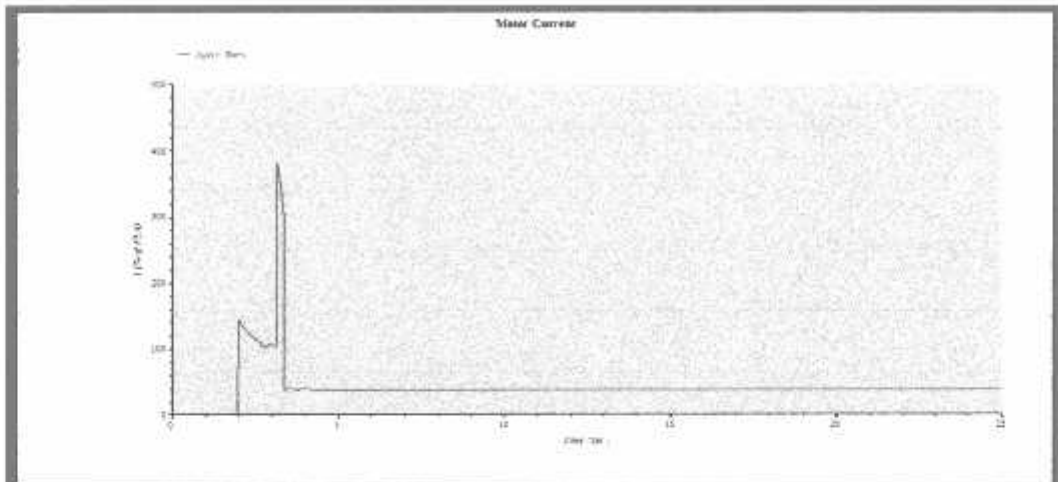


Gambar 4.6 Profil Arus (A) pada saat pengasutan *Star-Delta*

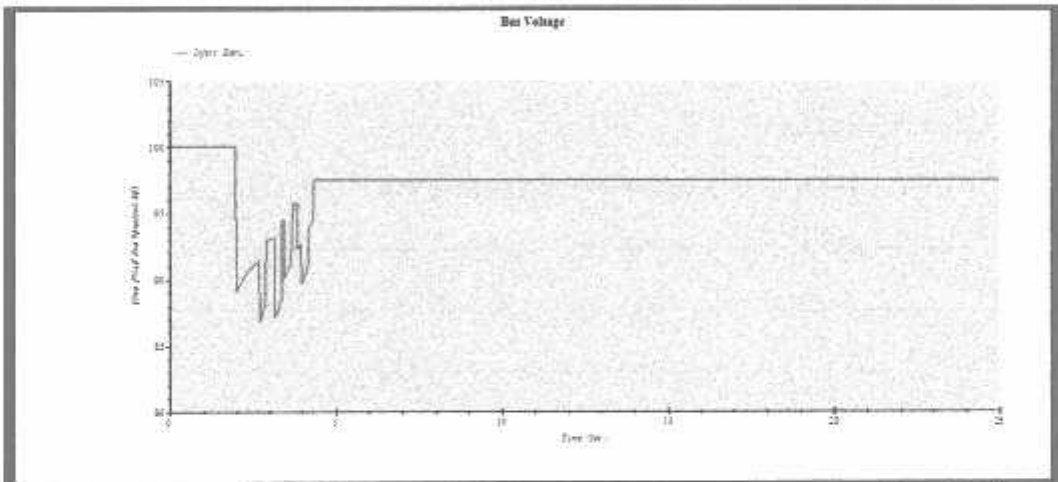


Gambar 4.7 Profil Tegangan (kV) pada saat pengasutan *Star-Delta*

Dari hasil simulasi program *ETAP Powerstation*, pada *starting* motor Gambar 4.6 arus motor besarnya pada saat pengasutan *Star-Delta* adalah 184,455%. Sedangkan pada Gambar 4.7 besarnya tegangan *starting* motor adalah 85,91%.

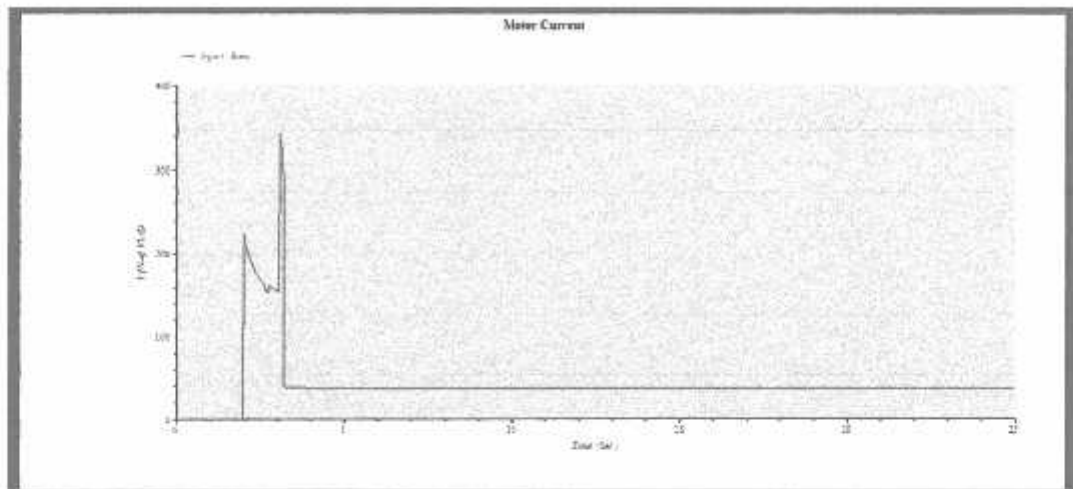


Gambar 4.8 Profil Arus (A) pada saat pegasutan *Auto-Trafo 50%*

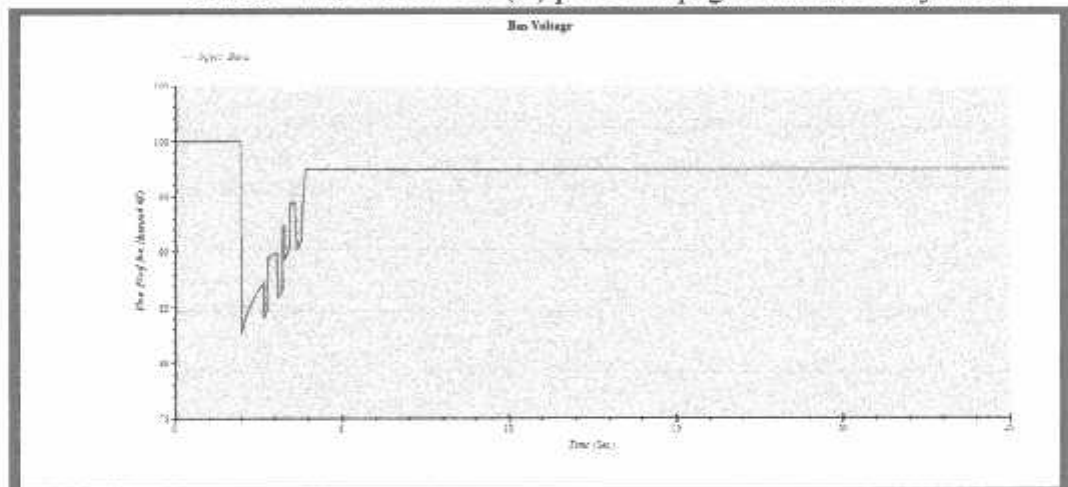


Gambar 4.9 Profil Tegangan (kV) pada saat pegasutan *Auto-Trafo 50%*

Dari hasil simulasi program *ETAP Powerstation*, pada *starting* motor Gambar 4.8 arus motor besarnya pada saat tanpa pengasutan adalah 143,455%. Sedangkan pada Gambar 4.9 besarnya tegangan *starting* motor adalah 89,10%.

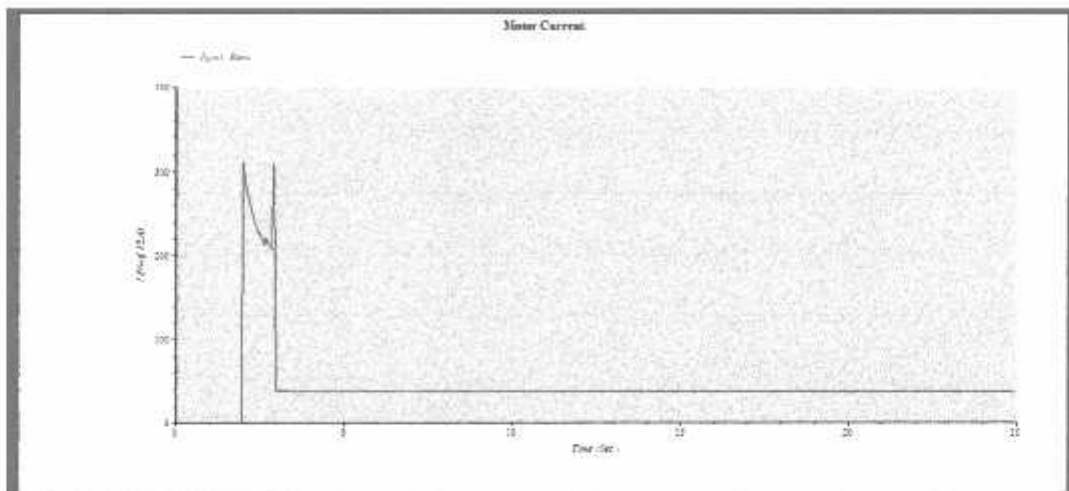


Gambar 4.10 Profil Arus (A) pada saat pegasutan *Auto-Trafo 65%*

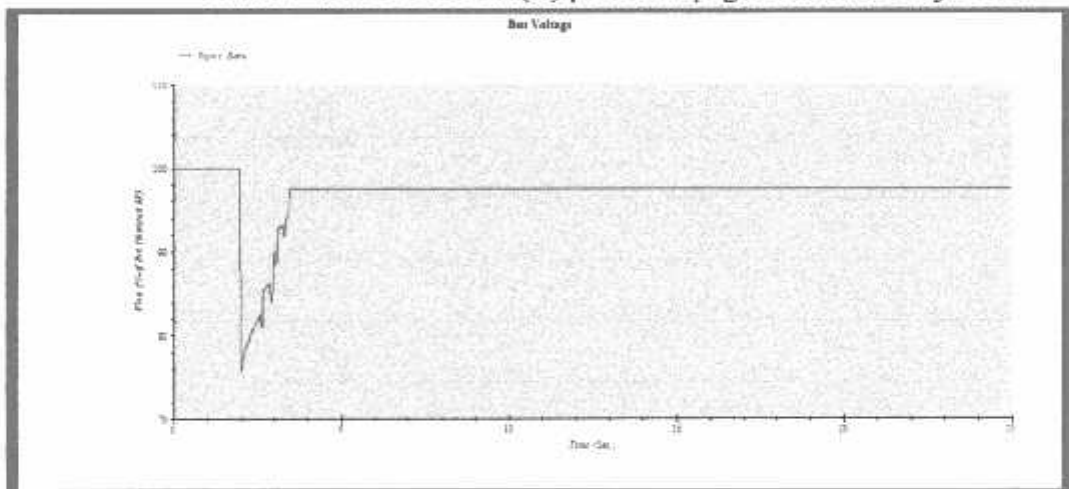


Gambar 4.11 Profil Tegangan (kV) pada saat pegasutan *Auto-Trafo 65%*

Dari hasil simulasi program *ETAP Powerstation*, pada *starting* motor Gambar 4.10 arus motor besarnya pada saat tanpa pegasutan adalah 225,041%. Sedangkan pada Gambar 4.11 besarnya tegangan *starting* motor adalah 82,71%.

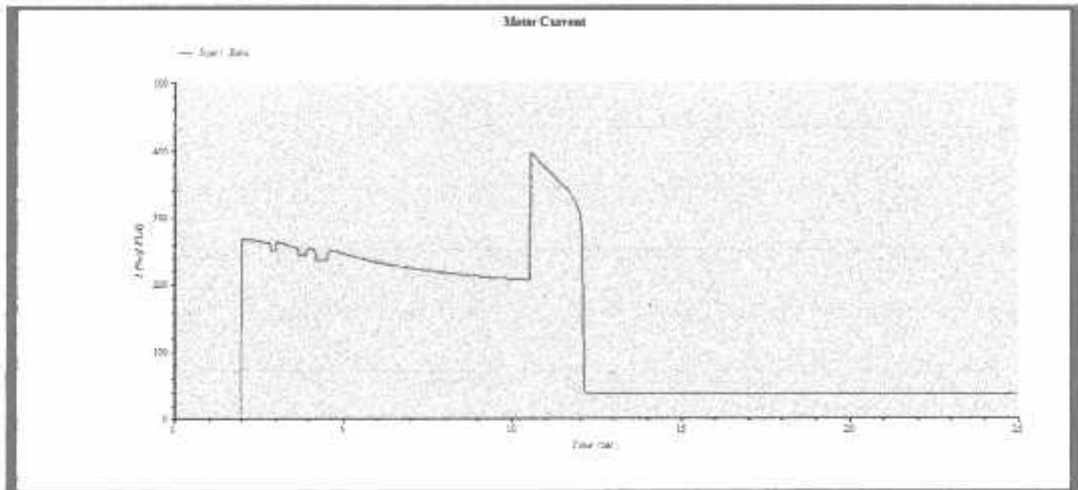


Gambar 4.12 Profil Arus (A) pada saat pegasutan *Auto-Trafo 80%*

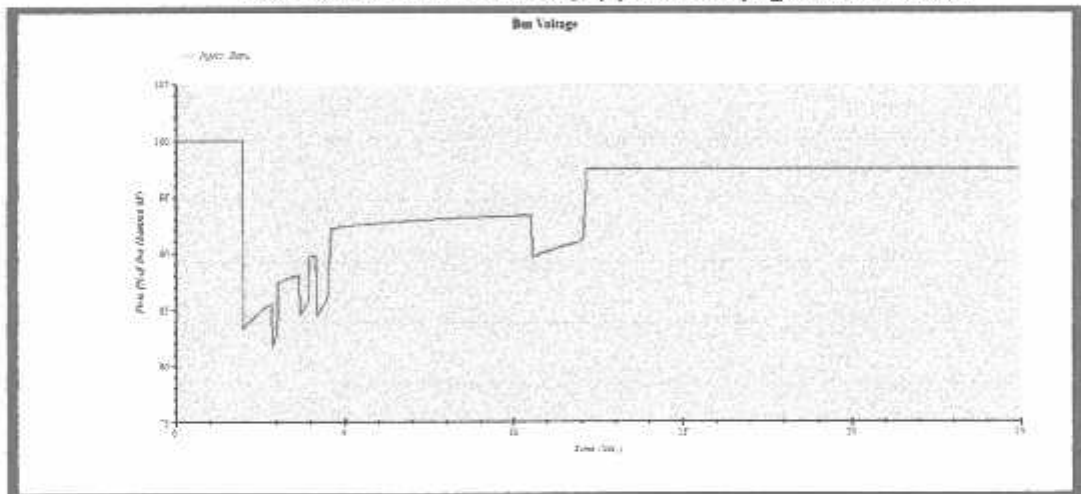


Gambar 4.13 Profil Tegangan (kV) pada saat pegasutan *Auto-Trafo 80%*

Dari hasil simulasi program *ETAP Powerstation*, pada *starting* motor Gambar 4.12 arus motor besarnya pada saat tanpa pengasutan adalah 311,871%. Sedangkan pada Gambar 4.13 besarnya tegangan *starting* motor adalah 75,67%.

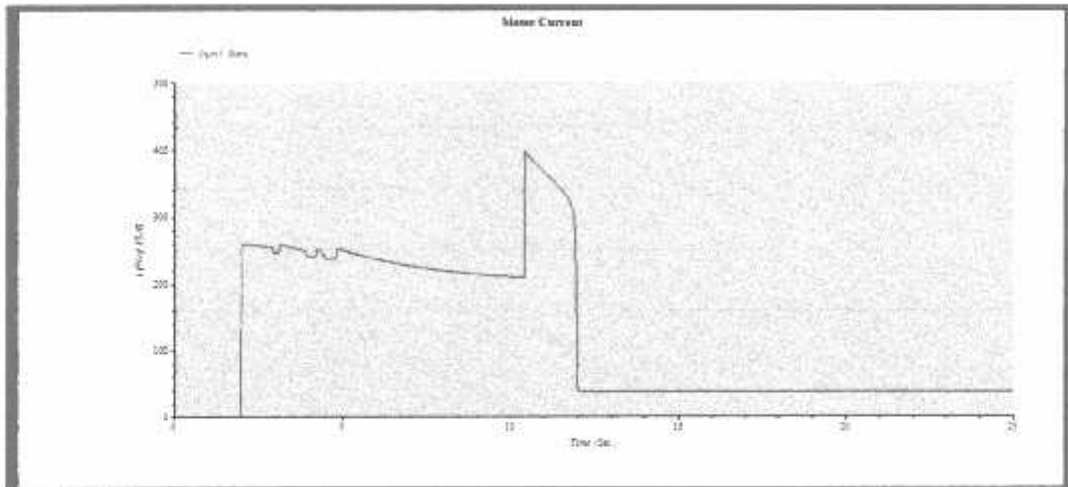


Gambar 4.14 Profil Arus (A) pada saat pegasutan *Resistor*

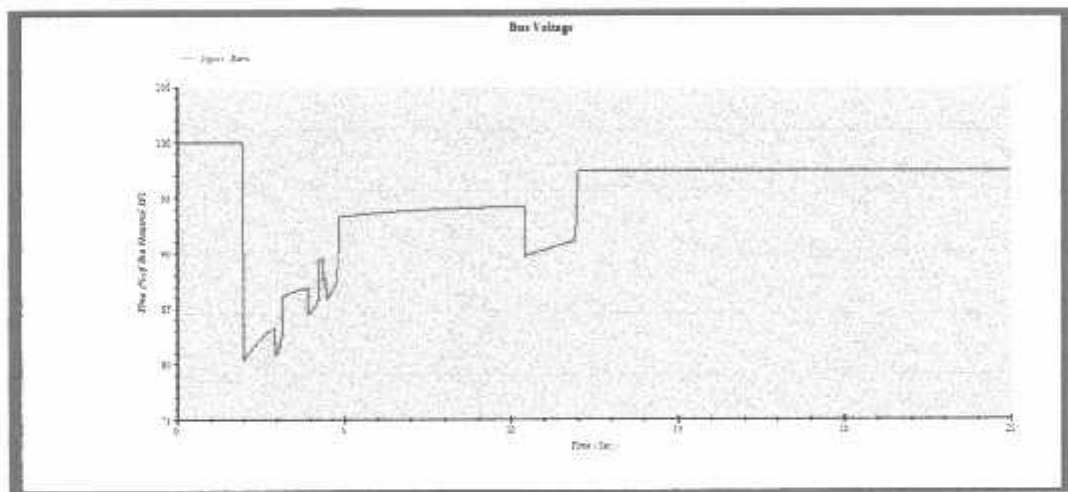


Gambar 4.15 Profil Tegangan (kV) pada saat pegasutan *Resistor*

Dari hasil simulasi program *ETAP Powerstation*, pada *starting* motor Gambar 4.14 arus motor besarnya pada saat tanpa pengasutan adalah 268,17%. Sedangkan pada Gambar 4.15 besarnya tegangan *starting* motor adalah 83,28%.



Gambar 4.16 Profil Arus (A) pada saat pegasutan *Reactor*



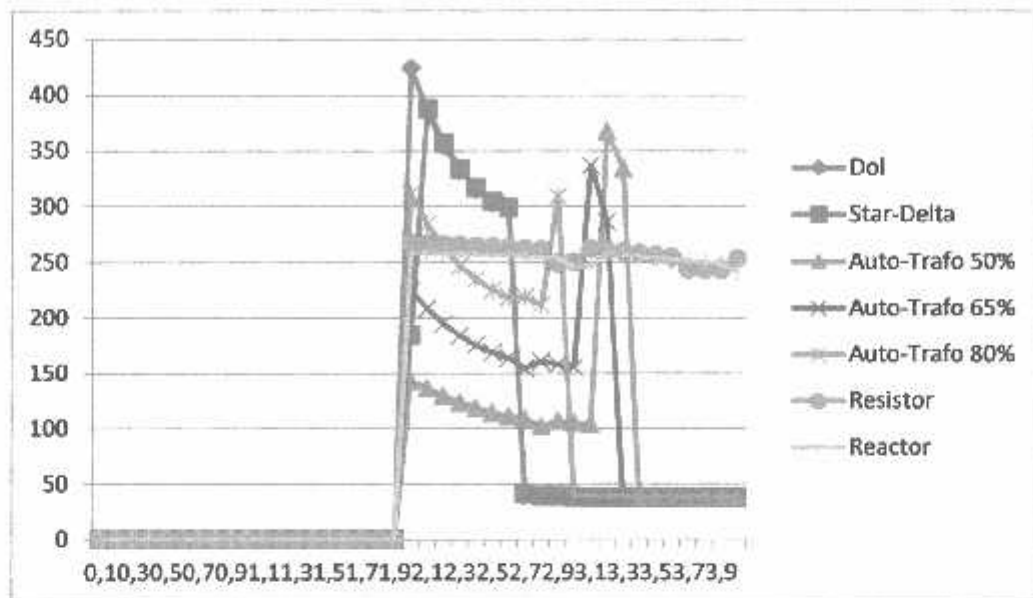
Gambar 4.17 Profil Tegangan (kV) pada saat pegasutan *Reactor*

Dari hasil simulasi program *ETAP Powerstation*, pada *starting* motor Gambar 4.16 arus motor besarnya pada saat tanpa pengasutan adalah 268,17%. Sedangkan pada Gambar 4.17 besarnya tegangan *starting* motor adalah 83,28%.

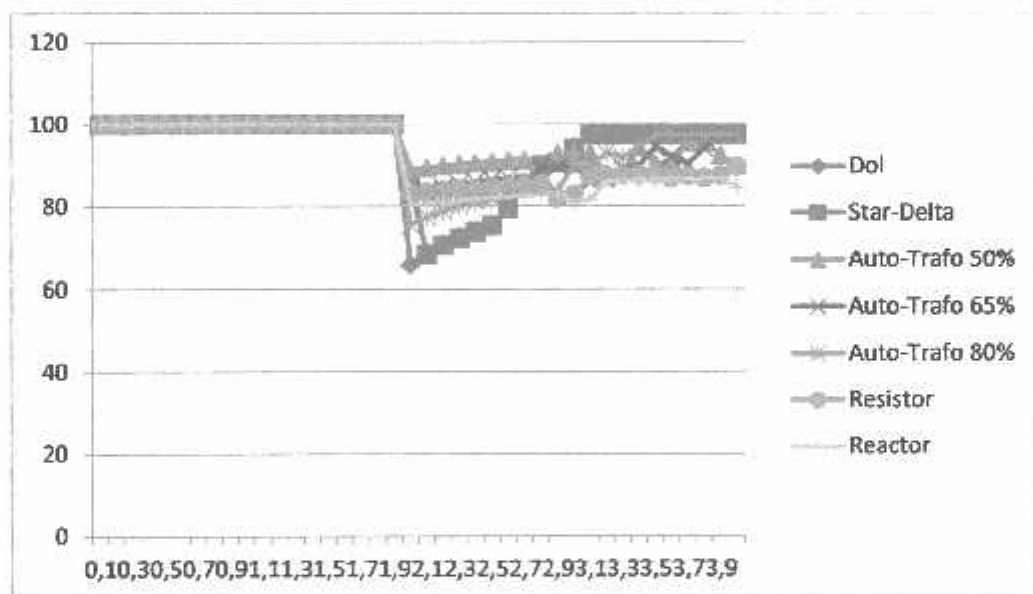
4.5 Hasil tabel simulasi pengasutan motor pertama di stasiun injection baru dengan kapasitas motor 355 kW

No	Waktu (s)	Dol		Star-Delta		Auto-Trafo Tap 50%		Auto-Trafo Tap 65%		Auto-Trafo Tap 80%	
		Int (A)	V _{int} (kV)	Int (A)	V _{int} (kV)	Int (A)	V _{int} (kV)	Int (A)	V _{int} (kV)	Int (A)	V _{int} (kV)
1	0.1	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99
2	0.2	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99
3	0.3	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99
4	0.4	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99
5	0.5	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99
6	0.6	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99
7	0.7	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99
8	0.8	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99
9	0.9	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99
10	1	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99
11	1.1	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99
12	1.2	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99
13	1.3	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99
14	1.4	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99
15	1.5	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99
16	1.6	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99
17	1.7	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99
18	1.8	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99
19	1.9	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99
20	2	424,29	67,38	184,43	67,97	147,45	69,10	125,04	62,73	111,87	75,6
21	2.1	385,47	68,64	187,86	68,41	136,40	69,56	108,82	63,77	104,95	77,4
22	2.2	355,21	70,85	157,04	70,67	129,78	69,99	105,04	64,69	103,46	78,95
23	2.3	332,89	72,57	134,08	72,43	123,89	90,38	103,98	65,45	101,15	80,12
24	2.4	315,80	73,96	116,91	73,85	118,86	90,71	103,99	66,08	104,98	81,04
25	2.5	303,79	75,58	104,62	75,48	114,79	91,00	108,82	66,55	105,81	81,78
26	2.6	297,72	79,70	109,19	79,62	111,34	91,24	103,80	66,95	108,72	82,44
27	2.7	29,91	85,62	40,82	85,50	108,68	91,44	104,91	64,59	109,10	85,54
28	2.8	38,92	90,18	38,93	90,09	102,03	87,47	160,78	69,46	111,94	85,92
29	2.9	38,79	90,98	38,82	90,70	106,70	92,92	157,79	69,68	109,33	83,95
30	3	38,22	94,45	38,25	94,24	105,15	93,03	155,37	69,83	109,69	89,91
31	3.1	37,83	97,49	37,83	97,49	103,99	93,12	137,26	65,96	109,12	89,71
32	3.2	37,83	97,49	37,83	97,49	107,19	87,42	106,54	66,56	104,36	92,98
33	3.3	37,83	97,49	37,83	97,49	134,26	88,06	109,04	69,48	106,00	92,00
34	3.4	37,83	97,49	37,83	97,49	138,13	94,47	108,02	90,09	108,44	94,31
35	3.5	37,83	97,49	37,83	97,49	138,89	90,45	108,20	94,43	108,32	97,49
36	3.6	37,83	97,49	37,83	97,49	138,78	90,96	108,71	92,15	108,32	97,49
37	3.7	37,83	97,49	37,83	97,49	138,04	95,69	108,81	90,43	108,32	97,49
38	3.8	37,83	97,49	37,83	97,49	138,04	95,71	108,26	94,20	108,32	97,49
39	3.9	37,83	97,49	37,83	97,49	138,31	92,51	108,33	97,49	108,32	97,49
40	4	37,83	97,49	37,83	97,49	138,09	89,87	108,32	97,49	108,32	97,49

No	Waktu (s)	Resistor		Reactor	
		Itt (A)	V _{Itt} (kV)	Itt (A)	V _{Itt} (kV)
1	0.1	0	99,99	0	99,99
2	0.2	0	99,99	0	99,99
3	0.3	0	99,99	0	99,99
4	0.4	0	99,99	0	99,99
5	0.5	0	99,99	0	99,99
6	0.6	0	99,99	0	99,99
7	0.7	0	99,99	0	99,99
8	0.8	0	99,99	0	99,99
9	0.9	0	99,99	0	99,99
10	1	0	99,99	0	99,99
11	1.1	0	99,99	0	99,99
12	1.2	0	99,99	0	99,99
13	1.3	0	99,99	0	99,99
14	1.4	0	99,99	0	99,99
15	1.5	0	99,99	0	99,99
16	1.6	0	99,99	0	99,99
17	1.7	0	99,99	0	99,99
18	1.8	0	99,99	0	99,99
19	1.9	0	99,99	0	99,99
20	2	268,17	83,28	258,88	80,40
21	2.1	267,652	83,62	258,754	80,79
22	2.2	267,078	83,95	258,582	81,19
23	2.3	266,42	84,27	258,324	81,57
24	2.4	265,662	84,58	257,934	81,92
25	2.5	264,799	84,82	257,463	82,24
26	2.6	263,838	85,06	256,83	82,53
27	2.7	262,788	85,27	256,123	82,79
28	2.8	261,661	85,46	255,294	83,02
29	2.9	249,621	82,03	254,376	83,23
30	3	231,129	83,02	248,096	80,99
31	3.1	262,99	87,52	248,878	81,72
32	3.2	261,533	87,64	258,703	86,17
33	3.3	260,062	87,74	257,388	86,30
34	3.4	258,581	87,84	256,045	86,42
35	3.5	257,097	87,92	254,683	86,52
36	3.6	255,613	87,01	253,308	86,62
37	3.7	244,166	84,61	251,926	86,71
38	3.8	243,996	85,07	250,543	86,79
39	3.9	243,939	85,58	249,139	86,87
40	4	234,136	89,72	241,446	84,69



Gambar 4.18 Grafik arus (A) pengasutan motor pertama

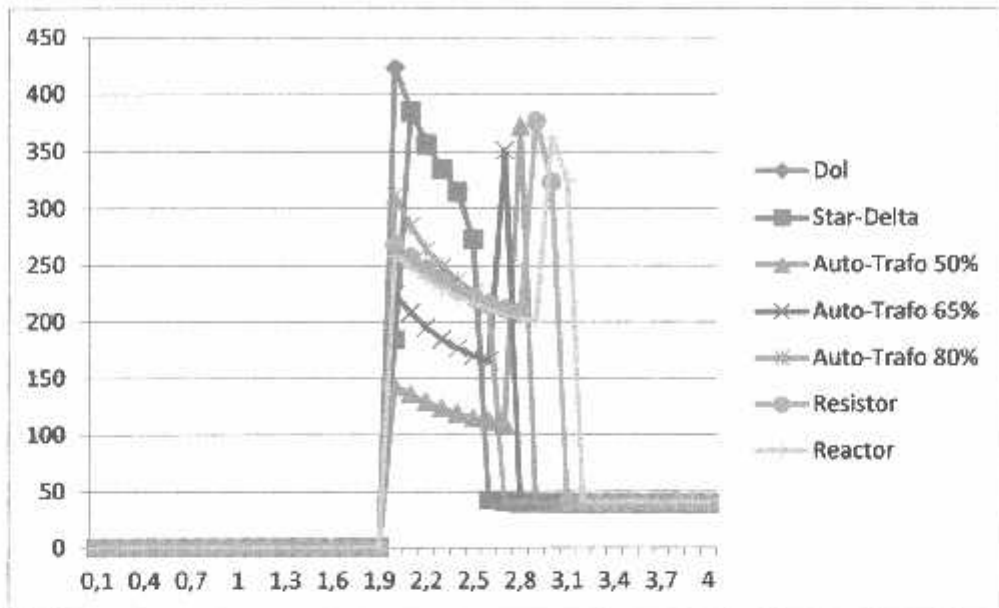


Gambar 4.19 Grafik tegangan (kV) pengasutan motor pertama

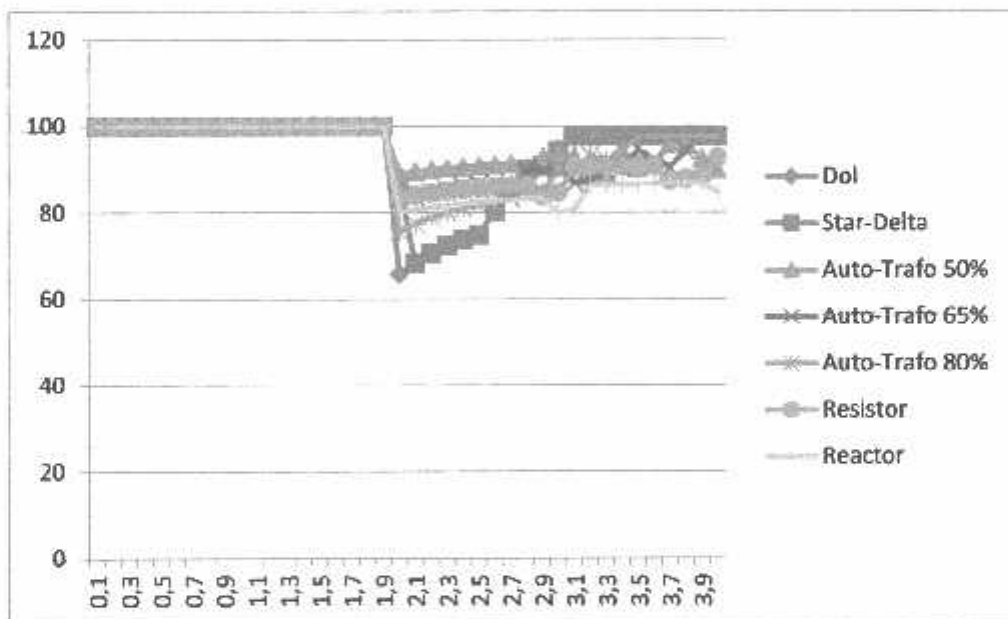
4.5.1 Hasil tabel simulasi pengasutan motor kedua di stasiun spray pond utara dengan kapasitas motor 315 kW

No	Waktu (s)	Dol		Star-Delta		Auto-Trans Tap 50%		Auto-Trans Tap 65%		Auto-Trans Tap 80%	
		Ist (A)	%Ist (kV)	Ist (A)	%Ist (kV)	Ist (A)	%Ist (kV)	Ist (A)	%Ist (kV)	Ist (A)	%Ist (kV)
1	0.1	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99
2	0.2	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99
3	0.3	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99
4	0.4	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99
5	0.5	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99
6	0.6	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99
7	0.7	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99
8	0.8	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99
9	0.9	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99
10	1	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99
11	1.1	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99
12	1.2	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99
13	1.3	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99
14	1.4	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99
15	1.5	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99
16	1.6	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99
17	1.7	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99
18	1.8	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99
19	1.9	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99
20	2	428,56	65,64	184,174	85,87	143,25	89,67	224,879	82,66	311,230	71,61
21	2.1	388,149	68,58	385,117	68,38	135,954	89,53	208,554	83,73	285,035	77,42
22	2.2	357,212	70,77	356,58	70,60	129,318	89,96	195,201	84,64	264,413	78,89
23	2.3	334,877	72,46	334,515	72,33	123,614	90,35	184,714	85,40	248,801	80,05
24	2.4	314,815	73,79	314,687	73,68	118,909	90,68	176,634	86,00	236,644	80,95
25	2.5	271,625	74,98	273,525	74,87	115,12	90,97	170,319	86,49	228,18	81,66
26	2.6	41,975	80,44	42,005	80,35	112,104	91,21	165,238	86,87	214,681	82,24
27	2.7	40,392	81,67	40,673	81,56	109,713	91,40	159,835	87,43	40,542	83,86
28	2.8	39,686	80,23	39,701	80,14	372,348	86,30	39,799	89,56	40,452	86,26
29	2.9	39,572	81,03	39,605	80,75	39,278	92,84	39,763	89,76	40,400	84,82
30	3	39,670	84,50	39,691	84,28	39,262	92,95	39,734	89,92	39,739	89,96
31	3.1	38,730	87,53	38,729	87,53	39,250	93,03	40,347	86,77	39,692	89,76
32	3.2	38,730	87,53	38,729	87,53	40,042	88,28	40,160	87,91	39,252	93,03
33	3.3	38,730	87,53	38,729	87,53	39,916	88,95	39,807	89,53	39,399	92,05
34	3.4	38,730	87,53	38,729	87,53	39,055	94,52	39,707	90,14	39,084	94,35
35	3.5	38,730	87,53	38,729	87,53	39,640	90,50	39,661	94,47	38,729	87,53
36	3.6	38,730	87,53	38,729	87,53	39,558	91,01	39,372	92,20	38,729	87,53
37	3.7	38,730	87,53	38,729	87,53	38,913	95,73	39,641	90,50	38,729	87,53
38	3.8	38,730	87,53	38,729	87,53	38,911	95,76	39,103	94,55	38,729	87,53
39	3.9	38,730	87,53	38,729	87,53	39,319	92,58	38,73	87,53	38,729	87,53
40	4	38,730	87,53	38,729	87,53	39,739	89,92	38,729	87,53	38,729	87,53

No	Makna (s)	Resistor		Reactor	
		Int (A)	%Int (kV)	Int (A)	%Int (kV)
1	0,1	0	99,99	0	99,99
2	0,2	0	99,99	0	99,99
3	0,3	0	99,99	0	99,99
4	0,4	0	99,99	0	99,99
5	0,5	0	99,99	0	99,99
6	0,6	0	99,99	0	99,99
7	0,7	0	99,99	0	99,99
8	0,8	0	99,99	0	99,99
9	0,9	0	99,99	0	99,99
10	1	0	99,99	0	99,99
11	1,1	0	99,99	0	99,99
12	1,2	0	99,99	0	99,99
13	1,3	0	99,99	0	99,99
14	1,4	0	99,99	0	99,99
15	1,5	0	99,99	0	99,99
16	1,6	0	99,99	0	99,99
17	1,7	0	99,99	0	99,99
18	1,8	0	99,99	0	99,99
19	1,9	0	99,99	0	99,99
20	2	269,098	83,86	258,58	80,38
21	2,1	257,541	84,13	248,55	80,82
22	2,2	246,044	84,39	238,928	81,24
23	2,3	234,948	85,01	230,188	81,85
24	2,4	228,488	85,39	222,601	82,02
25	2,5	221,863	85,72	216,23	82,38
26	2,6	216,334	86,01	211,002	82,68
27	2,7	211,902	86,26	206,773	82,93
28	2,8	208,365	86,48	203,381	83,17
29	2,9	204,303	86,91	200,671	83,37
30	3	223,129	84,62	362,457	80,12
31	3,1	39,618	90,60	325,089	80,74
32	3,2	39,603	90,70	40,448	86,27
33	3,3	39,589	90,78	40,420	86,39
34	3,4	39,578	90,86	40,396	86,50
35	3,5	39,565	90,93	40,374	86,60
36	3,6	39,555	90,99	40,354	86,70
37	3,7	40,208	87,43	40,336	86,78
38	3,8	40,116	87,88	40,320	86,86
39	3,9	40,021	88,39	40,305	86,93
40	4	39,297	92,69	40,805	84,72



Gambar 4.20 Grafik arus (A) pengasutan motor kedua

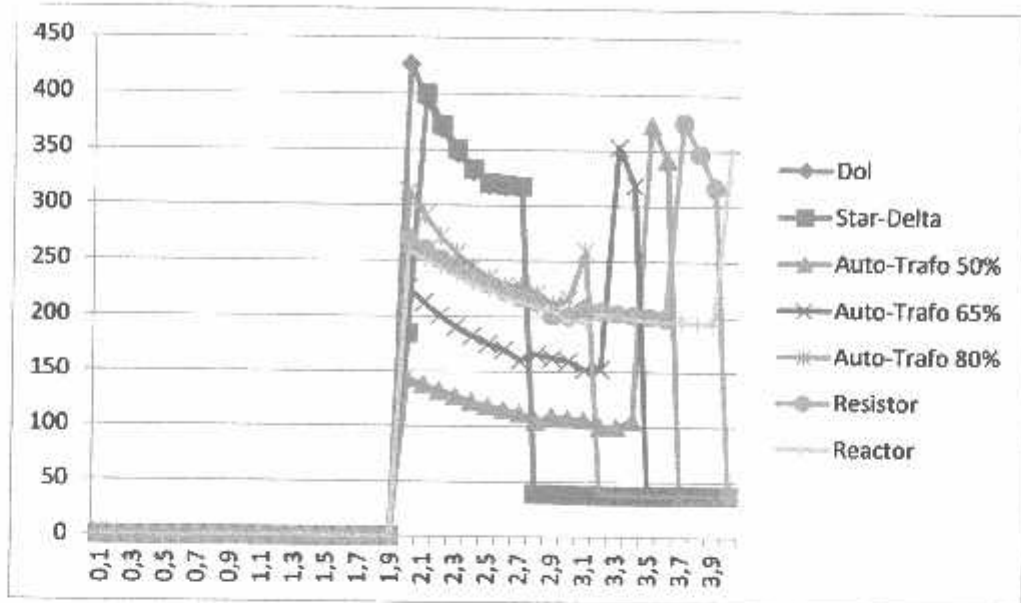


Gambar 4.21 Grafik tegangan (kV) pengasutan motor kedua

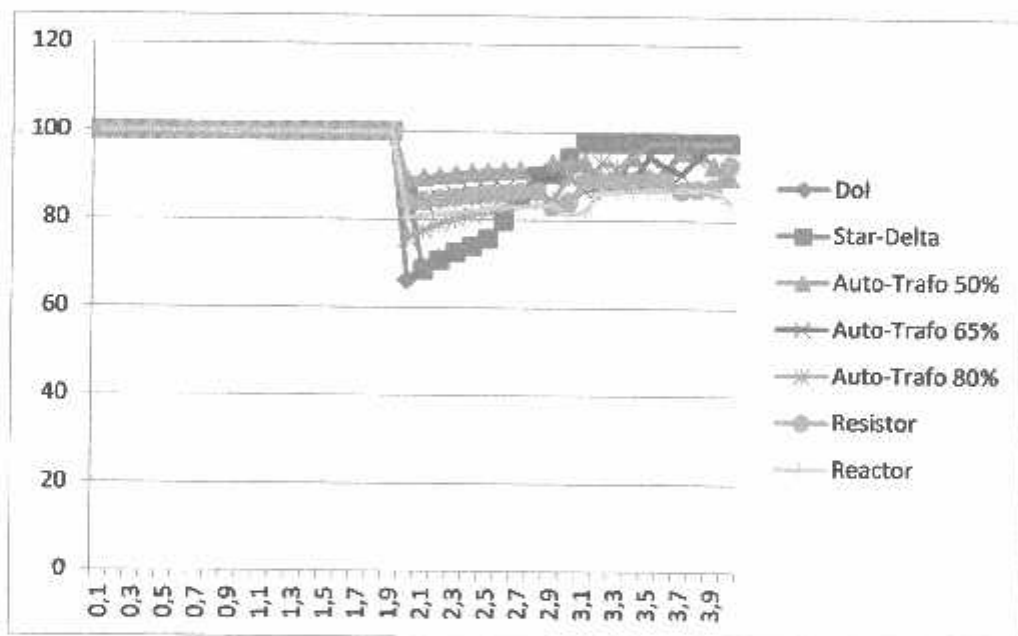
4.5.2 Hasil tabel simulasi pengasutan motor ketiga di stasiun injection selatan dengan kapasitas motor 290 kW

No	Waktu (s)	Dol		Star-Delta		Auto-Transform Tap 50%		Auto-Transform Tap 65%		Auto-Transform Tap 80%	
		Ist (A)	Vat (kV)	Ist (A)	Vat (kV)	Ist (A)	Vat (kV)	Ist (A)	Vat (kV)	Ist (A)	Vat (kV)
1	0.1	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99
2	0.2	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99
3	0.3	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99
4	0.4	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99
5	0.5	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99
6	0.6	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99
7	0.7	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99
8	0.8	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99
9	0.9	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99
10	1	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99
11	1.1	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99
12	1.2	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99
13	1.3	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99
14	1.4	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99
15	1.5	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99
16	1.6	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99
17	1.7	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99
18	1.8	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99
19	1.9	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99
20	2	426,53	66,23	184,77	66,04	147,61	89,26	223,48	82,87	312,86	73,91
21	2.1	394,997	68,88	399,944	68,66	137,897	89,64	212,289	83,90	290,987	77,65
22	2.2	368,339	71,04	372,419	70,86	132,395	90,06	200,516	84,79	272,296	79,09
23	2.3	346,864	72,75	350,26	72,61	127,297	90,44	189,464	85,34	257,05	80,25
24	2.4	330,234	74,14	332,914	74,03	122,725	90,77	182,146	86,14	244,932	81,16
25	2.5	318,627	75,78	320,783	75,65	118,732	91,05	175,399	86,63	235,379	81,91
26	2.6	316,946	76,98	319,298	76,90	115,316	91,29	169,962	87,03	227,864	82,57
27	2.7	313,949	78,04	317,697	78,97	112,436	91,49	160,347	87,47	228,329	83,68
28	2.8	31,906	90,26	38,943	90,18	105,331	92,51	168,009	89,53	221,695	86,09
29	2.9	38,780	91,06	38,816	90,79	109,374	92,97	162,611	89,75	211,128	84,64
30	3	38,218	94,33	38,242	94,32	108,028	93,08	159,828	89,92	216,183	89,71
31	3.1	37,824	97,56	37,824	97,57	104,511	93,17	152,002	86,80	209,440	88,42
32	3.2	37,824	97,56	37,824	97,57	100,028	88,45	152,321	87,93	208,424	93,06
33	3.3	37,824	97,56	37,824	97,57	100,005	89,12	153,246	88,92	208,588	92,00
34	3.4	37,824	97,56	37,824	97,57	105,386	94,65	118,602	89,35	208,233	94,39
35	3.5	37,824	97,56	37,824	97,57	103,274	89,87	108,209	94,51	208,824	97,37
36	3.6	37,824	97,56	37,824	97,57	142,360	90,34	108,558	92,23	208,824	97,37
37	3.7	37,824	97,56	37,824	97,57	108,040	95,77	108,556	90,54	208,824	97,37
38	3.8	37,824	97,56	37,824	97,57	108,036	95,79	108,257	94,28	208,824	97,37
39	3.9	37,824	97,56	37,824	97,57	108,499	92,60	108,824	97,57	208,824	97,37
40	4	37,824	97,56	37,824	97,57	108,964	89,95	108,824	97,57	208,824	97,37

No	Waktu (s)	Resistor		Reactor	
		Ist (A)	Vat (W)	Ist (A)	Vat (W)
1	0,1	0	99,99	0	99,99
2	0,2	0	99,99	0	99,99
3	0,3	0	99,99	0	99,99
4	0,4	0	99,99	0	99,99
5	0,5	0	99,99	0	99,99
6	0,6	0	99,99	0	99,99
7	0,7	0	99,99	0	99,99
8	0,8	0	99,99	0	99,99
9	0,9	0	99,99	0	99,99
10	1	0	99,99	0	99,99
11	1,1	0	99,99	0	99,99
12	1,2	0	99,99	0	99,99
13	1,3	0	99,99	0	99,99
14	1,4	0	99,99	0	99,99
15	1,5	0	99,99	0	99,99
16	1,6	0	99,99	0	99,99
17	1,7	0	99,99	0	99,99
18	1,8	0	99,99	0	99,99
19	1,9	0	99,99	0	99,99
20	2	170,190	83,91	239,248	80,21
21	2,1	261,287	84,34	251,796	80,93
22	2,2	252,464	84,76	244,266	81,34
23	2,3	244,033	85,18	236,918	81,74
24	2,4	236,242	85,53	229,974	82,11
25	2,5	229,239	85,86	223,6	82,44
26	2,6	223,09	86,15	217,892	82,75
27	2,7	217,787	86,40	212,883	83,01
28	2,8	213,277	86,62	208,437	83,23
29	2,9	209,969	86,81	204,866	83,46
30	3	200,351	84,18	196,079	81,77
31	3,1	207,966	88,76	195,137	81,95
32	3,2	205,409	88,88	202,995	86,41
33	3,3	203,304	88,99	200,747	86,54
34	3,4	201,572	89,09	198,893	86,66
35	3,5	200,149	89,17	197,367	86,78
36	3,6	198,98	89,25	196,114	86,85
37	3,7	198,307	89,32	195,087	86,94
38	3,8	147,56	87,30	194,246	87,02
39	3,9	316,968	87,67	193,558	87,09
40	4	38,473	92,73	351,464	84,18



Gambar 4.22 Grafik arus (A) pengasutan motor ketiga

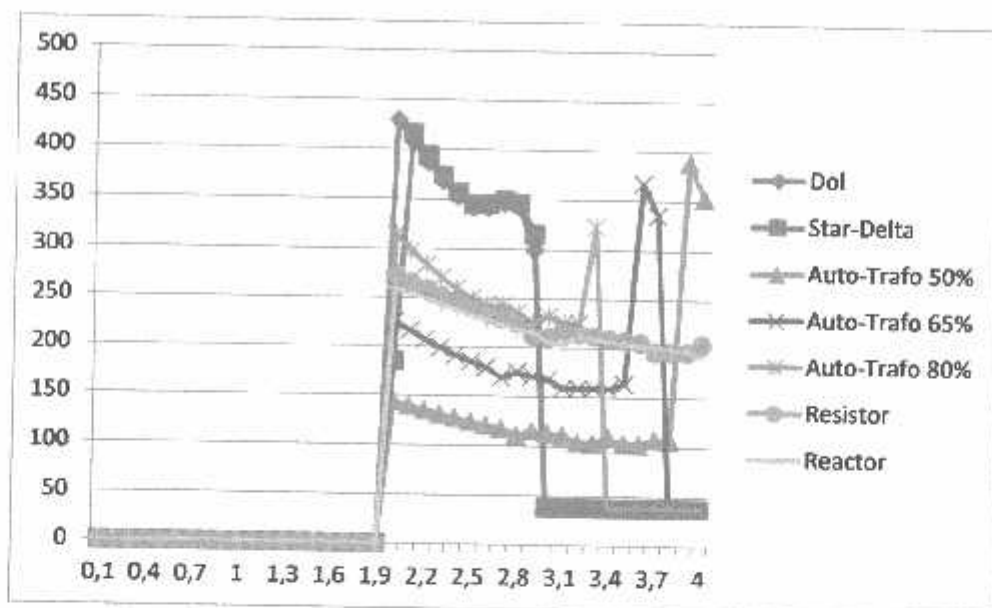


Gambar 4.23 Grafik tegangan (kV) pengasutan motor ketiga

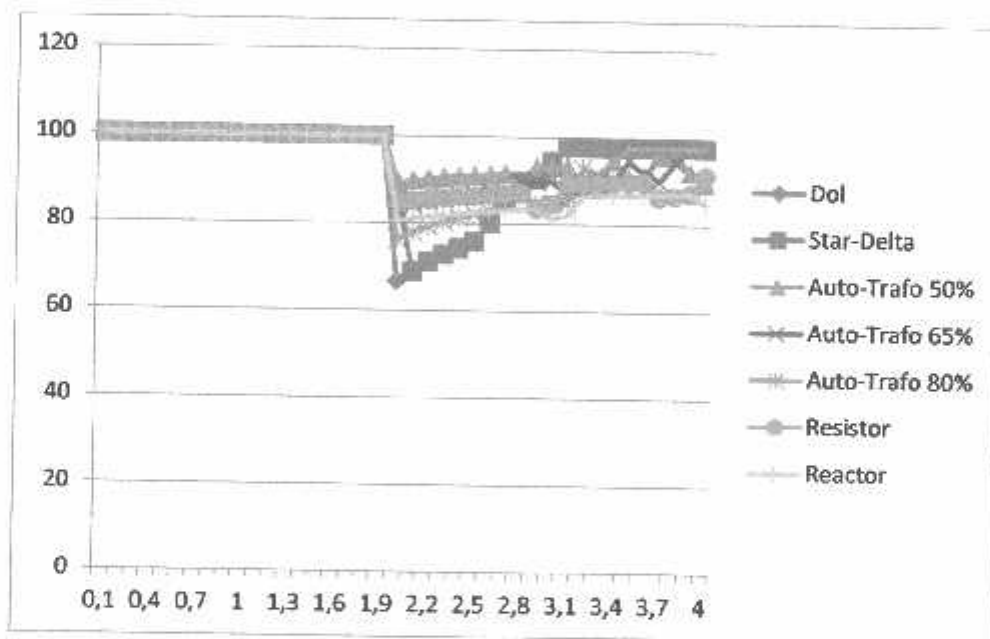
4.5.3 Hasil tabel simulasi pengasutan motor keempat di stasiun injection tengah dengan kapasitas motor 216 kW

No	Waktu (s)	Dol		Star-Delta		Auto-Transfo Tap 50%		Auto-Transfo Tap 65%		Auto-Transfo Tap 80%	
		Ist (A)	Vst (kV)	Ist (A)	Vst (kV)	Ist (A)	Vst (kV)	Ist (A)	Vst (kV)	Ist (A)	Vst (kV)
1	0.1	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99
2	0.2	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99
3	0.3	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99
4	0.4	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99
5	0.5	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99
6	0.6	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99
7	0.7	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99
8	0.8	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99
9	0.9	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99
10	1	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99
11	1.1	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99
12	1.2	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99
13	1.3	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99
14	1.4	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99
15	1.5	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99
16	1.6	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99
17	1.7	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99
18	1.8	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99
19	1.9	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99
20	2	419,005	66,61	183,053	66,19	143,785	69,31	223,948	69,01	313,963	78,1
21	2.1	407,422	69,18	415,475	68,94	139,633	69,74	216,441	64,03	298,359	77,86
22	2.2	386,738	71,29	393,521	71,09	135,535	69,15	207,416	64,92	283,814	79,26
23	2.3	368,206	72,96	373,802	72,81	131,538	69,52	199,135	65,64	270,805	80,59
24	2.4	352,451	74,34	357,033	74,22	127,806	69,84	191,737	66,24	259,547	81,30
25	2.5	341,3	75,99	344,938	75,86	124,324	69,12	185,266	66,73	250,027	82,04
26	2.6	341,863	80,22	345,186	80,13	121,147	69,35	179,691	67,12	242,154	82,70
27	2.7	346,008	85,39	349,285	85,28	118,29	69,55	169,336	64,56	242,634	85,83
28	2.8	342,423	89,86	348,687	89,79	116,753	67,57	174,956	69,65	235,835	86,24
29	2.9	299,218	90,33	315,438	90,21	115,365	69,03	171,05	69,85	229,227	84,81
30	3	38,209	94,62	38,231	94,41	113,233	69,14	167,738	69,02	232,351	84,81
31	3.1	37,814	97,65	37,814	97,66	111,379	69,23	159,091	66,90	225,382	84,81
32	3.2	37,814	97,65	37,814	97,66	104,272	68,51	158,938	68,03	225,551	92,92
33	3.3	37,814	97,65	37,814	97,66	103,887	69,18	159,379	69,64	223,323	91,52
34	3.4	37,814	97,65	37,814	97,66	109,142	64,71	158,492	69,25	38,223	94,48
35	3.5	37,814	97,65	37,814	97,66	103,318	69,72	163,792	64,55	37,814	97,66
36	3.6	37,814	97,65	37,814	97,66	103,242	69,13	167,665	61,83	37,814	97,66
37	3.7	37,814	97,65	37,814	97,66	107,711	65,93	153,199	69,10	37,814	97,66
38	3.8	37,814	97,65	37,814	97,66	106,81	65,93	167,21	64,36	37,814	97,66
39	3.9	37,814	97,65	37,814	97,66	388,898	92,18	37,814	97,66	37,814	97,66
40	4	37,814	97,65	37,814	97,66	352,848	89,58	37,814	97,66	37,814	97,66

No	Waktu (s)	Resistor		Reaktor	
		Ist (A)	Vst (kV)	Ist (A)	Vst (kV)
1	0.1	0	99,99	0	99,99
2	0.2	0	99,99	0	99,99
3	0.3	0	99,99	0	99,99
4	0.4	0	99,99	0	99,99
5	0.5	0	99,99	0	99,99
6	0.6	0	99,99	0	99,99
7	0.7	0	99,99	0	99,99
8	0.8	0	99,99	0	99,99
9	0.9	0	99,99	0	99,99
10	1	0	99,99	0	99,99
11	1.1	0	99,99	0	99,99
12	1.2	0	99,99	0	99,99
13	1.3	0	99,99	0	99,99
14	1.4	0	99,99	0	99,99
15	1.5	0	99,99	0	99,99
16	1.6	0	99,99	0	99,99
17	1.7	0	99,99	0	99,99
18	1.8	0	99,99	0	99,99
19	1.9	0	99,99	0	99,99
20	2	172,516	84,64	259,645	80,83
21	2.1	165,83	85,03	254,342	81,04
22	2.2	159,103	85,41	248,917	81,43
23	2.3	152,498	85,77	243,487	81,83
24	2.4	146,133	86,10	238,054	82,19
25	2.5	140,118	86,40	232,698	82,52
26	2.6	134,526	86,67	227,982	82,82
27	2.7	129,408	86,91	223,33	83,08
28	2.8	124,782	87,12	219,102	83,32
29	2.9	111,627	87,63	215,233	83,53
30	3	210,6	84,65	205,781	81,28
31	3.1	218,202	89,25	204,384	82,01
32	3.2	215,03	89,37	212,178	86,48
33	3.3	212,269	89,48	209,249	88,61
34	3.4	208,871	89,57	206,873	88,72
35	3.5	207,793	89,66	204,719	88,83
36	3.6	205,995	89,74	202,844	88,92
37	3.7	194,498	88,27	201,217	87,01
38	3.8	196,406	88,72	199,807	87,09
39	3.9	196,527	87,23	198,387	87,16
40	4	204,825	91,44	192,6	84,97



Gambar 4.24 Grafik arus (A) pengasutan motor keempat

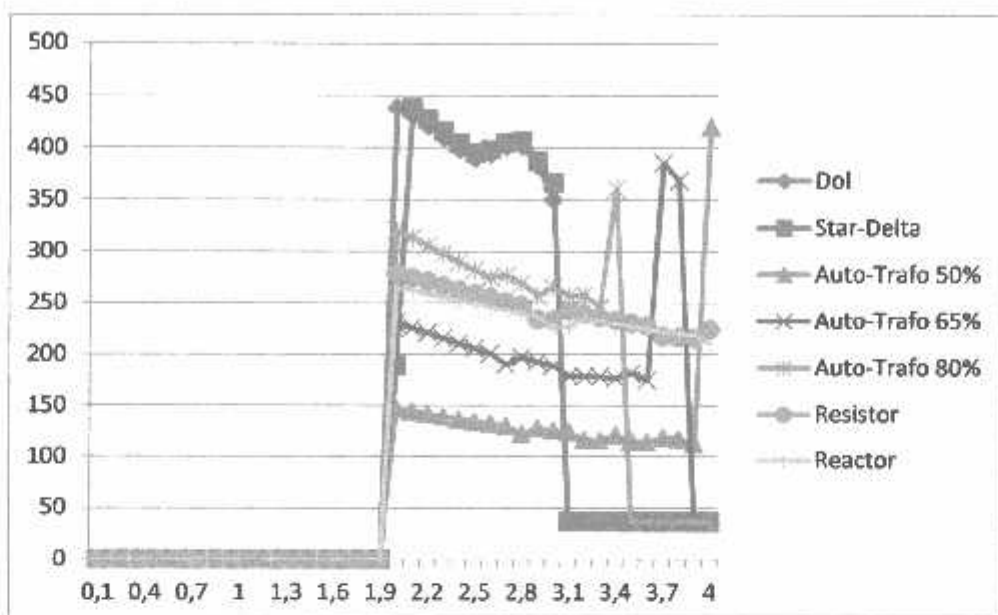


Gambar 4.25 Grafik tegangan (kV) pengasutan motor keempat

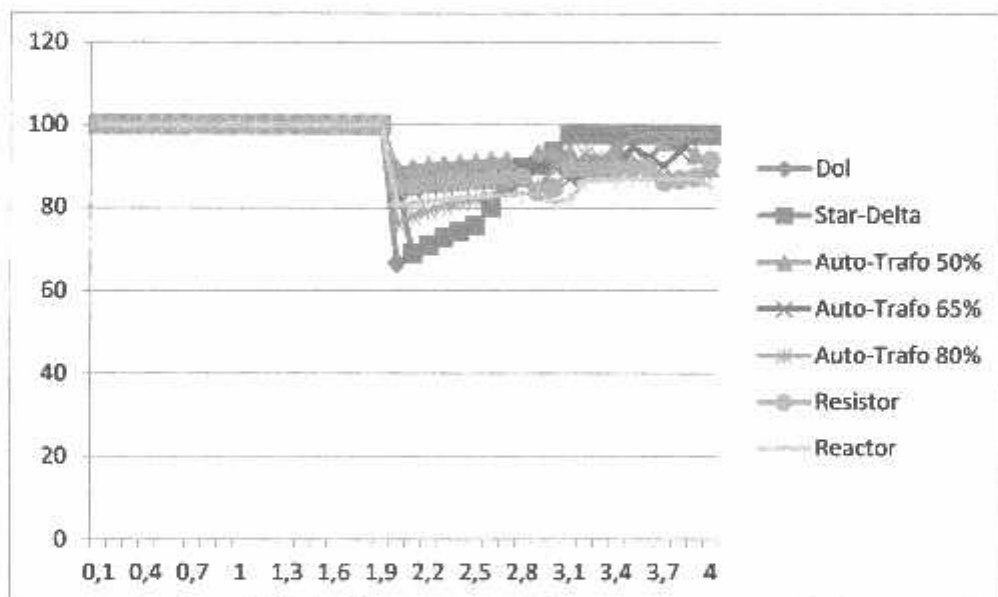
4.5.4 Hasil tabel simulasi pengasutan motor kelima di stasiun spray pond selatan dan tengah dengan kapasitas motor 190 kW

No	Waktu (s)	Dol		Star-Delta		Auto-Transfo Tap 50%		Auto-Transfo Tap 65%		Auto-Transfo Tap 80%	
		Ist (A)	Vat (kV)	Ist (A)	Vat (kV)	Ist (A)	Vat (kV)	Ist (A)	Vat (kV)	Ist (A)	Vat (kV)
1	0,1	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99
2	0,2	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99
3	0,3	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99
4	0,4	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99
5	0,5	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99
6	0,6	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99
7	0,7	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99
8	0,8	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99
9	0,9	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99
10	1	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99
11	1,1	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99
12	1,2	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99
13	1,3	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99
14	1,4	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99
15	1,5	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99
16	1,6	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99
17	1,7	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99
18	1,8	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99
19	1,9	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99	0	99,99
20	2	438,27	66,71	188,829	86,21	146,72	89,33	230,631	82,09	320,489	76,22
21	2,1	430,973	69,19	438,42	68,96	144,325	89,75	225,702	84,06	313,4	77,87
22	2,2	421,149	71,23	427,969	71,05	141,907	90,15	220,635	84,91	305,596	79,24
23	2,3	409,909	72,90	416,032	72,74	139,487	90,51	215,518	85,62	297,451	80,35
24	2,4	398,488	74,27	403,924	74,14	137,085	90,83	210,469	86,21	289,364	81,25
25	2,5	389,852	75,91	394,48	75,77	134,718	91,10	205,384	86,69	281,648	81,98
26	2,6	393,639	80,14	398,021	80,04	132,417	91,34	200,957	87,09	274,565	82,64
27	2,7	401,076	85,31	405,282	85,19	130,201	91,53	196,273	84,52	276,122	83,77
28	2,8	401,941	89,81	406,498	89,72	127,474	87,55	197,099	89,61	268,966	86,18
29	2,9	382,334	90,56	386,726	90,29	128,016	93,01	192,985	89,81	258,947	84,75
30	3	349,906	91,71	366,096	93,61	126,005	93,12	189,211	89,98	264,909	89,85
31	3,1	36,498	97,68	36,497	97,69	124,126	93,21	179,15	86,84	256,833	89,66
32	3,2	36,498	97,68	36,497	97,69	118,195	88,49	178,399	87,99	257,544	92,87
33	3,3	36,498	97,68	36,497	97,69	115,625	89,15	178,38	89,61	245,72	91,88
34	3,4	36,498	97,68	36,497	97,69	121,292	94,69	176,68	90,21	360,432	93,64
35	3,5	36,498	97,68	36,497	97,69	114,814	90,70	181,925	94,51	36,509	97,69
36	3,6	36,498	97,68	36,497	97,69	114,214	91,21	174,528	92,25	36,497	97,69
37	3,7	36,498	97,68	36,497	97,69	118,84	95,91	355,601	90,04	36,497	97,69
38	3,8	36,498	97,68	36,497	97,69	117,56	95,93	368,422	93,39	36,497	97,69
39	3,9	36,498	97,68	36,497	97,69	112,393	92,73	36,670	97,69	36,497	97,69
40	4	36,498	97,68	36,497	97,69	421,266	89,49	36,497	97,69	36,497	97,69

No	Waktu (s)	Resistor		Reactor	
		I _{rt} (A)	V _{rt} (kV)	I _{rt} (A)	V _{rt} (kV)
1	0,1	0	99,99	0	99,99
2	0,2	0	99,99	0	99,99
3	0,3	0	99,99	0	99,99
4	0,4	0	99,99	0	99,99
5	0,5	0	99,99	0	99,99
6	0,6	0	99,99	0	99,99
7	0,7	0	99,99	0	99,99
8	0,8	0	99,99	0	99,99
9	0,9	0	99,99	0	99,99
10	1	0	99,99	0	99,99
11	1,1	0	99,99	0	99,99
12	1,2	0	99,99	0	99,99
13	1,3	0	99,99	0	99,99
14	1,4	0	99,99	0	99,99
15	1,5	0	99,99	0	99,99
16	1,6	0	99,99	0	99,99
17	1,7	0	99,99	0	99,99
18	1,8	0	99,99	0	99,99
19	1,9	0	99,99	0	99,99
20	2	278,95	84,91	284,961	80,66
21	2,1	274,92	85,27	281,944	81,06
22	2,2	270,896	85,62	278,883	81,46
23	2,3	266,85	85,96	275,774	81,84
24	2,4	262,816	86,27	272,599	82,19
25	2,5	258,82	86,55	269,272	82,52
26	2,6	254,91	86,80	266,033	82,81
27	2,7	251,12	87,02	262,826	83,07
28	2,8	247,461	87,22	259,68	83,31
29	2,9	243,907	87,42	256,622	83,51
30	3	240,379	87,63	253,616	83,77
31	3,1	242,348	89,34	226,019	82,00
32	3,2	239,13	89,45	225,079	86,46
33	3,3	236,126	89,56	222,219	86,59
34	3,4	233,328	89,65	220,355	86,70
35	3,5	230,728	89,74	227,024	86,81
36	3,6	228,313	89,82	224,68	86,90
37	3,7	217,355	86,35	222,497	86,99
38	3,8	216,492	86,81	220,466	87,07
39	3,9	215,947	87,32	218,58	87,14
40	4	224,428	91,54	211,355	84,93



Gambar 4.26 Grafik arus (A) pengasutan motor kelima



Gambar 4.27 Grafik tegangan (kV) pengasutan motor kelima

4.6 Hasil komputasi peralatan *starting* motor menggunakan *software ETAP Powerstation*

Dari hasil komputasi *software ETAP Powerstation*, dalam menu motor *starting study case* dengan mensetting waktu *start* $t = 2s$, total simulasi $t = 25s$ dan merrunning program maka didapatkan hasil yang terlihat pada tabel 4.4

Tabel 4.4

Hasil Analisa Komputasi Simulasi Peralatan *Starting* Motor

Stasiun	Dol		Pengasutan Star-Defla		Pengasutan Auto-Trafo 50%	
	A (%)	V (%)	A (%)	V (%)	A (%)	V (%)
Injection baru	424,291	65,88	184,455	85,91	143,455	89,10
SP. Utara	423,56	65,84	184,174	85,87	143,25	89,07
Injection Selatan	426,53	66,23	184,737	86,04	143,61	89,20
Injection Tengah	429,093	66,63	185,052	86,19	143,795	89,31
SP. Sel dan Tengah	438,277	66,71	188,839	86,21	146,727	89,33

Pengasutan Auto-Trafo 65%		Pengasutan Auto-Trafo 80%		Pengasutan Resistor		Pengasutan Reactor	
A (%)	V (%)	A (%)	V (%)	A (%)	V (%)	A (%)	V (%)
225,041	82,71	311,871	75,67	268,17	83,28	258,88	80,40
224,679	82,66	311,326	75,61	269,098	83,66	358,56	80,38
225,487	82,87	312,865	75,91	270,195	83,91	259,248	80,51
225,985	83,05	313,963	76,17	272,536	84,64	259,645	80,63
230,631	83,09	320,495	76,22	278,93	84,91	264,961	80,66

4.7 Analisa perhitungan hasil metode pengasutan motor untuk mengetahui kualitas daya menggunakan software ETAP Powerstation

Tabel 4.5 Profil arus dan tegangan saat pengasutan motor menggunakan metode *Direct On Line* pada PG. Krebbe Baru II Malang

Stasiun	Inom (A)	Ist (A)	Tegangan			Prosentase Tegangan
			Normal (V)	Starting (V)	Sesudah (V)	
Injection Baru	639	2709,36	380	247	357	23,29
S.P Utara	578	2444,94	380	250	351	28,53
Injection Selatan	418	1780,68	380	251	344	35,68
Injection Tengah	418	1793,22	380	253	345	35,37
S.P Sel dan Teng	282	1235,16	380	254	375	5,32

Tabel 4.6 Profil arus dan tegangan saat pengasutan motor menggunakan metode *star-delta* pada PG. Krebbe Baru II Malang

Stasiun	Inom (A)	Ist (A)	Tegangan			Prosentase Tegangan
			Normal (V)	Starting (V)	Sesudah (V)	
Injection Baru	639	1175,76	380	327	375	5,32
S.P Utara	578	1063,52	380	326	374	6,46
Injection Selatan	418	769,12	380	323	372	7,98
Injection Tengah	418	773,3	380	327	372	7,98
S.P Sel dan Teng	282	530,16	380	328	367	12,92

Tabel 4.7 Profil arus dan tegangan saat pengasutan motor menggunakan metode *auto-trafo tap 50%* pada PG. Kretbet Baru II Malang

Stasiun	Inom (A)	Ist (A)	Tegangan			Prosentase Tegangan
			Normal (V)	Starting (V)	Sesudah (V)	
Injection Baru	639	913,77	380	339	373	6,84
S.P Utara	578	826,54	380	338	372	8,36
Injection Selatan	418	600,28	380	340	370	10,26
Injection Tengah	418	601,06	380	339,3	370	10,26
S.P Sel dan Teng	282	413,77	380	339,4	334	46,24

Tabel 4.8 Profil arus dan tegangan saat pengasutan motor menggunakan metode *auto-trafo tap 65%* pada PG. Kretbet Baru II Malang

Stasiun	Inom (A)	Ist (A)	Tegangan			Prosentase Tegangan
			Normal (V)	Starting (V)	Sesudah (V)	
Injection Baru	639	1437,75	380	314,2	376	4,18
S.P Utara	578	1294,72	380	314,1	375	5,32
Injection Selatan	418	940,5	380	315	373	6,84
Injection Tengah	418	944,68	380	315,5	374	6,46
S.P Sel dan Teng	282	648,6	380	316	369	10,64

Tabel 4.9 Profil arus dan tegangan saat pengasutan motor menggunakan metode *auto-trafo tap 80%* pada PG. Krobot Baru II Malang

Stasiun	Inom (A)	Ist (A)	Tegangan			Prosentase Tegangan
			Normal (V)	Starting (V)	Sesudah (V)	
Injection Baru	639	1987,29	380	288	377	3,19
S.P Utara	578	1797,58	380	287	376	3,8
Injection Selatan	418	1304,16	380	288,4	375	4,94
Injection Tengah	418	1308,34	380	289	375,4	4,56
S.P Sel dan Teng	282	902,4	380	290	372	7,6

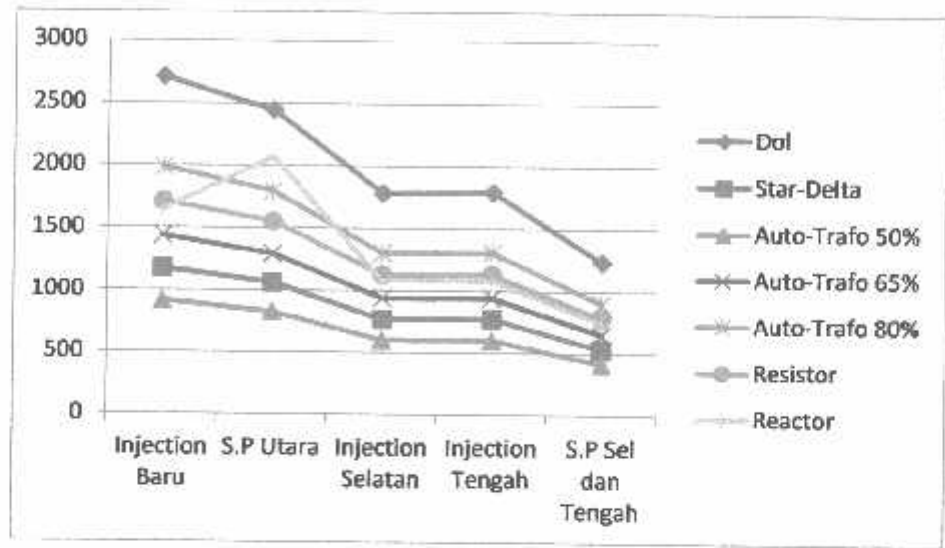
Tabel 4.10 Profil arus dan tegangan saat pengasutan motor menggunakan metode *resistor* pada PG. Krobot Baru II Malang

Stasiun	Inom (A)	Ist (A)	Tegangan			Prosentase Tegangan
			Normal (V)	Starting (V)	Sesudah (V)	
Injection Baru	639	1712,52	380	316	376,3	3,68
S.P Utara	578	1554,82	380	318	376,2	3,8
Injection Selatan	418	1128,6	380	319	374	5,7
Injection Tengah	418	1136,96	380	322	375	5,32
S.P Sel dan Teng	282	783,96	380	323	371	8,74

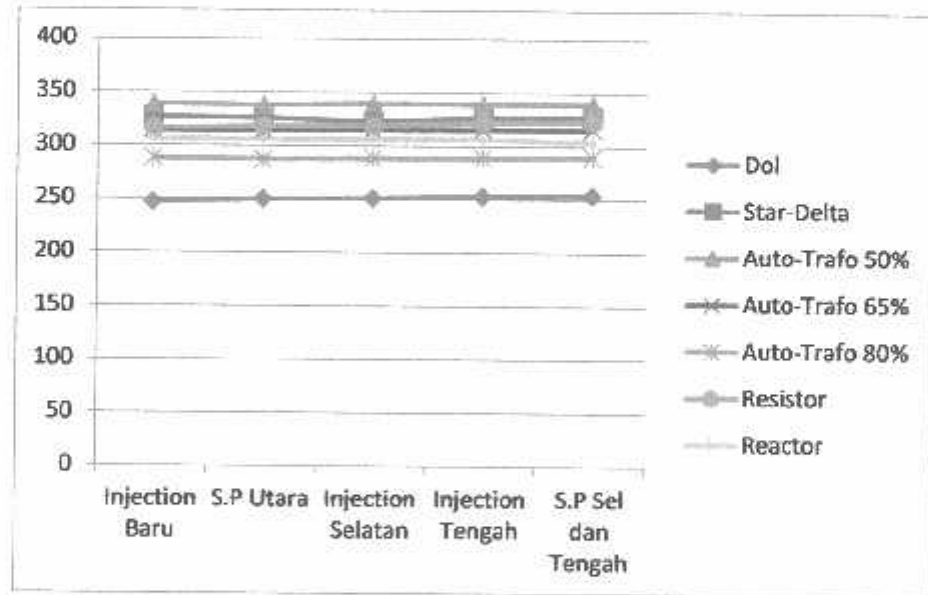
Tabel 4.11 Profil arus dan tegangan saat pengasutan motor menggunakan metode *reactor* pada PG. Krobot Baru II Malang

Stasiun	Inom (A)	Ist (A)	Tegangan			Prosentase Tegangan
			Normal (V)	Starting (V)	Sesudah (V)	
Injection Baru	639	1648,62	380	305,5	376	3,8
S.P Utara	578	2069,24	380	305,4	377	3,38
Injection Selatan	418	1082,62	380	306	374,1	5,81
Injection Tengah	418	1086,8	380	306,3	374,2	5,77
S.P Sel dan Teng	282	744,48	380	306,5	371	9,12

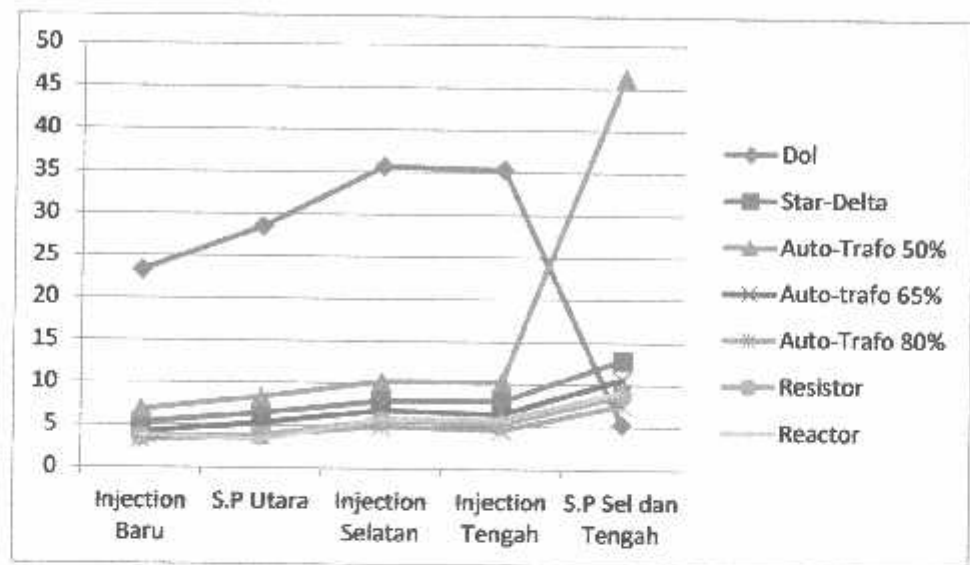
4.7.1 Grafik analisa perhitungan metode pengasutan untuk mengetahui kualitas daya menggunakan *software ETAP Powerstation*



Gambar 4.28 Grafik Perbandingan Arus *Start* pada pengasutan *DOL*, *Star-Delta*, *Auto-Trafo*, *Resistor*, dan *Reactor*.



Gambar 4.29 Grafik Perbandingan Tegangan *start* pada pengasutan *DOL*, *Star-Delta*, *Auto-Trafo*, *Resistor*, dan *Reactor*.



Gambar 4.30 Grafik Perbandingan persentase tegangan(%) pada saat pengasutan *DOL*, *Star-Delta*, *Auto-Trafo*, *Resistor*, dan *Reactor*.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa dan percobaan yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan :

- a. Perbandingan kualitas tegangan sistem sebelum dan sesudah dilakukan pengasutan : untuk tegangan sebelum dilakukan pengasutan pada sistem yaitu 380 V dan setelah dilakukan pengasutan dengan metode *Star-Delta* tegangan pada salah satu motor injection baru dengan kapasitas 355 kW menjadi : 375 V dengan presentase penurunan tegangan 5,32%. untuk pengasutan *Auto-Trafo tap 50%* : Tegangan menjadi : 373 V dengan presentase penurunan tegangan 6,84%. Pengasutan *Auto-Trafo tap 65%* : 376 V dengan presentase penurunan tegangan 4,18%. Pengasutan *Auto-Trafo tap 80%* 377 V dengan presentase penurunan tegangan 3,19%. Pengasutan *Resistor* : 376,3 V dengan presentase penurunan tegangan 3,68%. dan pengasutan *Reactor* : 376 V dengan presentase penurunan tegangan 3,8%.
 - b. Dari berbagai perbandingan pengasutan motor besarnya penurunan tegangan rata- rata terkecil terjadi pada pengasutan motor dengan metode *Auto-Trafo tap 50%* karena metode ini dapat mereduksi setengah dari tegangan normal dengan demikian metode ini merupakan alternatif yang terbaik untuk meminimalisir penurunan tegangan yang terjadi pada saat *starting* motor.
-

5.2 Saran

Pada PG Kreet Baru II Bululawang paling tepat menggunakan metode pengasutan motor *Auto-Trafo tab 50%, Star-Delta, dan Resistor*. Karena metode ini merupakan alternatif yang terbaik untuk meminimalisir penurunan tegangan yang terjadi pada sistem.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Arindya, Radita.(2013). “ Penggunaan dan Pengaturan Motor Listrik” Penerbit Graha Ilmu.
 - [2]. Badruzzama, Yuskan. “ Pengasutan konvensional motor induksi tiga fasa rotor sangkar tupai” semarang, jurusan teknik elektro.
 - [3]. Chakrasali R.I., Sheclavant V.R., Nagaraja H.N. September (2011). *A Novel method of Starting Induction Motor: A Comparative Study*. International Journal of Power Electronics and Drive System (IJPEDS) Vol.1.
 - [4]. Chapman, Stepen J, “*Elektric Machinery Fundamentals*”, Third Edition, McGraw Hill Companies, New York, 1999.
 - [5] Goh, H.H., Looi, M.S., and Kok, B.C. March (2009). *Comparison between Direct-On-Line, Star-Delta and Auto-transformer Induction Motor Starting Method in Terms of Power Quality*. Proceedings of the International MultiConference of Engineers and Computer Scientists 2009 Vol II IMECS.
 - [6] Malik, Muh. Nasir. 2009. “ Perbandingan kinerja motor induksi tiga fasa” Media Elektrik, volume 4 nomer 2.
 - [7]. Pawawoi Andi, November (2009). *Analisa Kedip Tegangan (Voltage Sags) Akibat Pengasutan Motor Induksi Dengan Berbagai Metode Pengasutan Study Kasus Di PT. Abaisiat Raya*. No. 32 Vol. 1 Thn. XVI.
 - [8] S.N. Singh, D. Saxena, K.S. Verma. “ Power quality event classification : on overview and key issue” international jurnal of engineering, science and technology vol.2,No.3.2010,pp.186.199
-

LAMPIRAN



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

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

PT. BNI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

Kampus I : Jl. Berdjungan 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

BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

1. Nama : AHMAD FAUZI
2. NIM : 1112037
3. Jurusan : TEKNIK ELEKTRO S-1
4. Konsentrasi : TEKNIK ENERGI LISTRIK
5. Judul Skripsi : **KOMPARASI SISTEM PENGASUTAN MOTOR INDUKSI
UNTUK MENINGKATKAN KUALITAS DAYA PADA P.G
KREBET BARU II BULULAWANG MALANG**

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

- Hari : Sabtu
Tanggal : 21 Februari 2015
Dengan Nilai : **71,5 (B+)**

Panitia Ujian Skripsi

Ketua Majelis Penguji

(M. Ibrahim Ashari, ST, MT.)

NIP.P.1030100358

Sekretaris Majelis Penguji

(Dr. Eng. I Komang Somawirata, ST, MT.)

NIP. P. 1030100361

Anggota Penguji

Penguji I

(Dr. Eng. Ir. I Made Wartana, MT.)

NIP. 19610531992021001

Penguji II

(Ir. Teguh Herbasuki, MT.)

NIP. Y. 1038900209



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

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

INI (PERSERO) MALANG
ANK 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

SURAT PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : AHMAD FAUZI
NIM : 1112037
Jurusan : Teknik Elektro S-1
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik

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

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

Malang, 10 Maret 2015

Yang membuat pernyataan



Ahmad Fauzi
NIM : 1112037



PERSETUJUAN PERBAIKAN SKRIPSI

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

Hari/Tanggal : Sabtu, 21 Februari 2015

Telah dilakukan perbaikan skripsi oleh :

Nama : AHMAD FAUZI
NIM : 1112037
Jurusan : Teknik Elektro S-1
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik
Judul Skripsi : **Komparasi Sistem Pengasutan Motor Induksi Untuk Meningkatkan Kualitas Daya Pada P.G Krevet Baru II Bululawang Malang**

No	Materi Perbaikan	Ket
1.	Judul kurang tepat terutama kata-kata	
2.	Tujuan masih kurang tepat	1
3.	Kesimpulan : 1. Yang paling tepat/terbaik mestinya hanya satu metode <i>starting</i> dengan hasil kualitatif yang diperoleh. 2. Bukan kesimpulan tapi rangkuman hasil metode <i>starting</i> . 3. Kesimpulan disempurnakan	1

Dosen Penguji I

Dr. Eng. Ir. I Made Wartana, MT.
NIP. 19610531992021001

Dosen Pembimbing I

Prof. Dr. Eng. Ir. Abraham Lomi, MSEE
NIP. Y. 1018500108

Dosen Pembimbing II

Lauhil Mahfudz Hayusman, ST, MT
NIP. P. 1031400472



PERSETUJUAN PERBAIKAN SKRIPSI

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

Hari/Tanggal : Sabtu, 21 Februari 2015

Telah dilakukan perbaikan skripsi oleh :

Nama : AHMAD FAUZI
NIM : 1112037
Jurusan : Teknik Elektro S-1
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik
Judul Skripsi : **Komparasi Sistem Pengasutan Motor Induksi Untuk Meningkatkan Kualitas Daya Pada P.G Krehet Baru II Bululawang Malang**

No	Materi Perbaikan	Ket
1.	Tabel 4.5 harap ditulis besar kapasitas motor yang dicoba	✓
2.	Tabel 4.5.1 – Tabel 4.5.4 harap dirubah saat mulai <i>start</i> motor	✓
3.	Harap ditambahkan grafik pengasutan pada motor kapasitas besar	✓
4.	Judul setidaknya dikembalikan lagi sesuai aslinya	✓
5.	Kesimpulan disempurnakan	✓

Dosen Penguji II

Ir. Teguh Herbasuki, MT
NIP. Y. 1038900209

Dosen Pembimbing I

Prof. Dr. Eng. Ir. Abraham Lomi, MSEE
NIP. Y. 1018500108

Dosen Pembimbing II

Lauhil Mahfudz Hayusman, ST, MT
NIP. P. 1031400472



MONITORING BIMBINGAN SKRIPSI
SEMESTER GANJIL TAHUN AKADEMIK 2014-2015

Nama : Ahmad Fauzi
Nim : 1112037
Masa Bimbingan : Semester Ganjil 2014 – 2015
Judul : Komparasi Sistem Pengasutan Motor Induksi Untuk Meningkatkan Kualitas Daya Pada P.G Krevet Baru II Bululawang Malang

No.	Tanggal	Uraian	Paraf Pembimbing
1	03-10-2014	Konsultasi bab	
2	20-11-2014	Konsultasi program	
3	04-12-2014	Konsultasi program	
4	12-12-2014	Konsultasi program dan perubahan judul	
5	06-01-2015	Konsultasi program membandingkan 2 motor	
6	20-01-2015	Konsultasi program membandingkan semua motor	
7	10-02-2015	Konsultasi program memperbaiki grafik perbandingan	
8	21-02-2015	Perbaikan tata tulis dan tata letak grafik. ACC laporan skripsi	

Malang, Maret 2015

Dosen Pembimbing

Prof. Dr. Eng. Ir. Abraham Lomi, MSEE

NIP. Y. 1018500108

Form.S-4b



MONITORING BIMBINGAN SKRIPSI
SEMESTER GANJIL TAHUN AKADEMIK 2014-2015

Nama : Ahmad Fauzi
Nim : 1112037
Masa Bimbingan : Semester Ganjil 2014 – 2015
Judul : Komparasi Sistem Pengasutan Motor Induksi Untuk Meningkatkan Kualitas Daya Pada P.G Krevet Baru II Bululawang Malang

No.	Tanggal	Uraian	Paraf Pembimbing
1	30-10-2014	Bimbingan laporan skripsi Bab 1 dan Bab 2	
2	21-01-2015	Diuraikan pada latar belakang permasalahan yang ada pada PG. Krevet II	
3	22-01-2015	-Konsistensi penulisan, -Lengkapi data, -penjelas gangguan yang terjadi sag apa under voltage.	
4	26-01-2015	-perhatikan tata tulis Bab, Subbab.	
5	04-02-2015	-Bab IV diperbaiki, - Abstrak, - Lengkapi /bandingkan In dengan Ist.	
6	18-02-2015	ACC Bab I, II, dan III	
7	20-02-2015	Abstrak diperbaiki dan kata pengantar	
8	21-02-2015	Bimbingan Abstrak dan ACC laporan skripsi	

Malang, Maret 2015

Dosen Pembimbing

Lauhil Mahfudz Hayusman, ST, MT

NIP. P. 1031400472



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

Ahmad Fauzi

NIM

1112027

Perbaikan meliputi

1. judul. kurang tepat terutama kata & komparasi → memuat kata metode pengujian yg tepat. .
- kualitas daya → ? diteliti dan dibedakan masalah kualitas daya → hanya list & Vstg
2. Tujuan : komparasi : bukan tujuan tapi bisa saja memosisi yg
3. ~~Tujuan~~ Kesimpulan :
No.1. yg paling tepat / terbaik meskipun hanya satu metode string yg normal kurang baik yg di peralat.
No.2. Bukan lagi kesimpulan tapi rangkuman
→ kesimpulan.

Malang,

(_____)



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 : Ahmad Fauzi
NIM : 1112037
Perbaikan meliputi :

1) Tabel 4.5 harap ditulis besar kapasitas motor yg dicoba

2) Tabel 4.5.1

3) Tabel 4.5.2

4) Tabel 4.5.3

5) Tabel 4.5.4

harap dirubah saat mulai start motor!

6) Harap ditambahkan grafik pengasutan pada motor kapasitas besar.


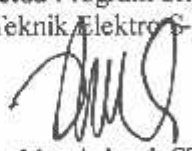
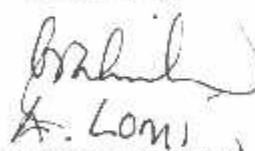

7) Judul seagayanya dikembalikan lagi sesuai aslinya!

8) Kesimpulan disempurnakan!

Malang, 21/2/2015




**BERITA ACARA SEMINAR PROPOSAL SKRIPSI
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S-1
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik**

1.	Nim	: 1112037		
2.	Nama	: AHMAD FAUZI		
3.	Konsentrasi Jurusan	: Teknik Energi Listrik		
4.	Jadwal Pelaksanaan:	Waktu	Tempat	
	2 Oktober 2014	09:00	III.1.5	
5.	Judul proposal yang diseminarkan Mahasiswa	ANALISIS BERBAGAI STARTING MOTOR INDUKSI TERHADAP KUALITAS DAYA DAN CARA MENGATASINYA MENGGUNAKAN ETAP POWER STATION		
6.	Perubahan judul yang diusulkan oleh Kelompok Dosen Keahlian	Analisis metode pengasutan star-delta, Auto-tranf. Resistor dan Reaktor motor induksi terhadap perubahan kualitas tegangan.		
7.	Catatan :			
8.	Catatan :			
	Persetujuan judul Skripsi			
	Disetujui, Dosen Keahlian I (.....)	Disetujui, Dosen Keahlian II  (.....)	Disetujui, Dosen Keahlian III (.....)	
	Mengetahui, Ketua Program Studi Teknik Elektro S-1  M. Ibrahim Ashari, ST, MT NIP. P 1030100358	Disetujui, Calon Dosen Pembimbing ybs		
	Pembimbing I  A. Loni (.....)	Pembimbing II  Lawhi Mky (.....)		



BERITA ACARA SEMINAR PROGRESS SKRIPSI PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S1

KONSENTRASI		T. ENERGI LISTRIK		
1.	Nama Mahasiswa	AHMAD FAUZI	NIM	1112037
2.	Keterangan	Tanggal	Waktu	Tempa: / Ruang
	Pelaksanaan	9 Desember 2014		
3.	Judul Skripsi	ANALISIS METODE PENGASUTAN STAR-DELTA, AUTO-TRAFO, RESISTOR, DAN REACTOR MOTOR INDUKSI TERHADAP PERUBAHAN KUALITAS TEGANGAN MENGGUNAKAN SIMULASI SOFTWARE ETAP POWER STATION		
4.	Perubahan Judul	Komparasi sistem pengasutan untuk meningkatkan kualitas daya. <i>noty</i>		
Catatan :				
5.	(1) Tampilkan hasil 2 jenis direct online start up 2 menggunakan 2 start up method			
	(2) Bandingkan, mana yg mempunyai beban lebih lambat belatny			
6.	Mengetahui, Ketua Jurusan	Disetujui, Dosen Pembimbing		
		Pembimbing I	Pembimbing II	
	M. Ibrahim Ashari, ST, MT	Prof. Dr. Eng. Ir. Abraham Lomi, MSEE	Lauhil Mahfudz Hayusn.an, ST, MT	



PERMOHONAN PERSETUJUAN SKRIPSI

Yang Bertanda Tangan Dibawah Ini:

Nama : AHMAD FAUZI
 N I M : 1112037
 Semester : 7 (tujuh)
 Fakultas : Teknologi Industri
 Jurusan : Teknik Elektro S-I
 Konsentrasi : **TEKNIK ENERGI LISTRIK**
TEKNIK ELEKTRONIKA
TEKNIK KOMPUTER DAN INFORMATIKA
TEKNIK KOMPUTER
~~TEKNIK TELEKOMUNIKASI~~
 Alamat : Jl. Juanda 16 Desa PLANDI KEC. WONOREJO GUNUNG LAWI

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

Adapun persyaratan- persyaratan pengambilan SKRIPSI adalah sebagai berikut:

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

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

Telah diteliti kebenarannya data tersebut diatas
 Recording Teknik Elektro S-I

[Signature]
 Puji Handayani

Malang, 1 - September - 2019

Pemohon

[Signature]
 FAUZI

Disetujui
 Ketua Prodi Teknik Elektro S-I

[Signature]
 M. Ibrahim Ashari, ST, MT
 NIP. P. 1030100358

Mengetahui
 Dosen Wali

[Signature]
 TEGUH. H

Catatan:

Bagi mahasiswa yang telah memenuhi persyaratan mengambil SKRIPSI agar membuat proposal dan mendapat persetujuan dari Ketua Prodi T. elektro S-I

1. IP 4,98 / 1371 = 3,60
2.
3.

No : SDM/KB/2014/X/138
Perihal : Ijin OKL

Malang, 29 Oktober 2014

Kepada Yth :
Institut Teknologi Nasional
(ITN)
Malang

Dengan hormat,

Sehubungan dengan surat Saudara No. ITN-247/EL-FTI/2014 perihal diatas, dengan ini kami beritahukan bahwa kami dapat menerima Mahasiswa sebagai berikut :

No	Nama	NIM	Jurusan
1.	Ahmad Fauzi	1112037	Teknik Elektro

untuk melaksanakan Pretek Kerja Lapangan (PKL) di PG Krebet Baru mulai 01 November 2014 sd 29 November 2014 sd selesai dengan syarat-syarat sebagai berikut :

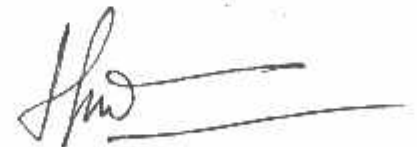
1. PG Krebet Baru tidak menyediakan tempat penginapan, sehingga yang bersangkutan harus menyediakan sendiri.
2. PG Krebet Baru tidak memberikan bantuan/tunjangan, baik itu akomodasi, konsumsi dan sebagainya dalam bentuk apapun kepada yang bersangkutan.
3. Selama kerja praktek/penelitian/survey/observasi yang bersangkutan wajib mentaati semua Peraturan Perusahaan dan petunjuk-petunjuk yang diberikan para pembimbing / pejabat yang berwenang.
4. Setelah selesai kerja praktek/penelitian/survey/observasi yang bersangkutan wajib menyerahkan 1(satu) buku laporan hasil praktek/penelitian.

Apabila yang bersangkutan dapat menyetujui syarat-syarat diatas, diminta untuk menghadap ke Bagian DM & Umum PG Krebet Baru dengan membawa :

1. Surat Ijin Kerja Praktek / Penelitian ini.
2. Fotocopy Kartu Tanda Pengenal, misal : KTP, Kartu Pelajar/Mahasiswa dsb.

Demikian harap maklum, atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Hormat kami,



Purwantono
Kabag SDM & Umum

Cc : - Yang bersangkutan
- Bagian Instalasi PG KBB-II
- K3L

rs/pw

Motto dan Persembahan

Motto :

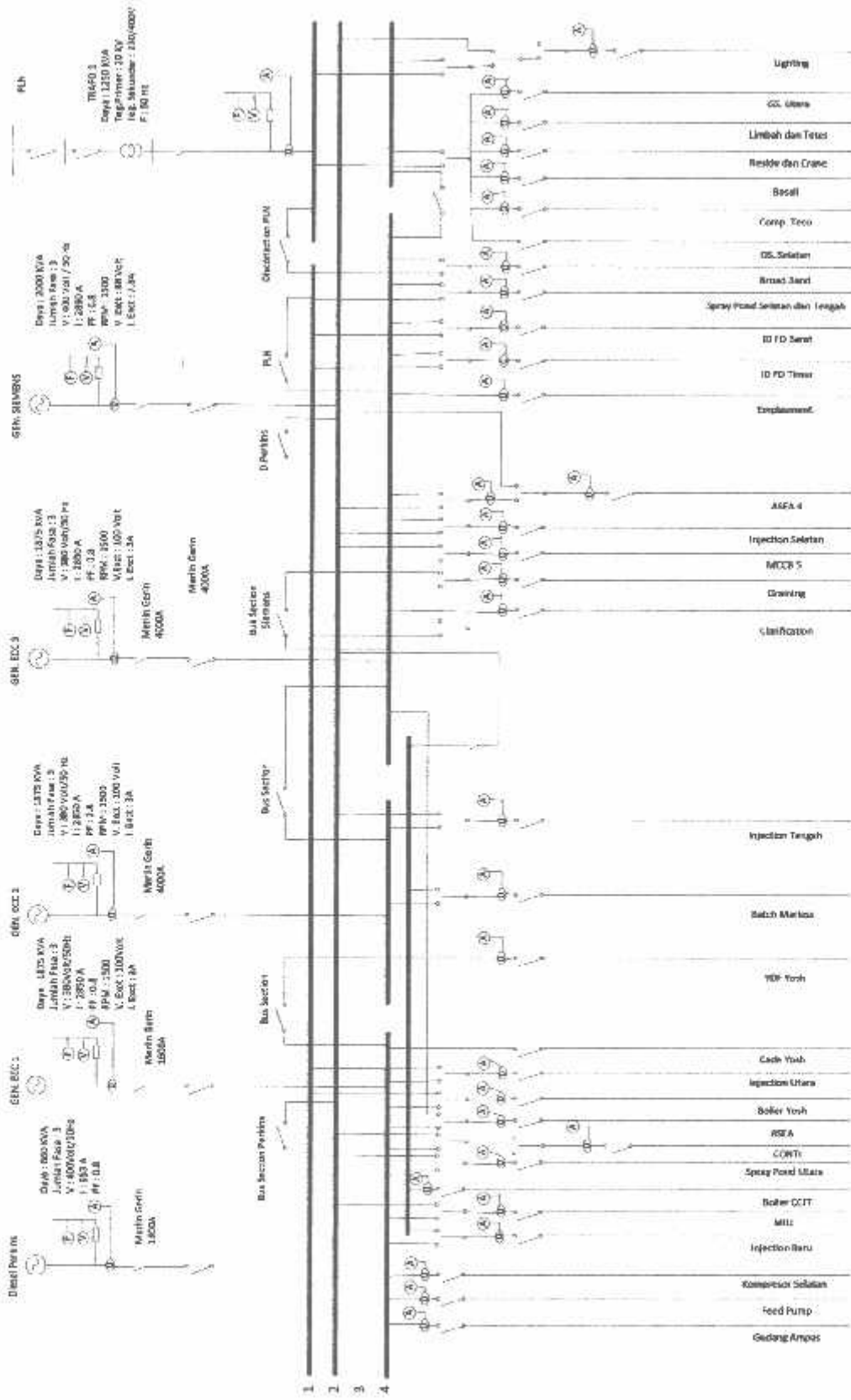
- ❖ "Penderitaan akan membuat kita berfikir, dengan berfikir akan membuat kita bijak dan dengan kebijakan akan menjadikan hidup kita lebih bermakna".
- ❖ "Ibarat sebuah jarum keberhasilan akan tercapai bila telah mampu melewati tahap demi tahap".
- ❖ "Allah tidak akan membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya (QS. Al Baqarah : 285)".
- ❖ "Allah akan meninggikan orang-orang yang beriman dan orang-orang yang berilmu pengetahuan dengan beberapa derajat (Al Mujadalah : 11)".
- ❖ "Usaha dan Doa pasti akan membawa ke gerbang keberhasilan".
- ❖ "Tiada kesuksesan tanpa sebuah pengorbanan".

Puji syukur pada Illahi Robbi atas segala nikmat dan inayahnya yang telah mempermudah dalam pembuatan tulisan ini. Tulisan ini kupersembahkan kepada :

- ❖ Allah SWT, beserta junjungan kita Nabi Muhammad SAW, beserta pengikutnya atas limpahan rahmat dan hidayahnya.
- ❖ Ayah dan Ibu tercinta, sebagai panutan, tempatku mengadu dan bersandar serta pemberi dukungan moral dan material.
- ❖ Adikku tersayang, pemupuk semangatku dalam belajar dan berjuang.
- ❖ Seseorang yang istimewa "Selvi A.N", tempatku mencurahkan isi hati dan perasaan, yang telah mendukung segala jerih payah yang kulakukan.
- ❖ Keluarga besar "Selvi A.N", yang selalu memberi semangat dan doa.
- ❖ Dosen - dosen, yang selalu memberikan ilmu, inspirasi, dan motivasi serta menjadi orang tua kedua yang selalu membimbing dengan sepenuh hati.
- ❖ Teman - temenku, yang selama 3.5 ini menemaniku baik suka maupun duka serta memberikan dukungan sepenuhnya.

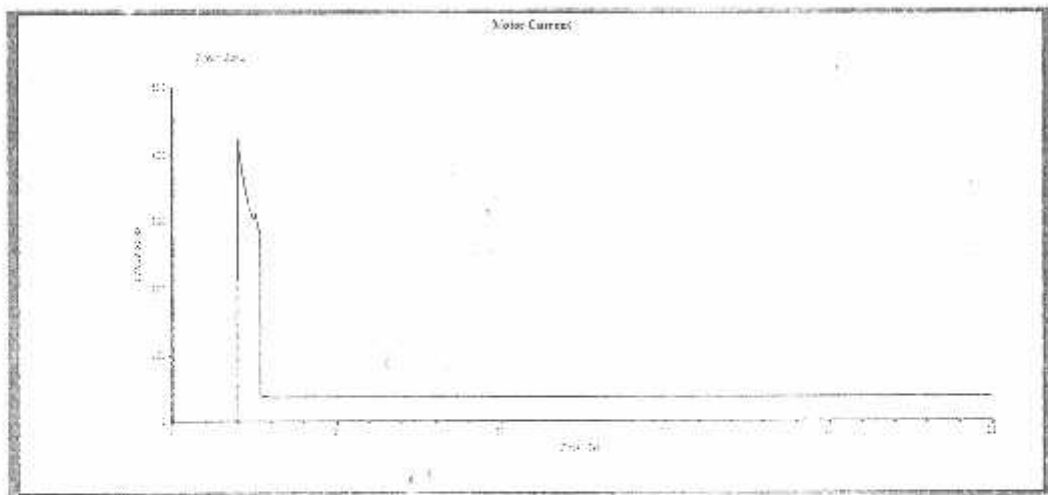
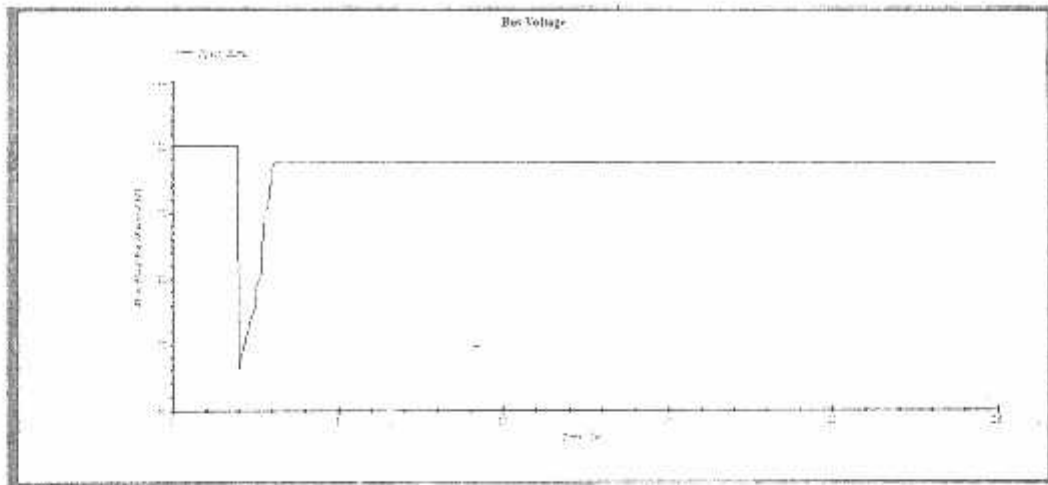
Thank's for u All n me miss u
28 - 03 - 2015

Skema Hubung Panel Board PG. Krebet Baru II

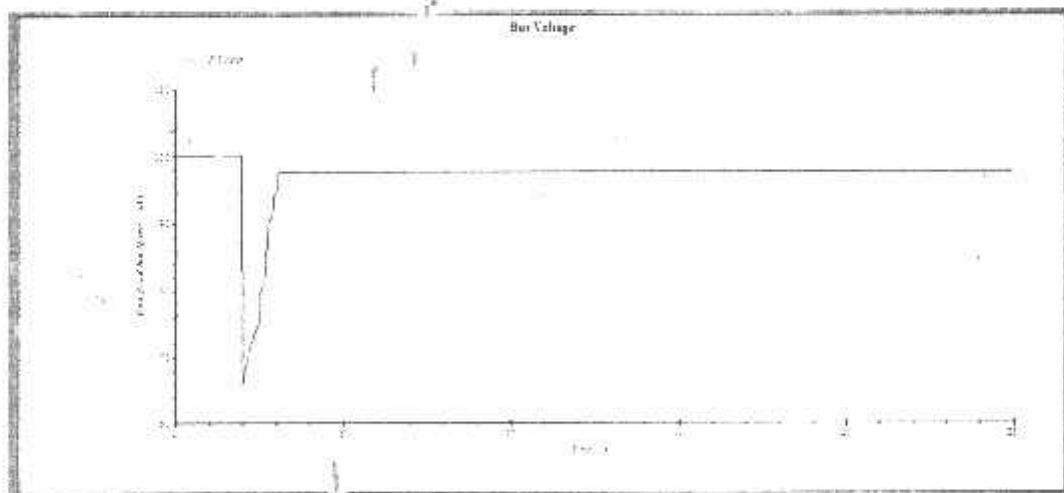


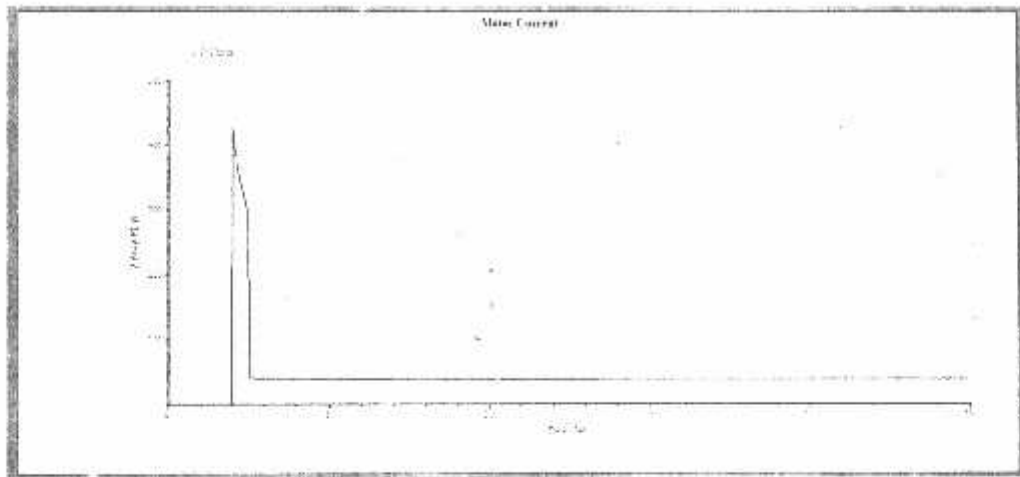
1. CU : 3 x 2 x (10 x 100) mm² + 1 x (10 x 50) mm²
2. CU : 3 x 2 x (10 x 100) mm²
3. CU : 3 x 2 x (10 x 100) mm²
4. CU : 3 x 2 x (10 x 100) mm²

Dol motor pertama injection baru kapasitas 355 kW

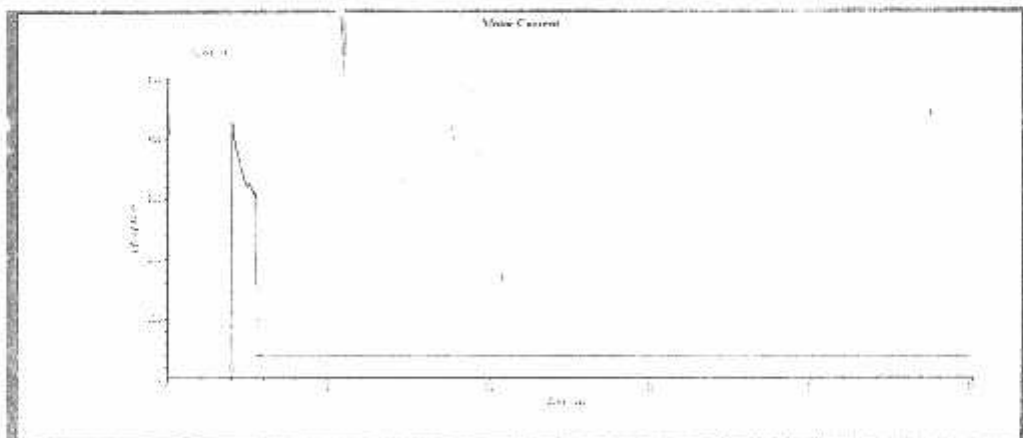
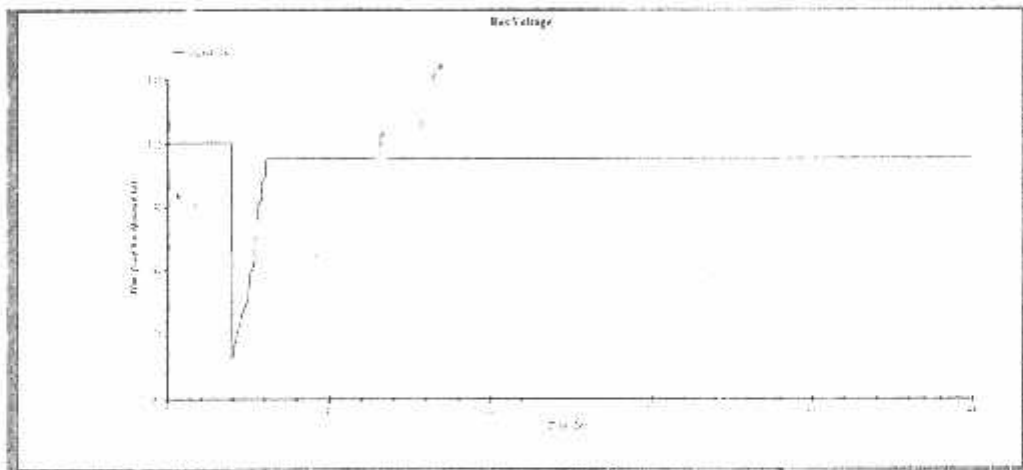


Dol motor kedua spray pond utara kapasitas 315 kW

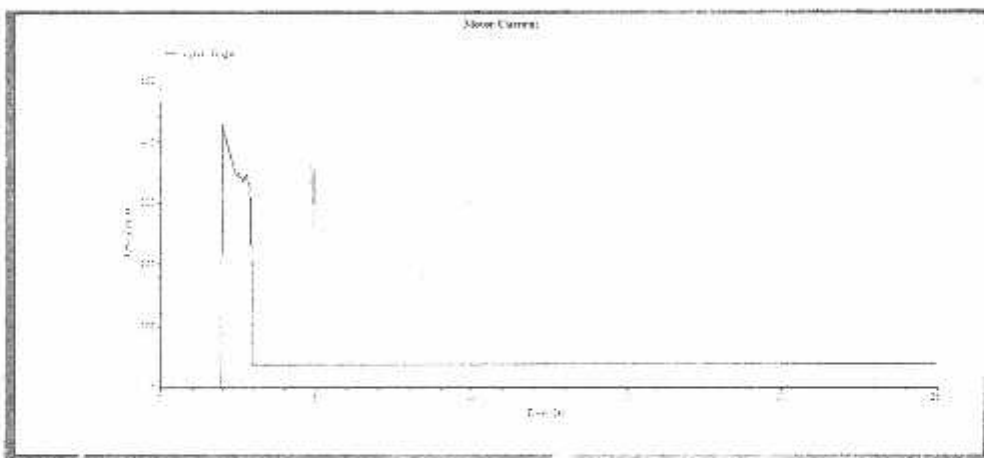
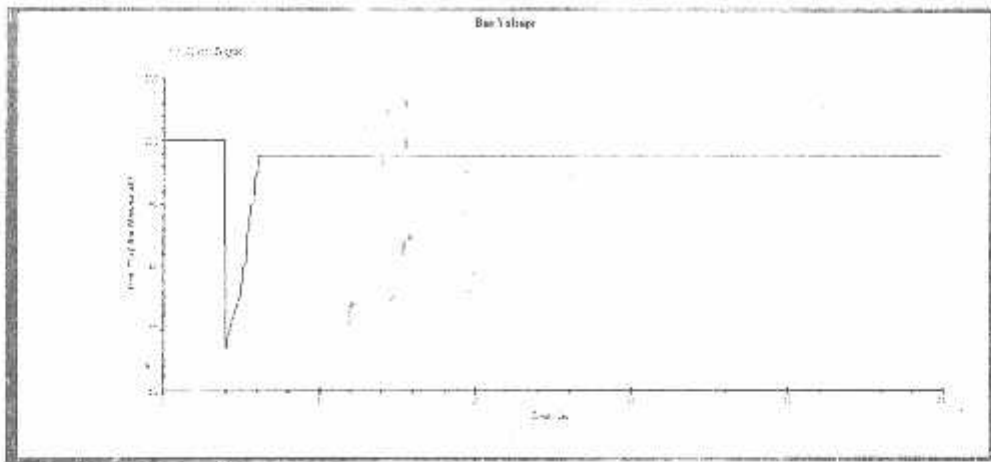




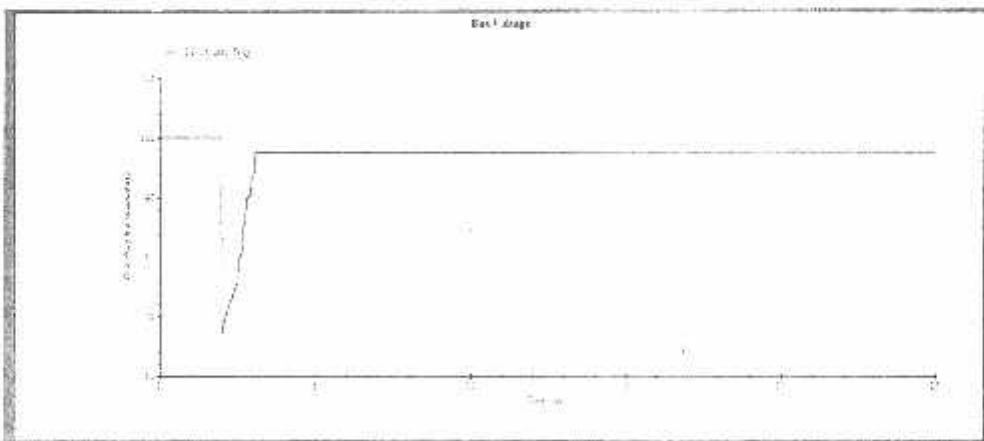
Dol motor ketiga kapasitas injection selatan 290 kW

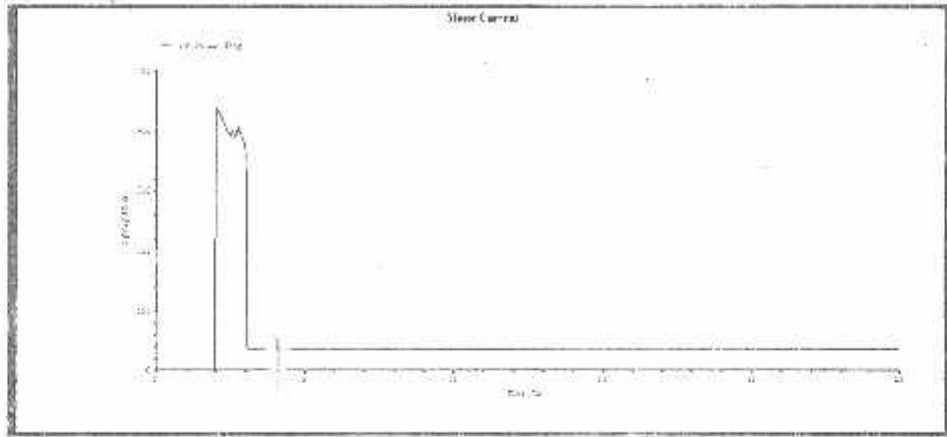


Dol motor keempat injection tengah kapasitas 216 kW

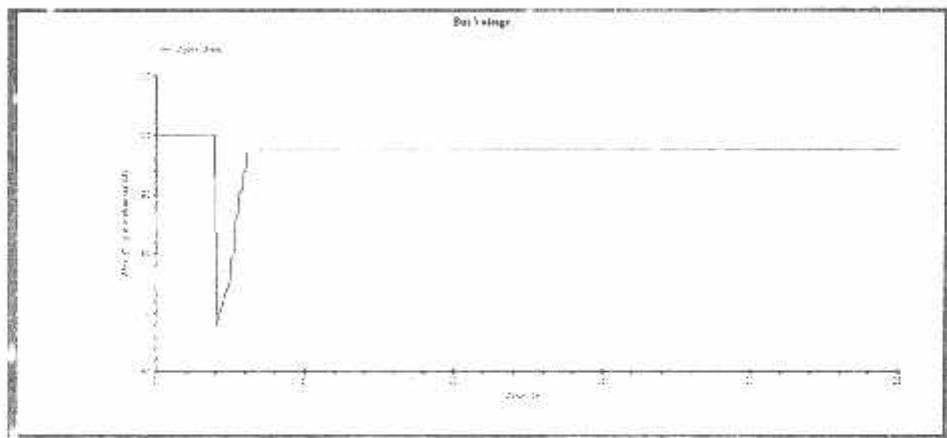


Dol motor kelima kapasitas sp. Selatan dan tengah

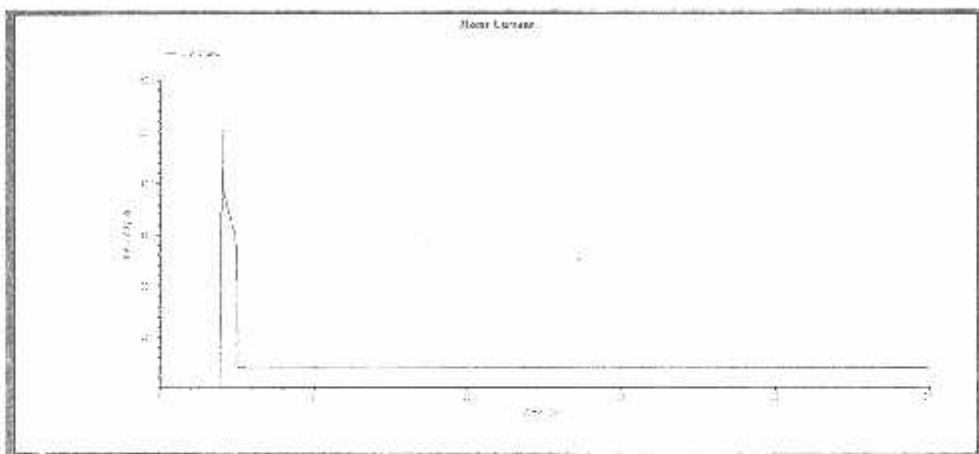
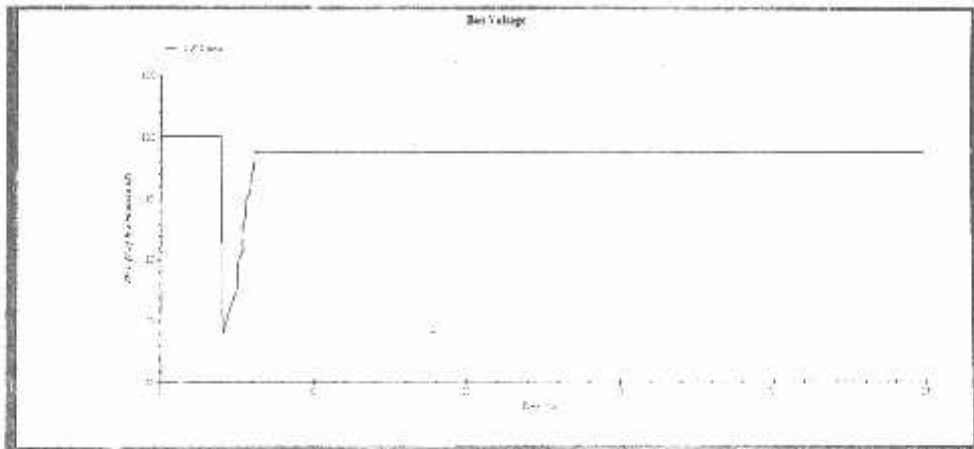




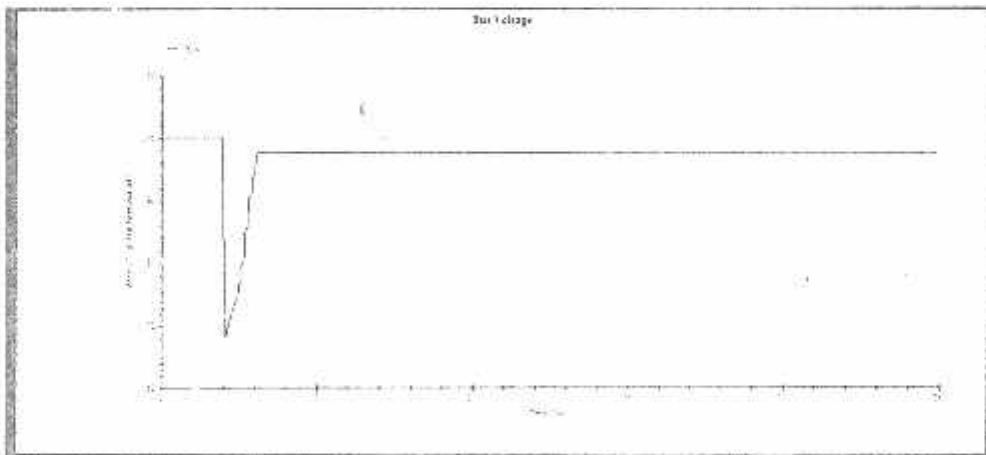
Star-Delta motor pertama injection baru kapasitas 355 kW

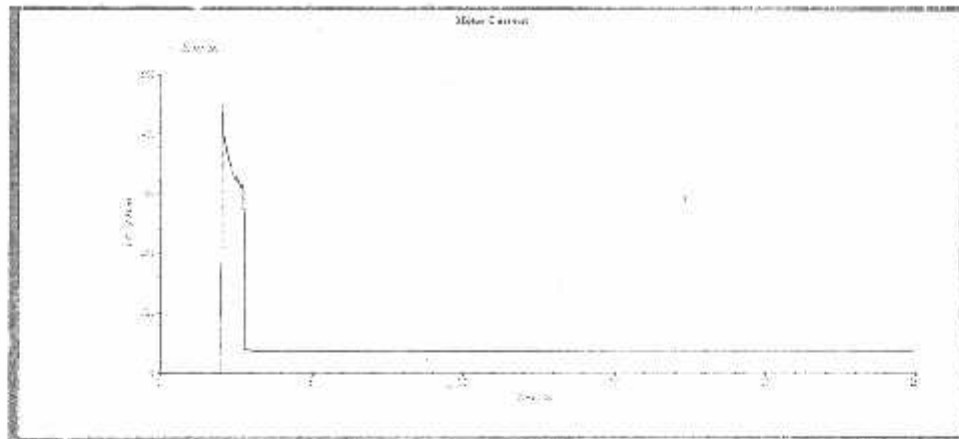


Star-Delta motor kedua spray pond utara kapasitas 315 kW

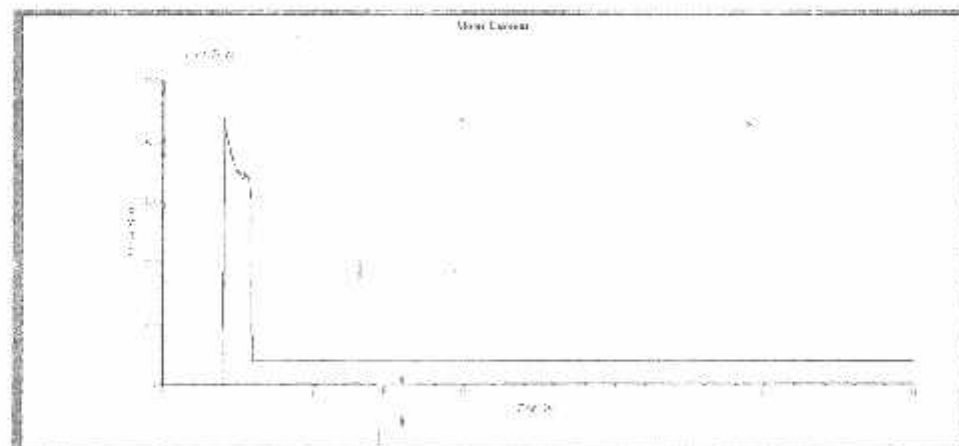
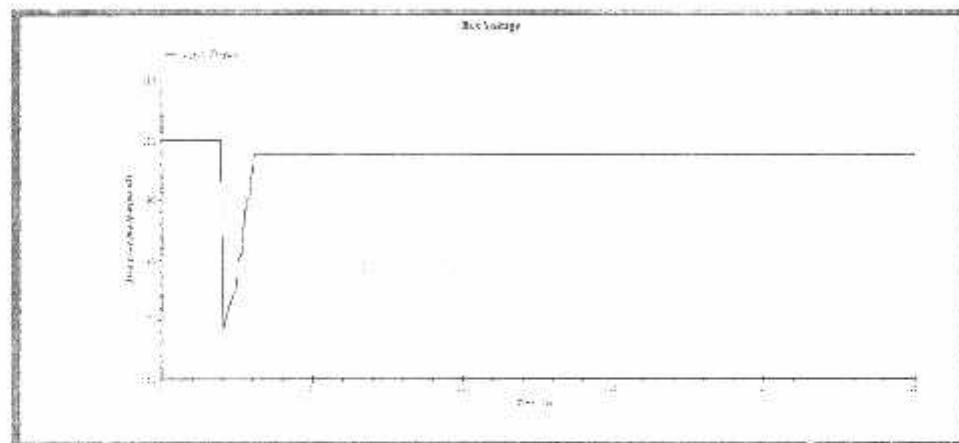


Star-Delta motor ketiga injection selatan kapasitas 290 kW

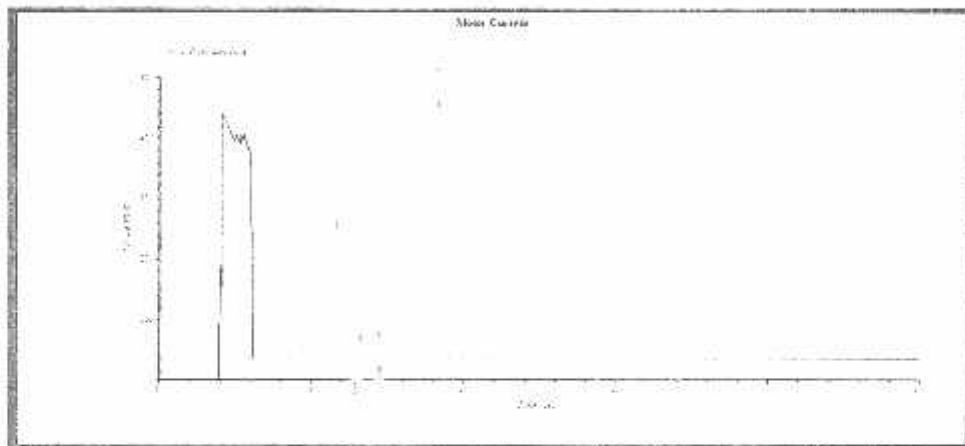




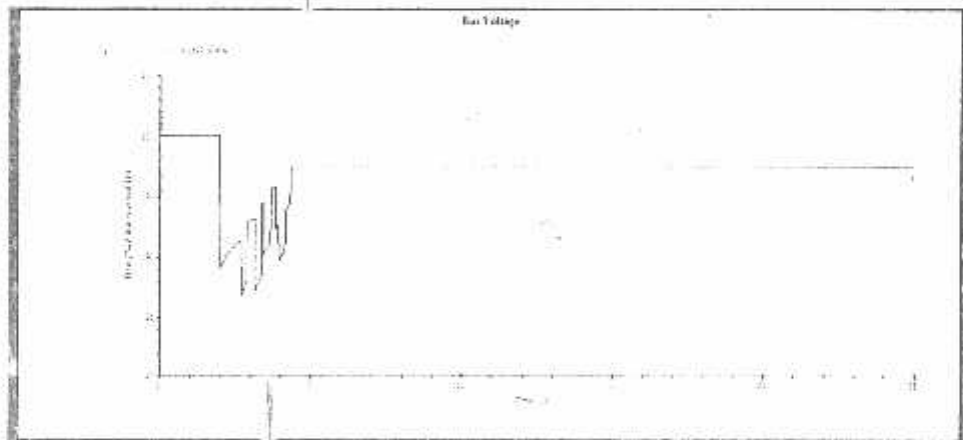
Star-delta motor keempat injection tengah kapasitas 216 kW

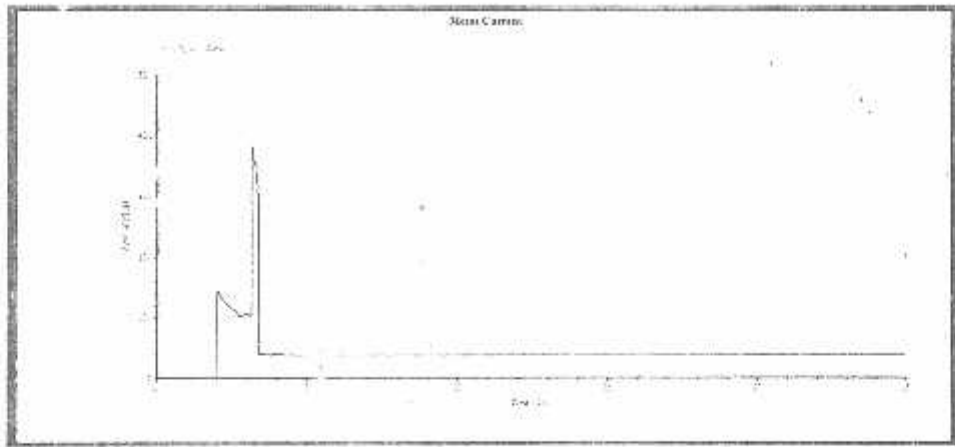


Star-delta motor kelima sp. Selatan dan tengah 190 kW

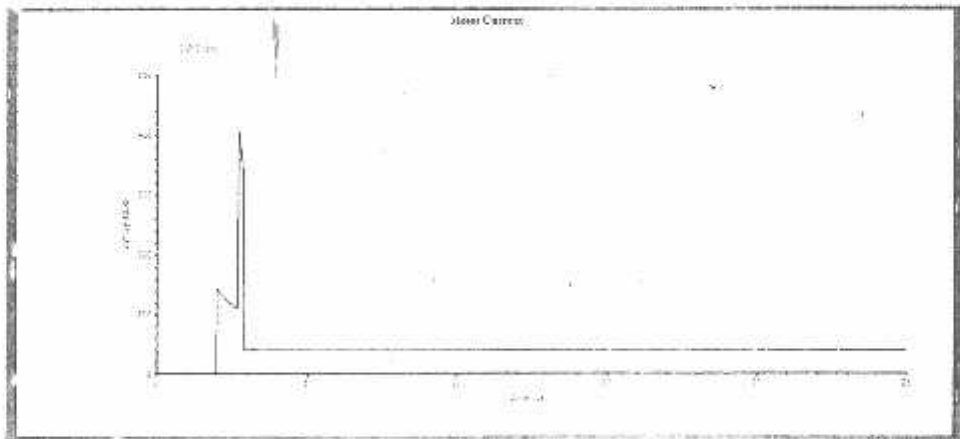
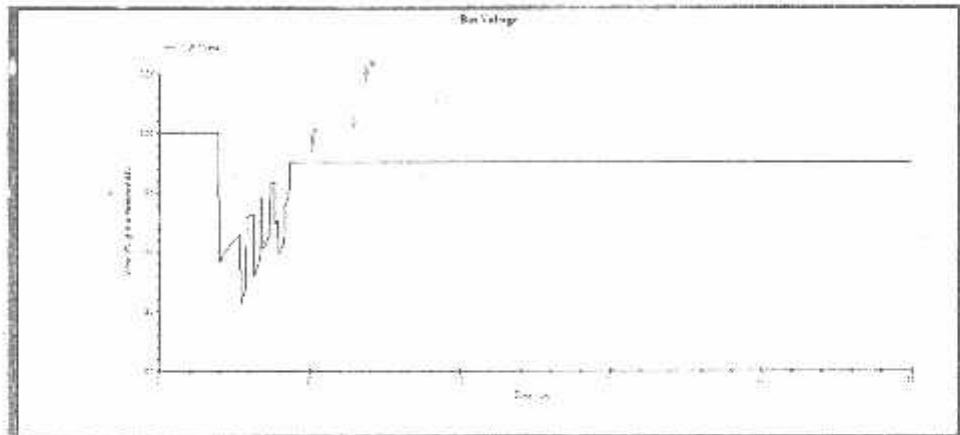


Autotrafo 50% motor pertama injection baru kapasitas 355 kW

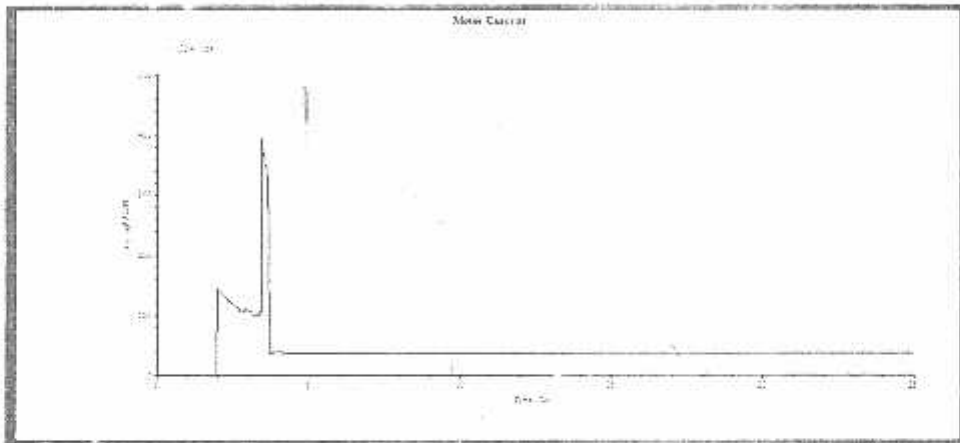
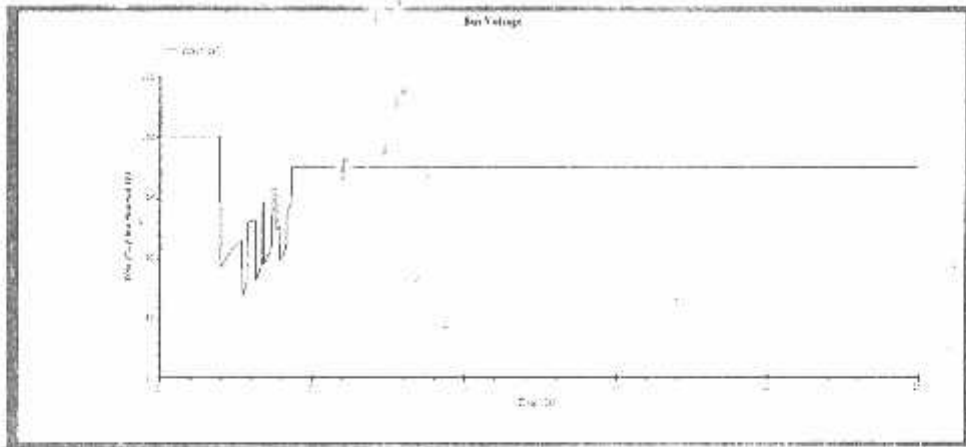




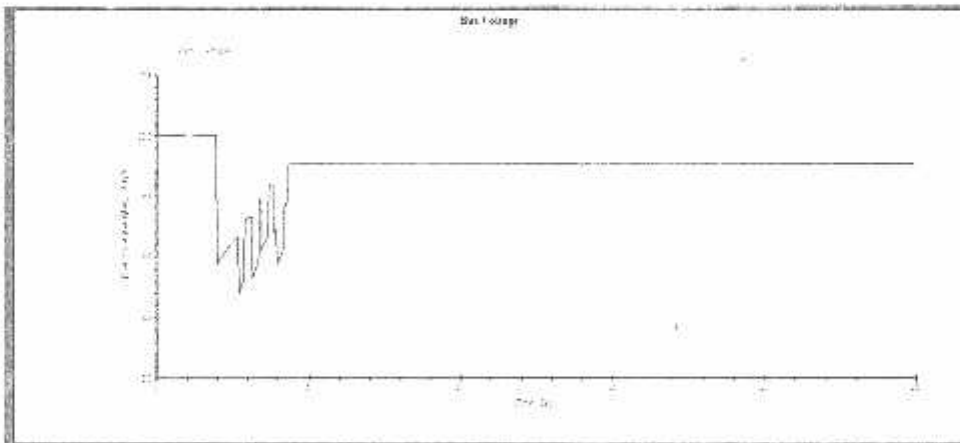
Autotrafo 50% motor kedua spray pond utara kapasitas 315 kW

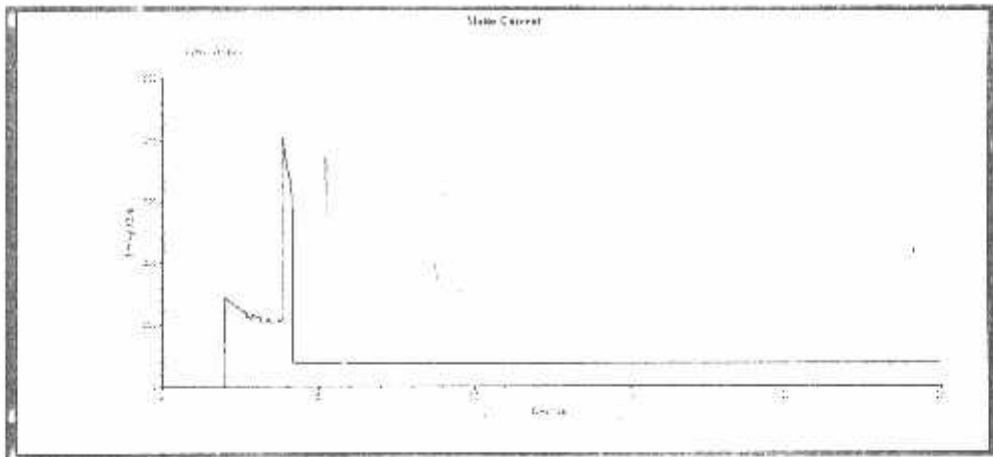


Autotrafo 50% motor ketiga injection selatan kapasitas 290 kW

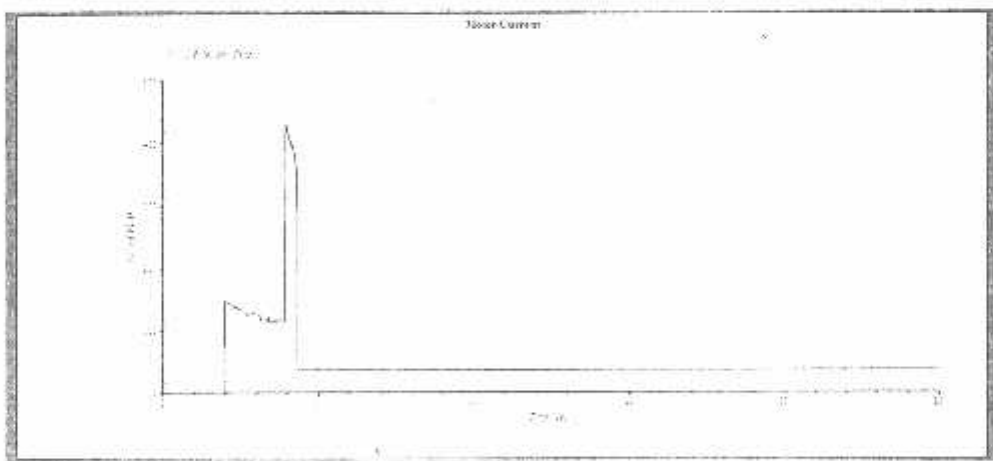
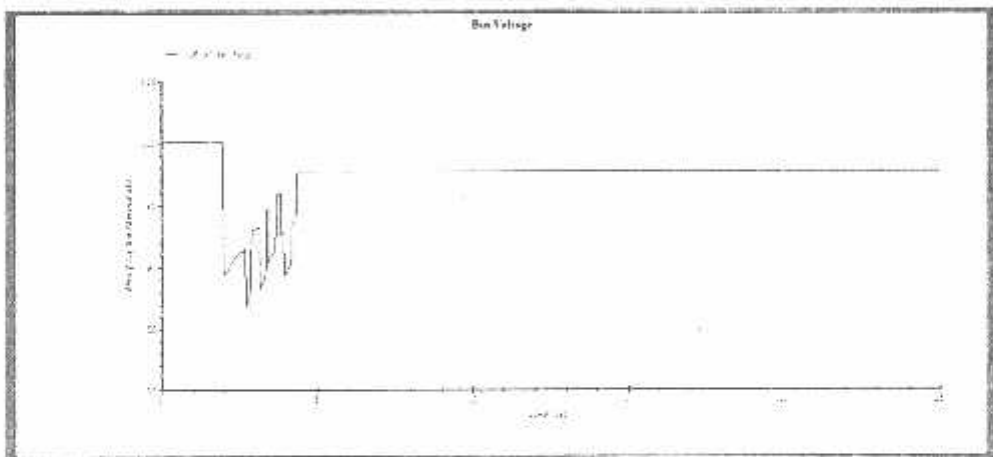


Autotrafo 50% motor keempat injection tengah kapasitas 216 kW

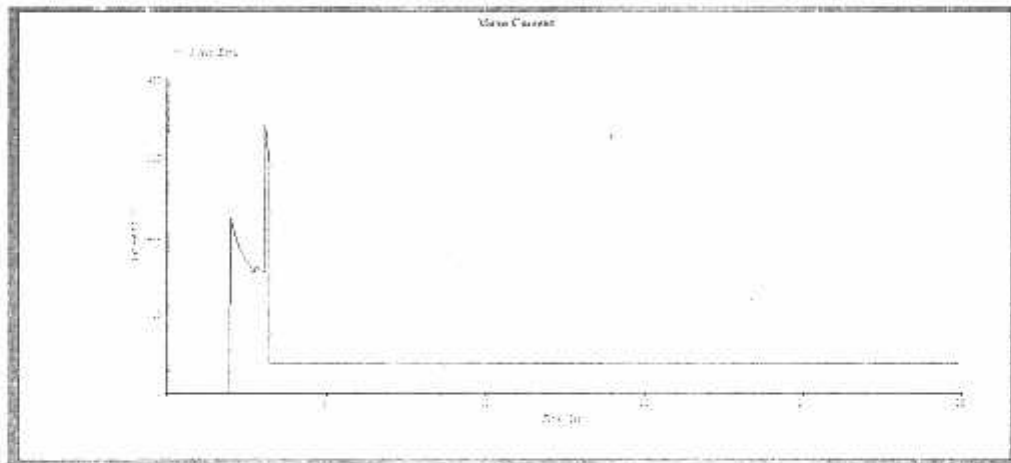
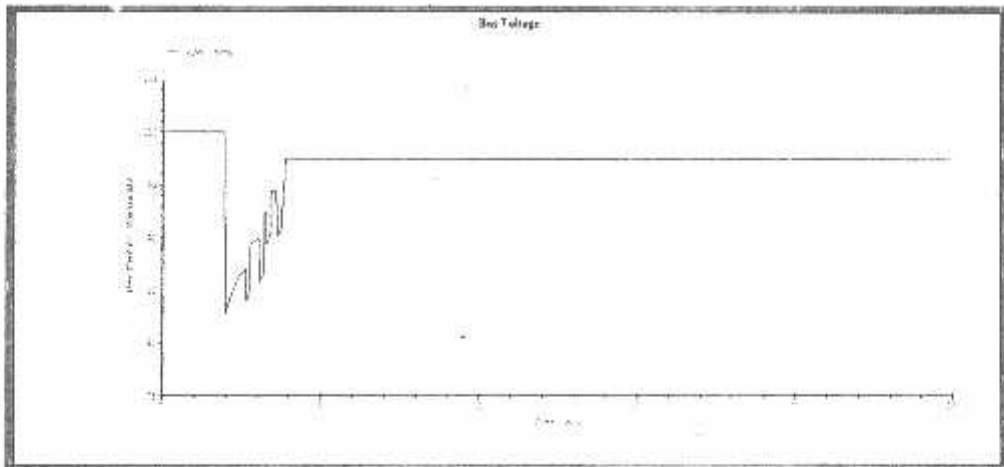




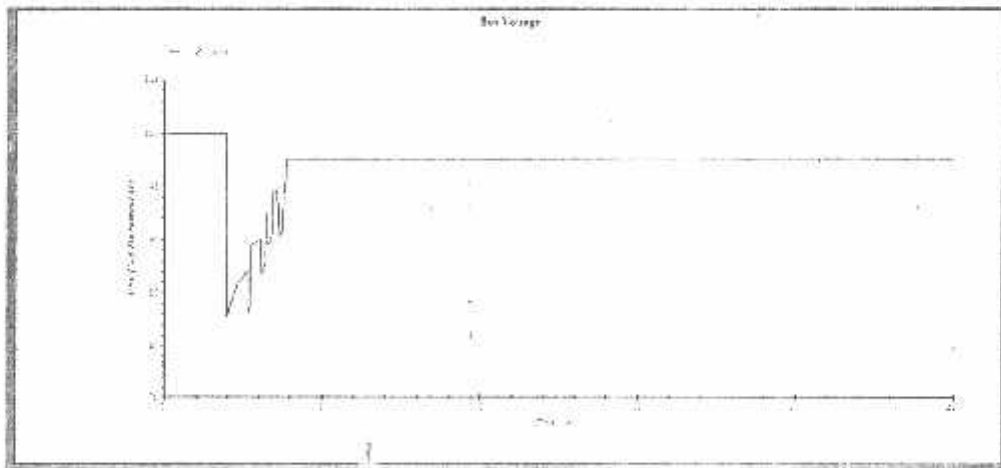
Autotrafo 50% motor kelima sp. Selatan dan tengah kapasitas 190 kW

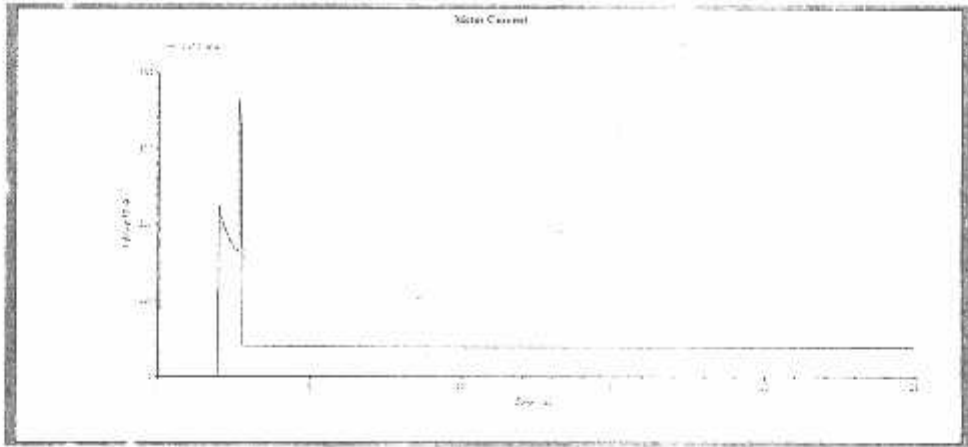


Autotrafo 65% motor pertama injection baru kapasitas 355 kW

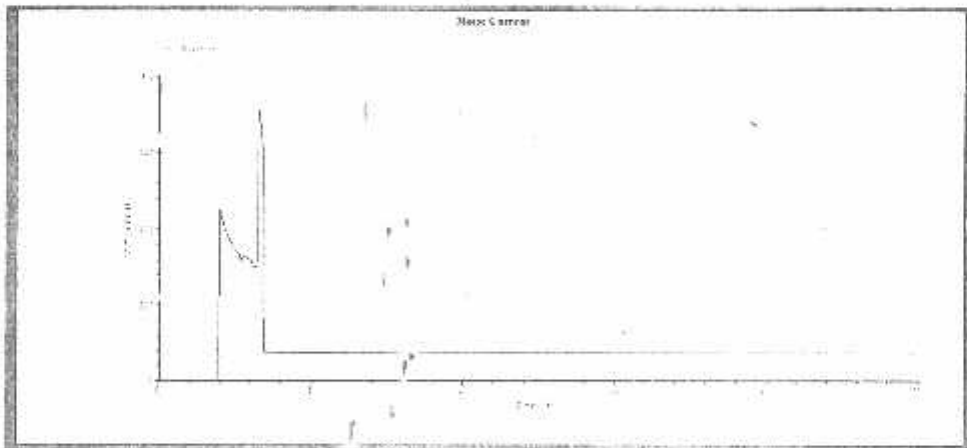
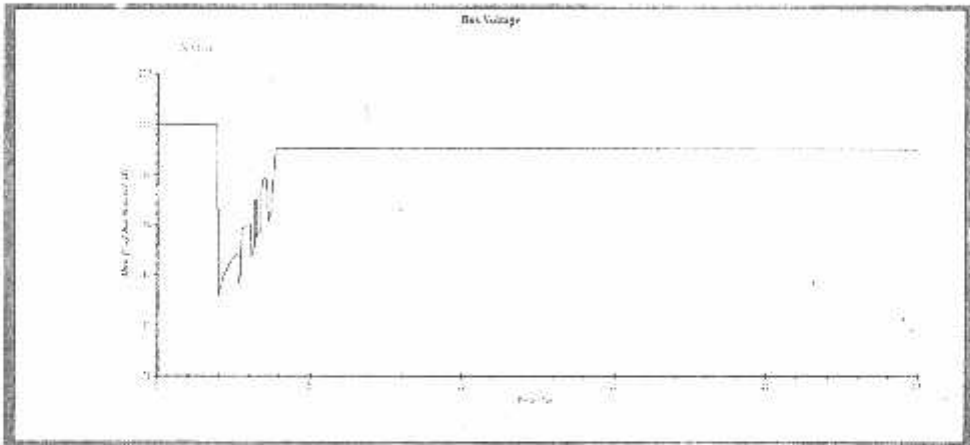


Autotrafo 65% motor kedua spray pond utara kapasitas 315 kW

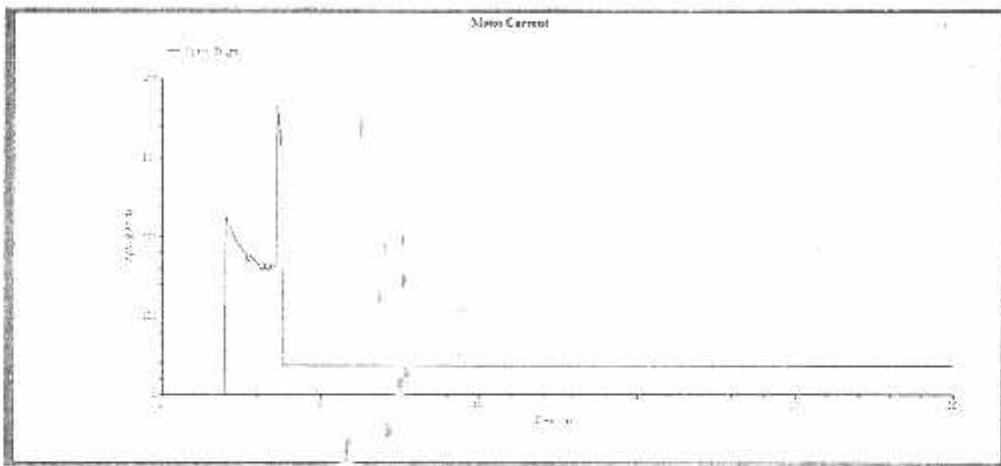
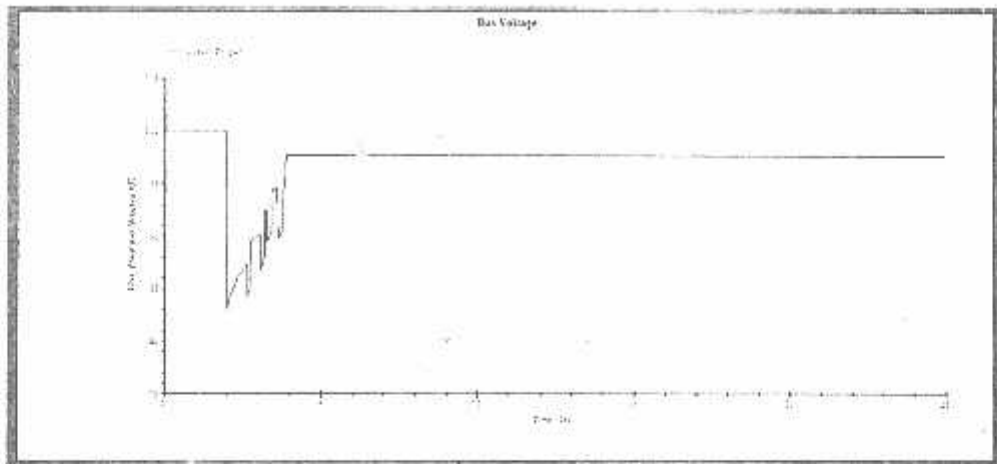




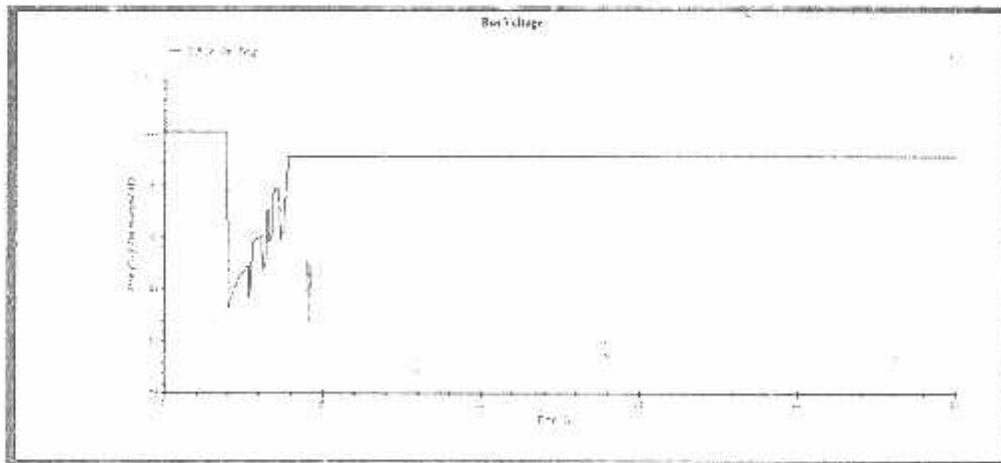
Autotrafo 65% motor ketiga injection selatan kapasitas 290 kW

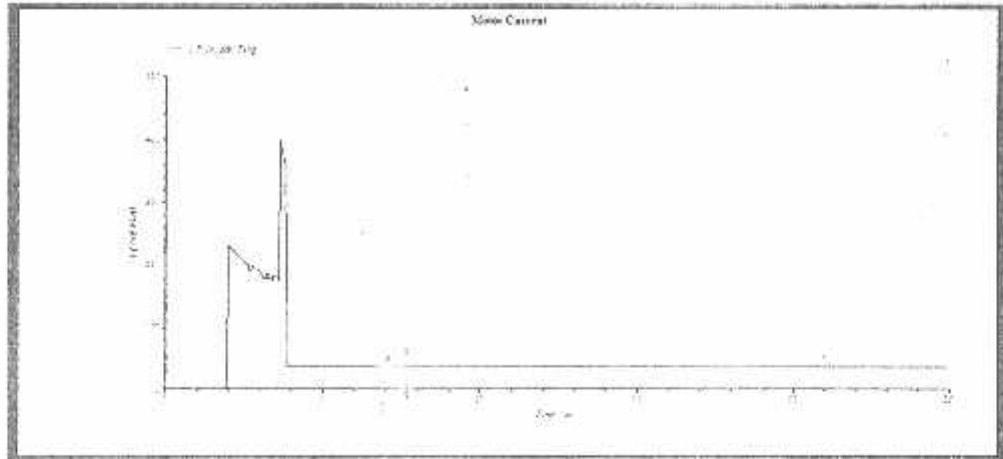


Autotrafo 65% motor keempat injection tengah kapasitas 216 kW

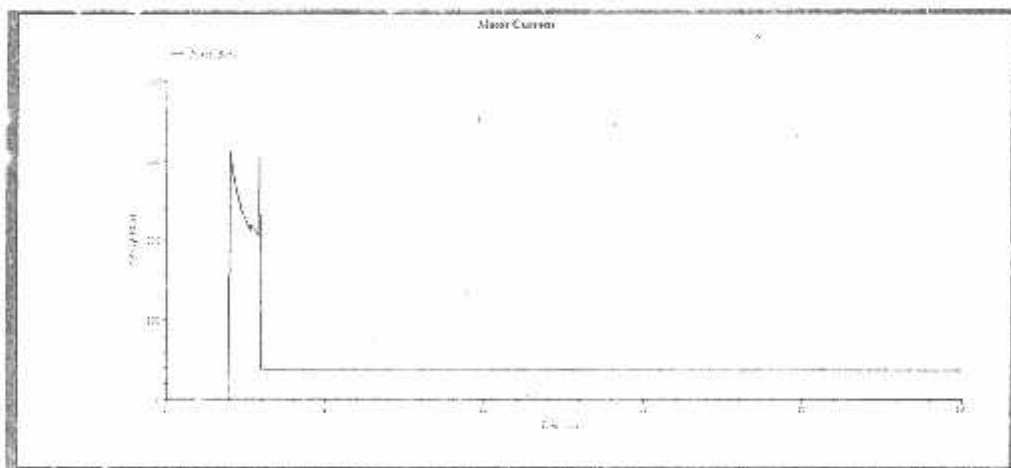
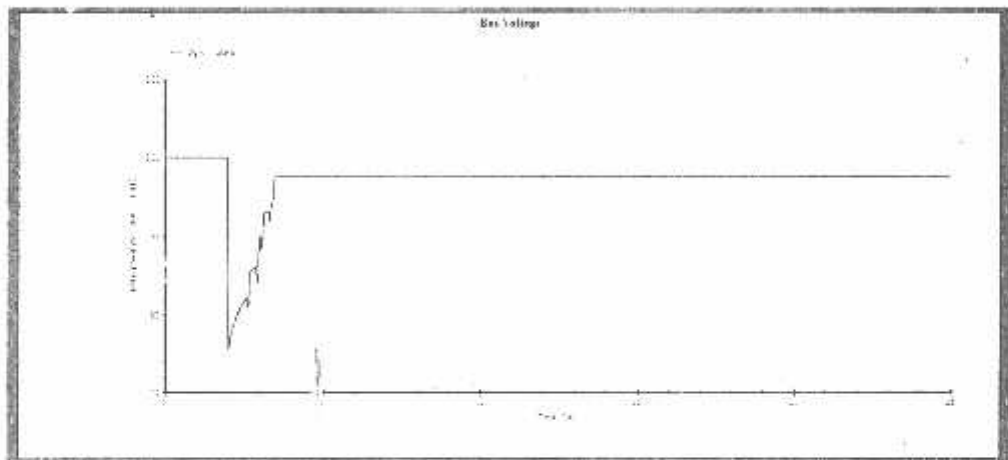


Autotrafo 65% motor kelima sp. Selatan dan tengah kapasitas 190 kW

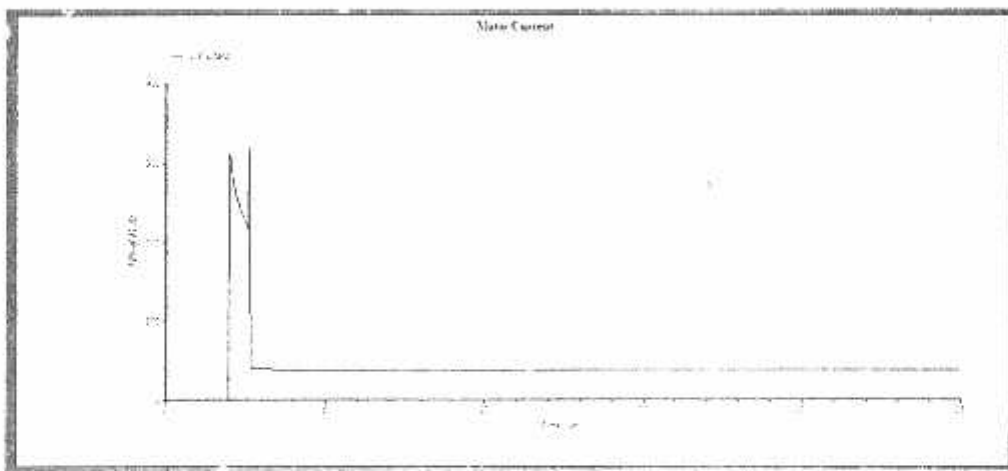
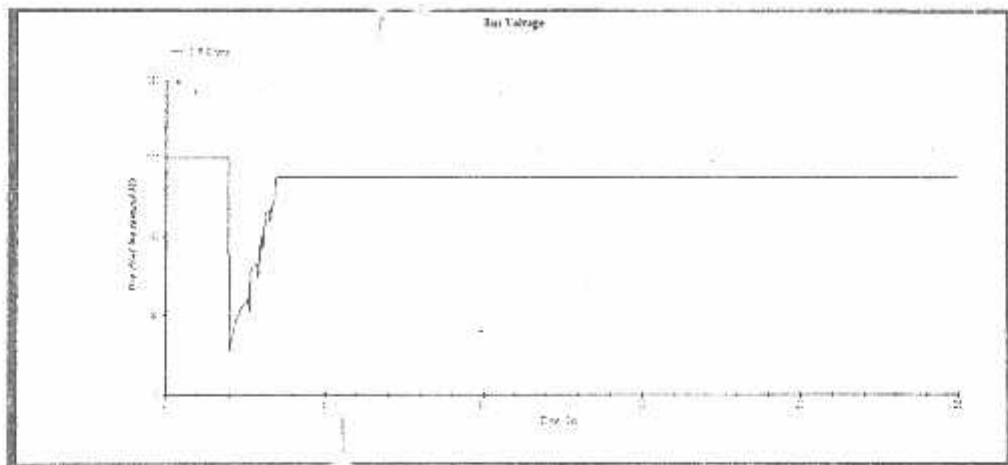




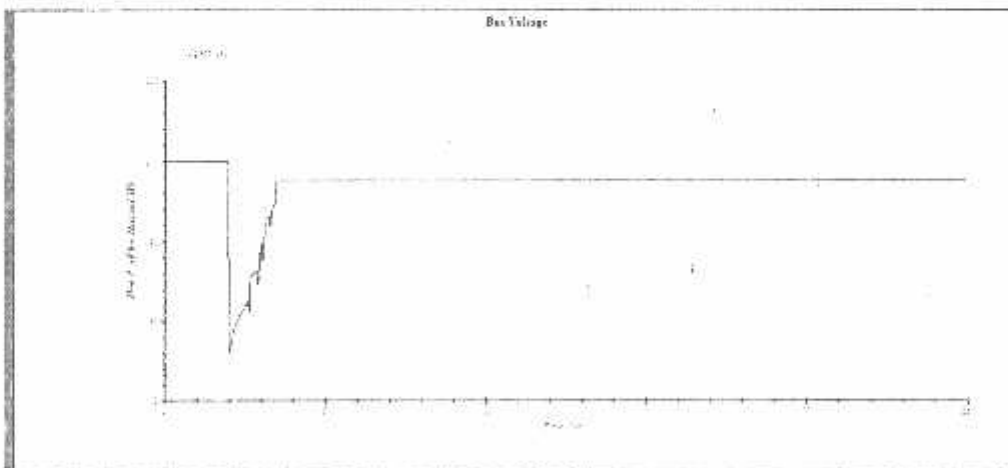
Autotrafo 80% motor pertama injection baru kapasitas 355 kW

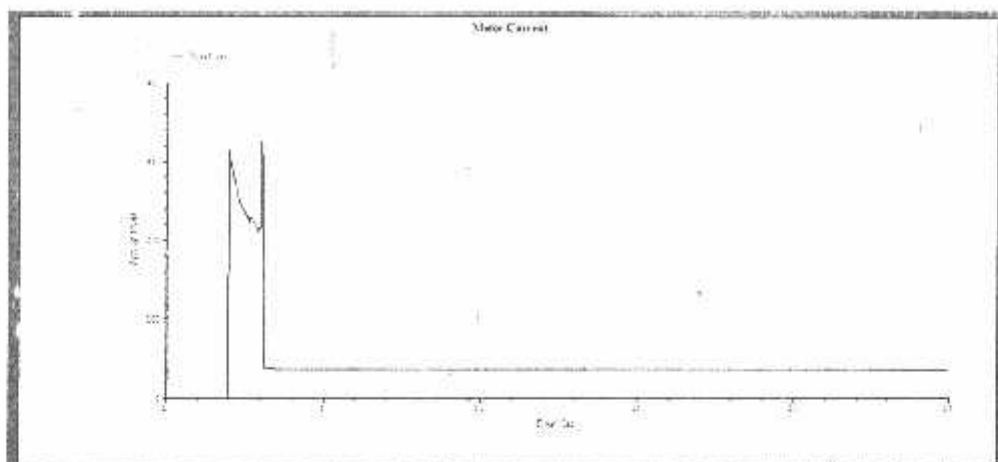


Autotrafo 80% motor kedua spray pond utara kapasitas 315 kW

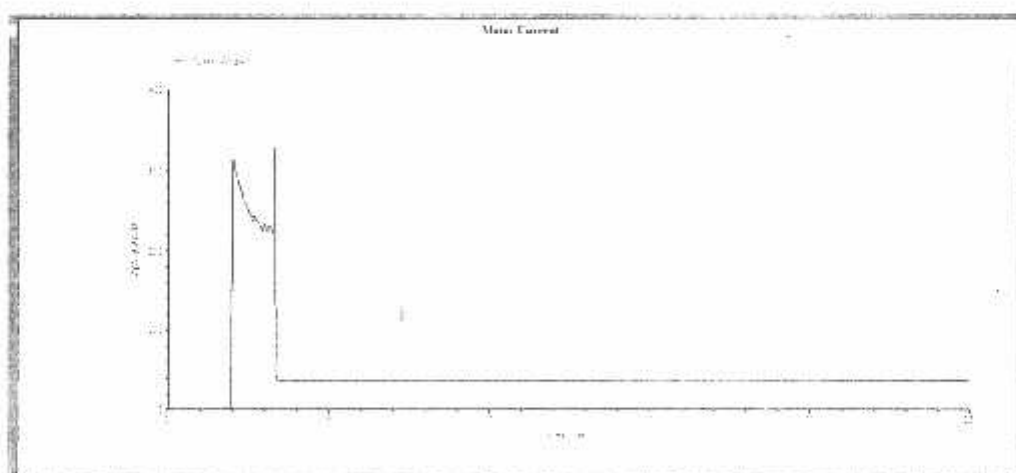
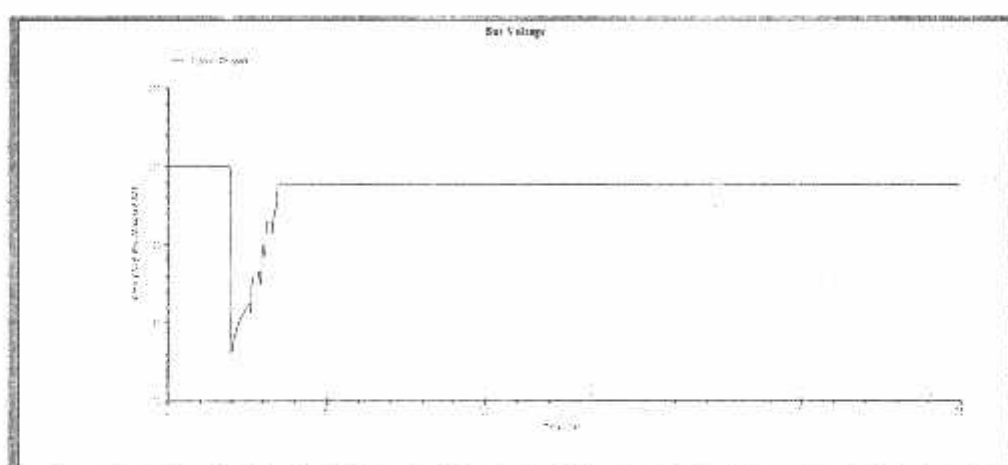


Autotrafo 80% motor ketiga injection selatan kapasitas 290 kW

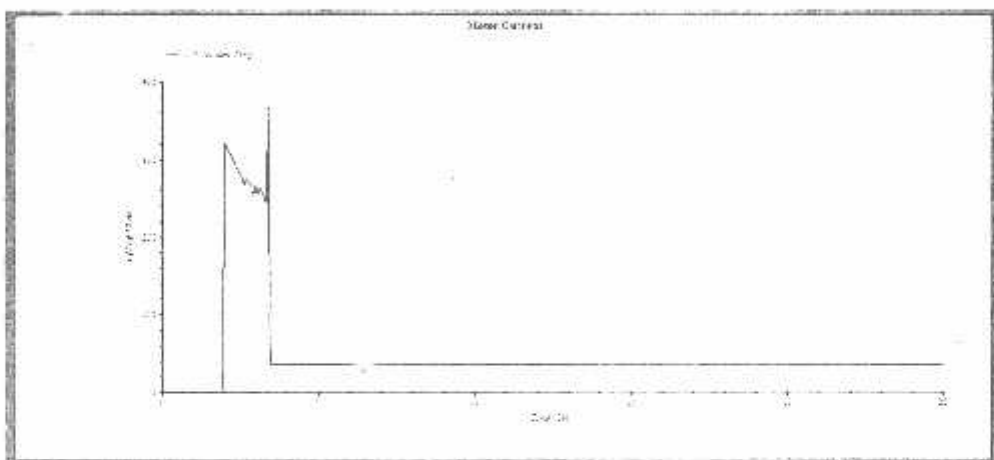
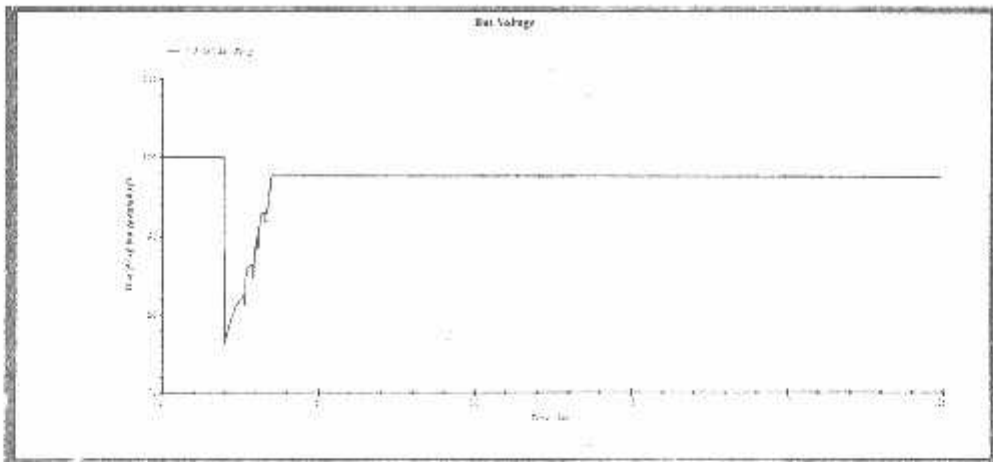




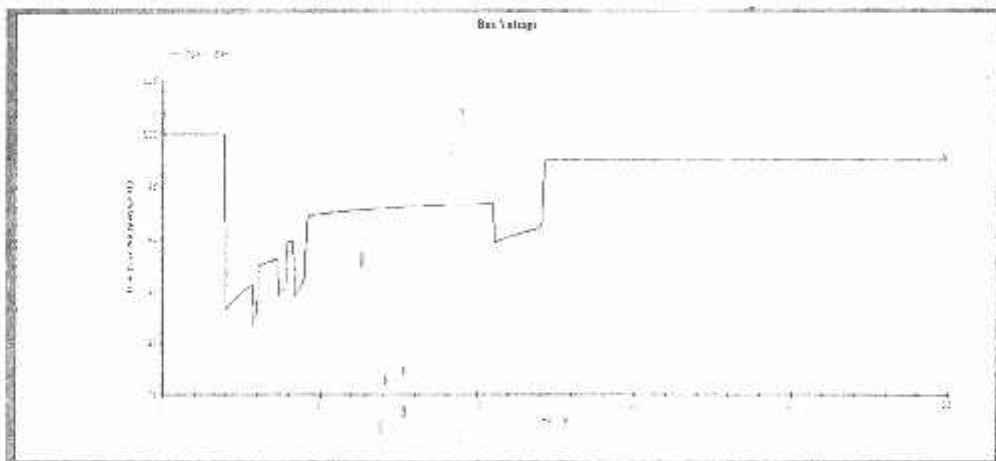
Autotrafo 80% motor kecepat injection tengah kapasitas 216 kW



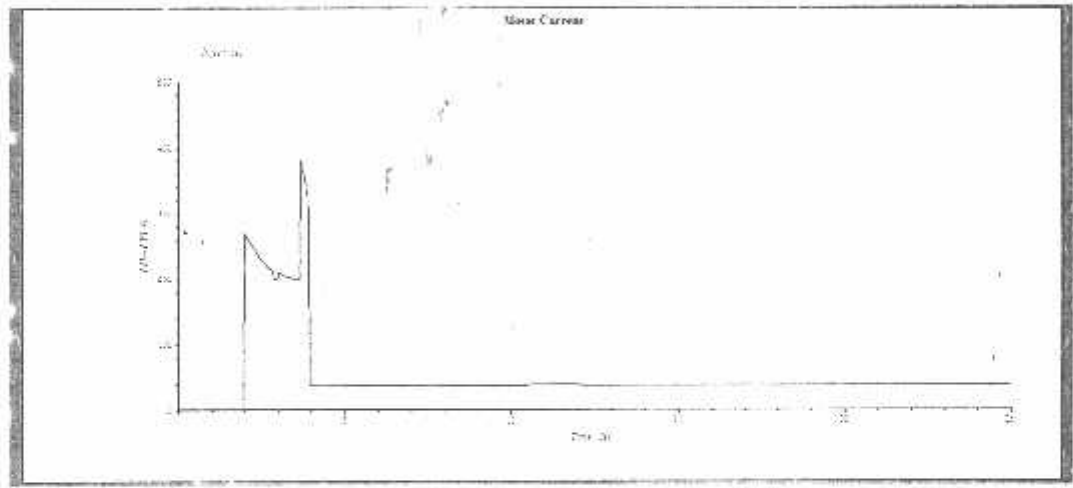
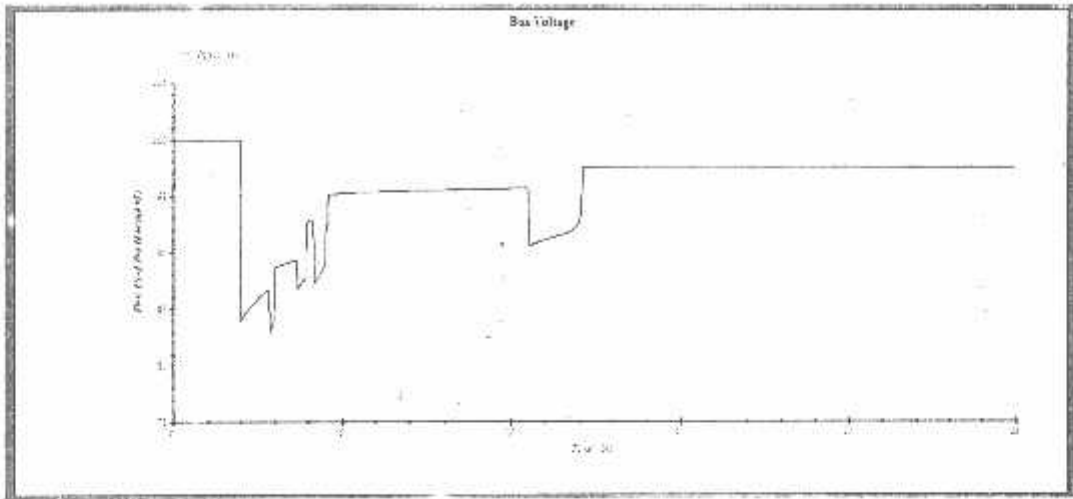
Autotrafo 80% motor kelima sp. Selatan dan tengah kapasitas 190 kW



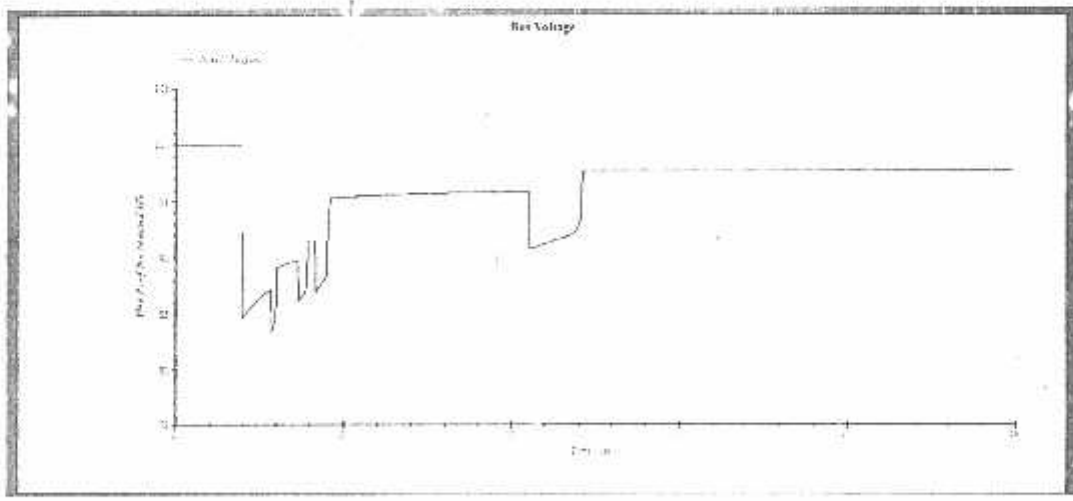
Resistor motor pertama injection baru kapasitas 355 kW

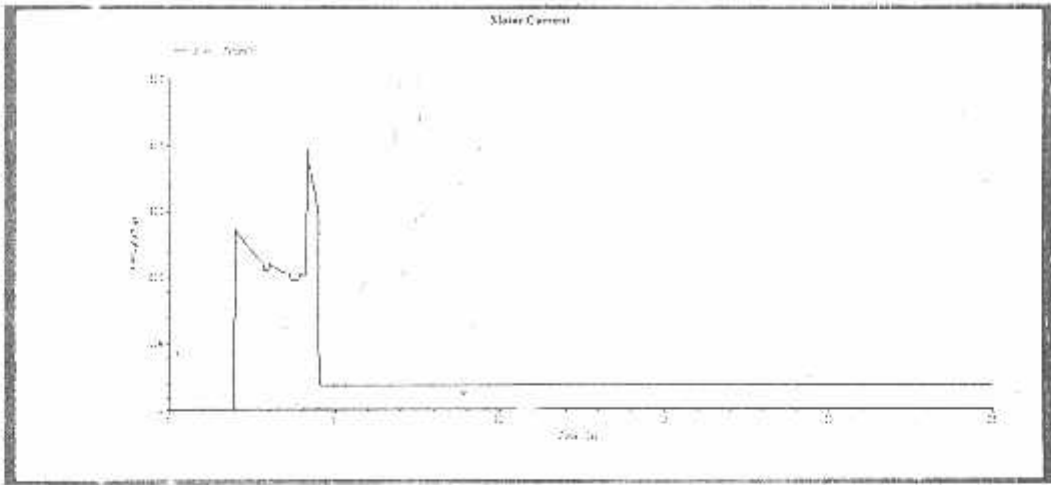


Resistor motor ketiga injection selatan kapasitas 290 kW

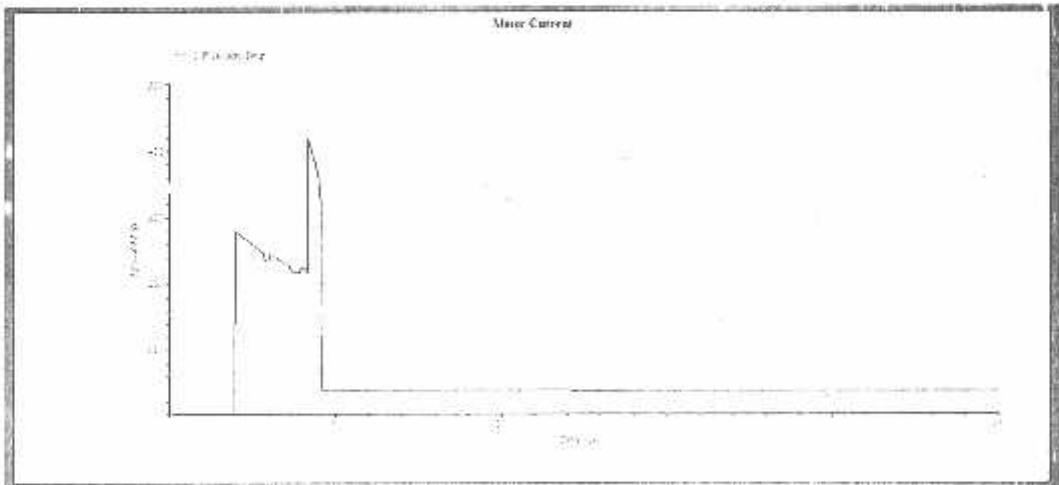
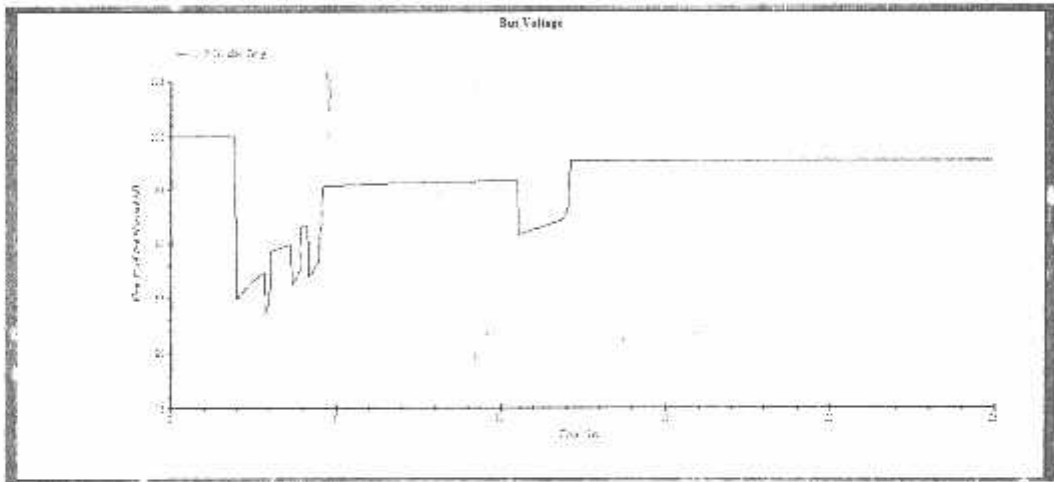


Resistor motor keempat injection tengah kapasitas 216 kW

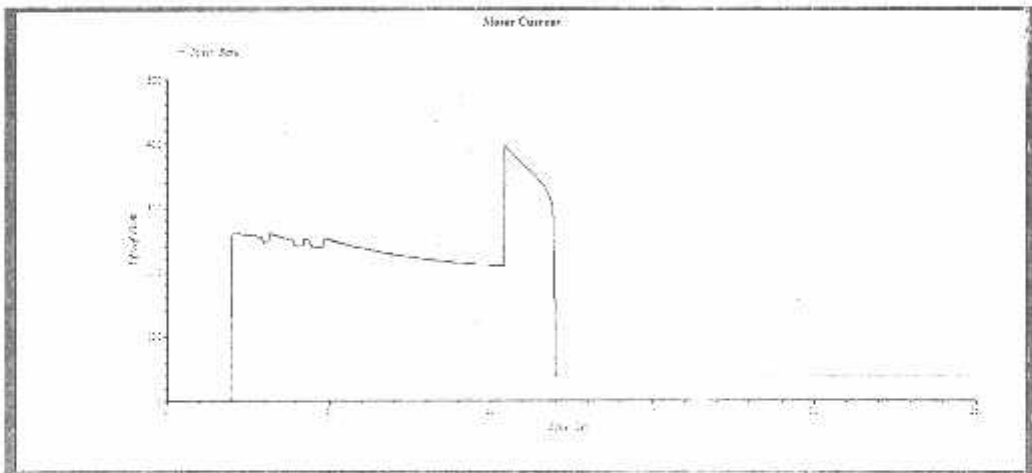
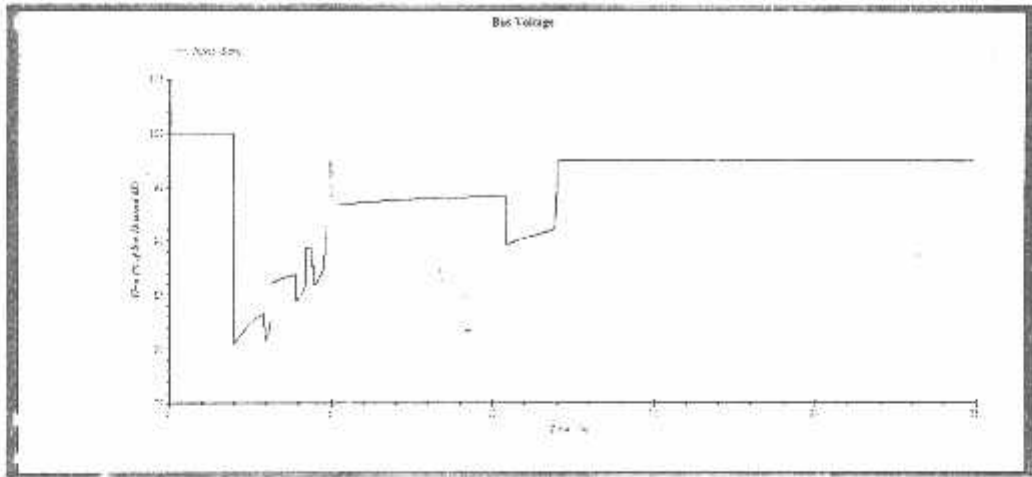




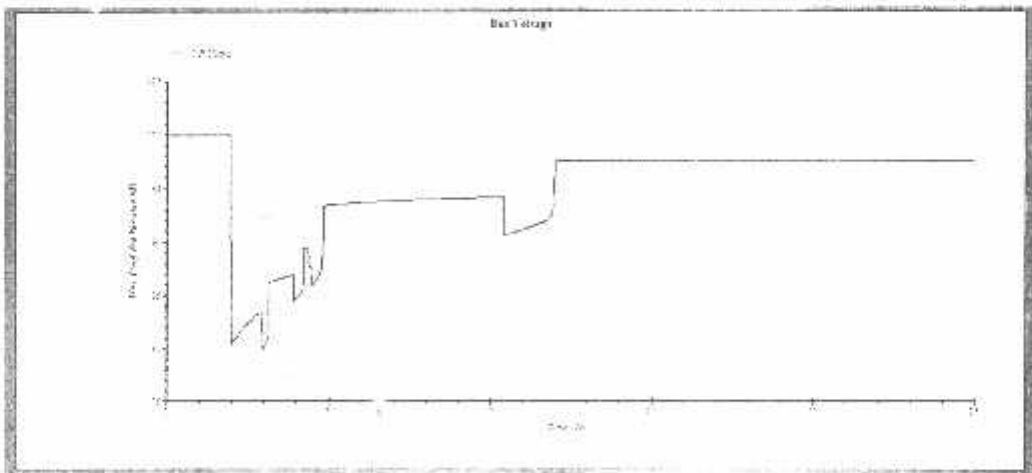
Resistor motor kelima sp. Selatan dan tengah kapasitas 190 kW

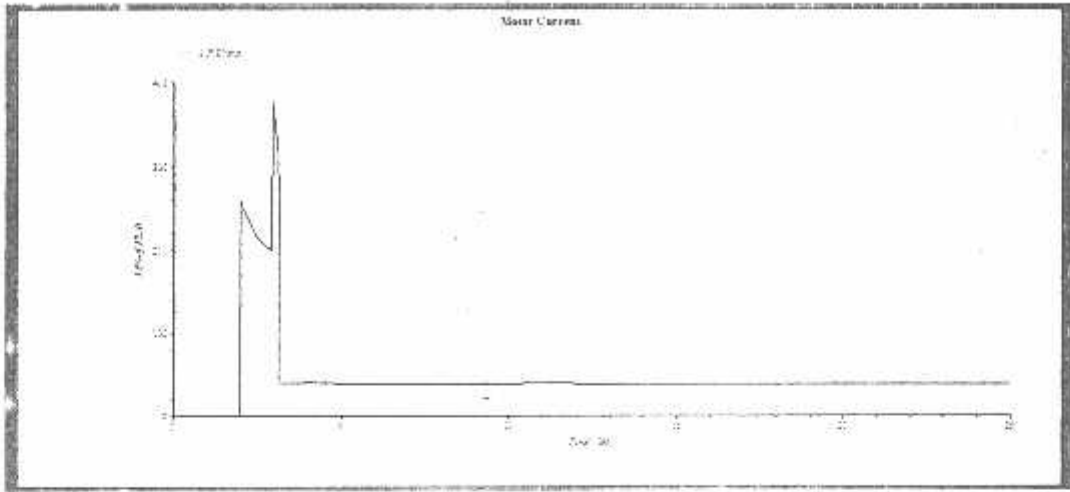


Reactor motor pertama injection baru kapasitas 355 kW

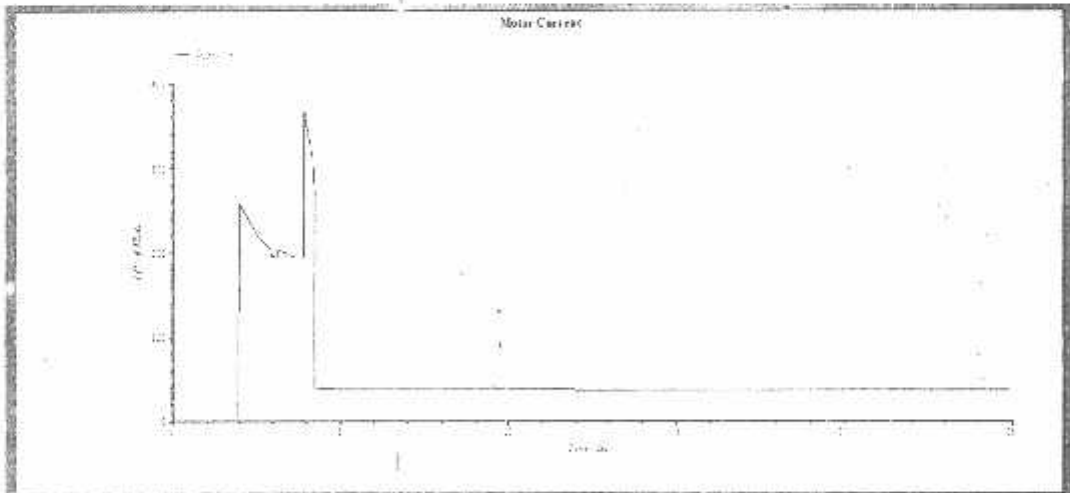
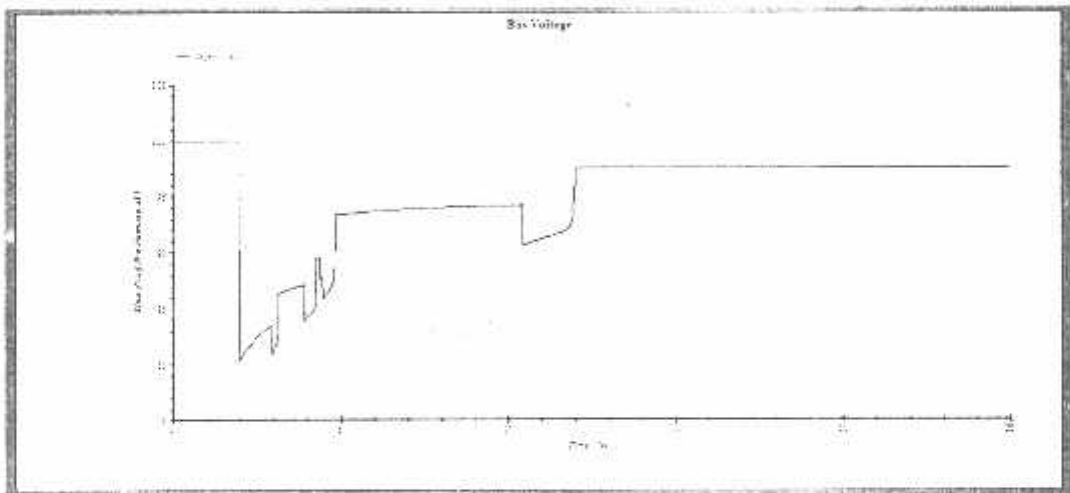


Reactor motor kedua spray pond utara kapasitas 315 kW

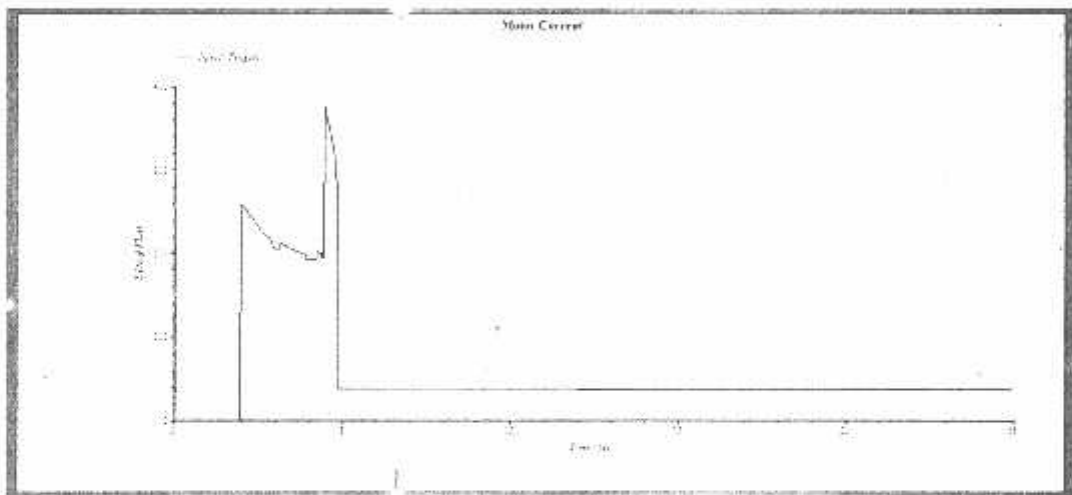
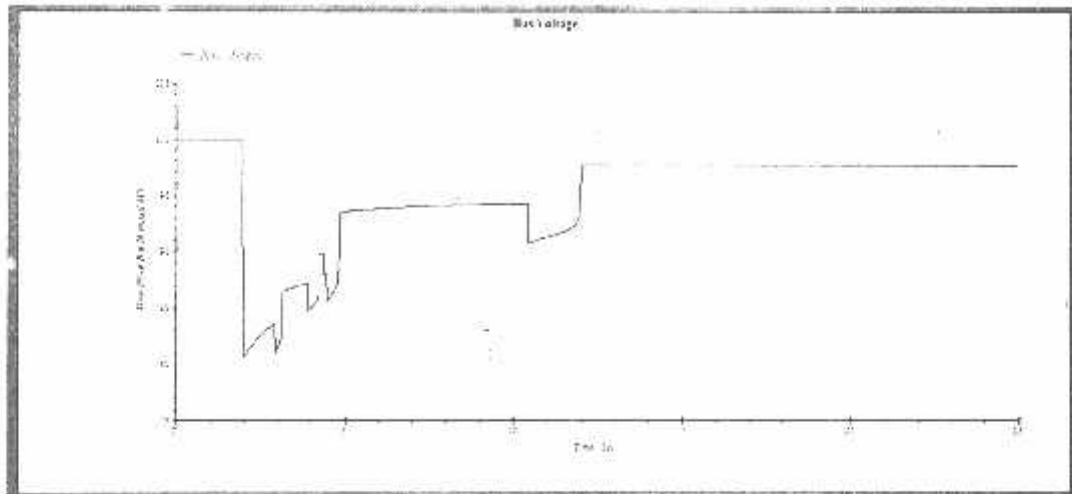




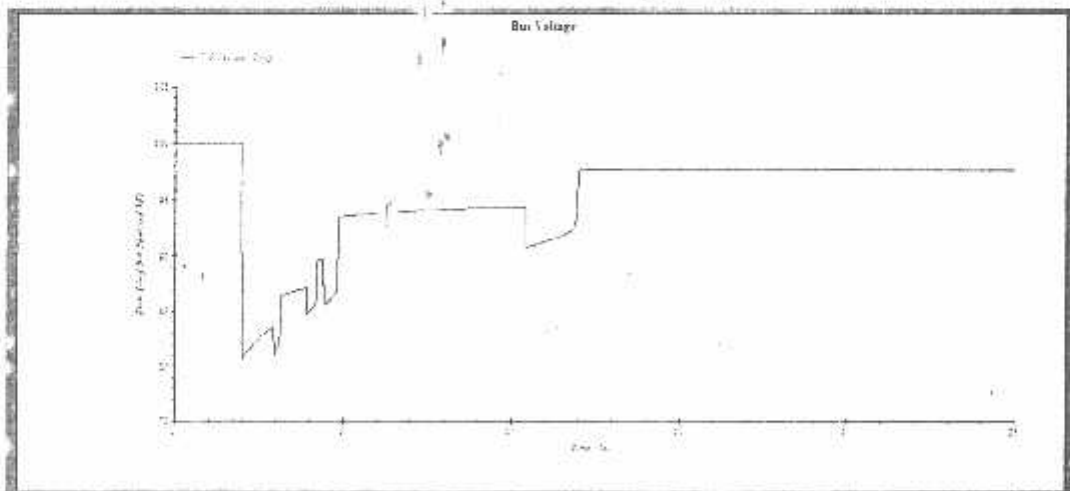
Reactor motor ketiga injection selatan kapasitas 290 kW



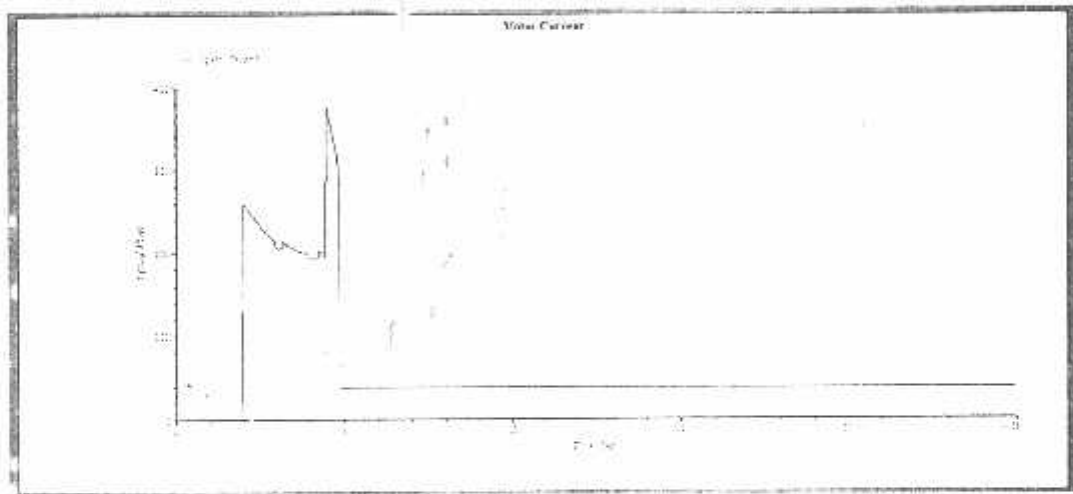
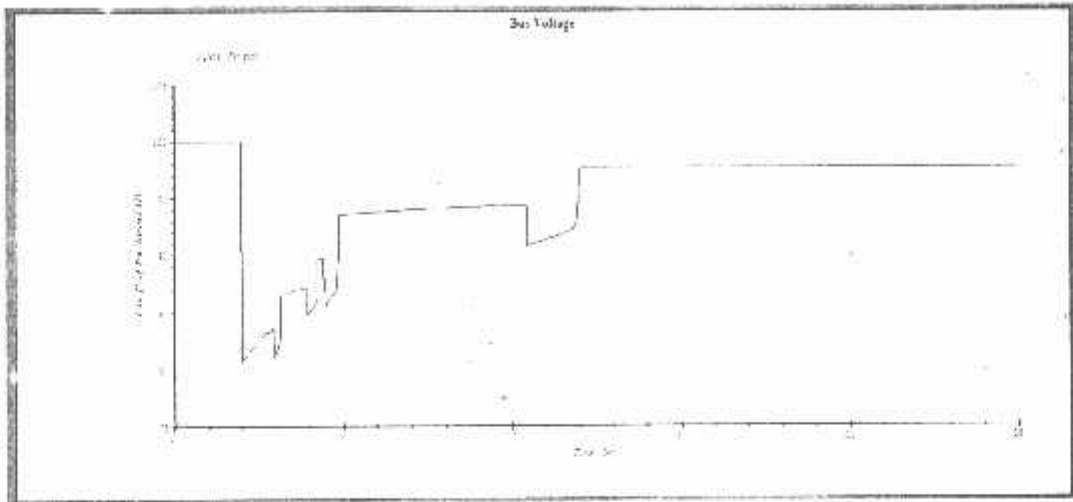
Reactor motor keempat injection tengah kapasitas 216 kW



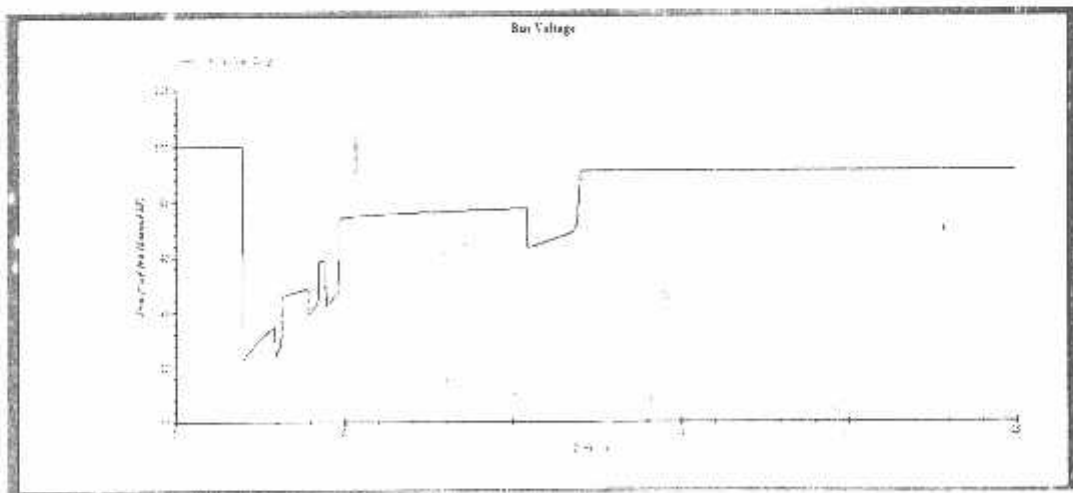
Reactor motor kelima sp. Selatan dan tengah kapasitas 190 kW



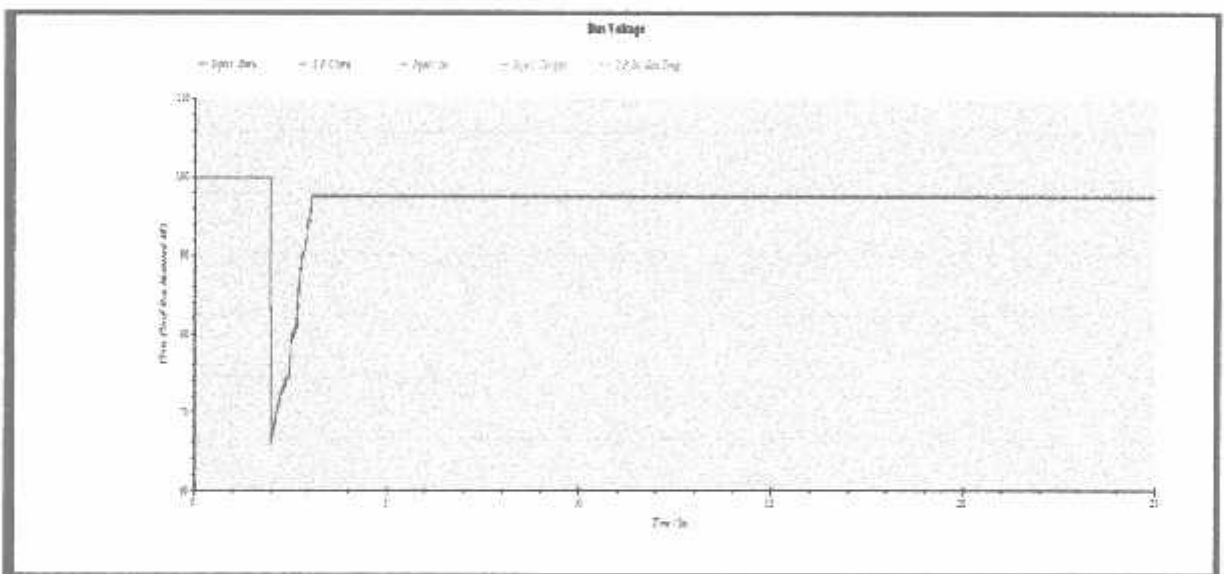
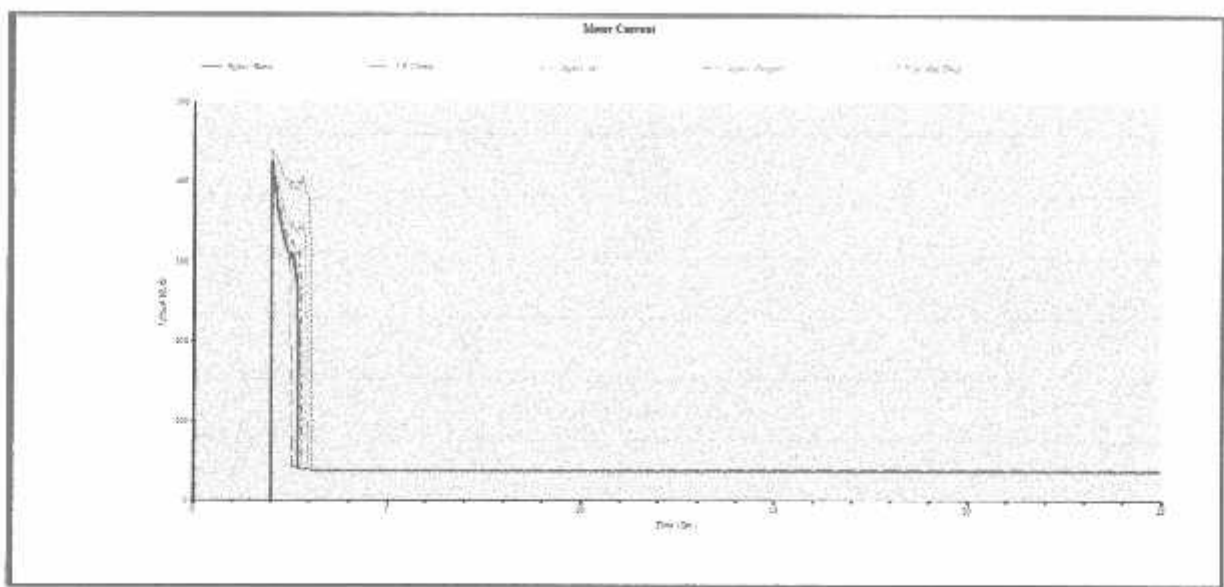
Reactor motor keempat injection tengah kapasitas 216 kW



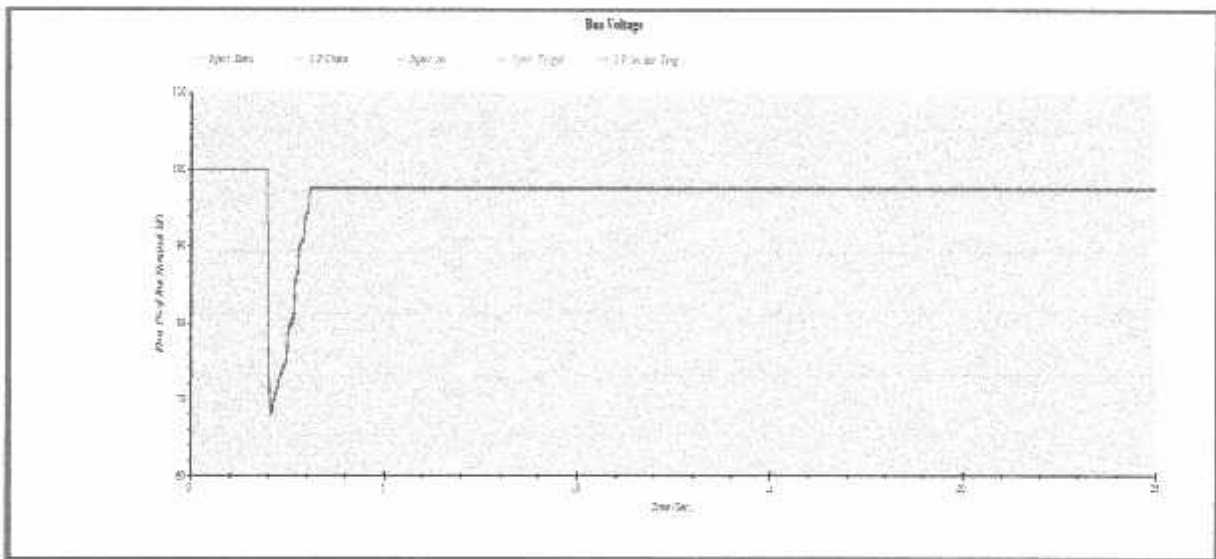
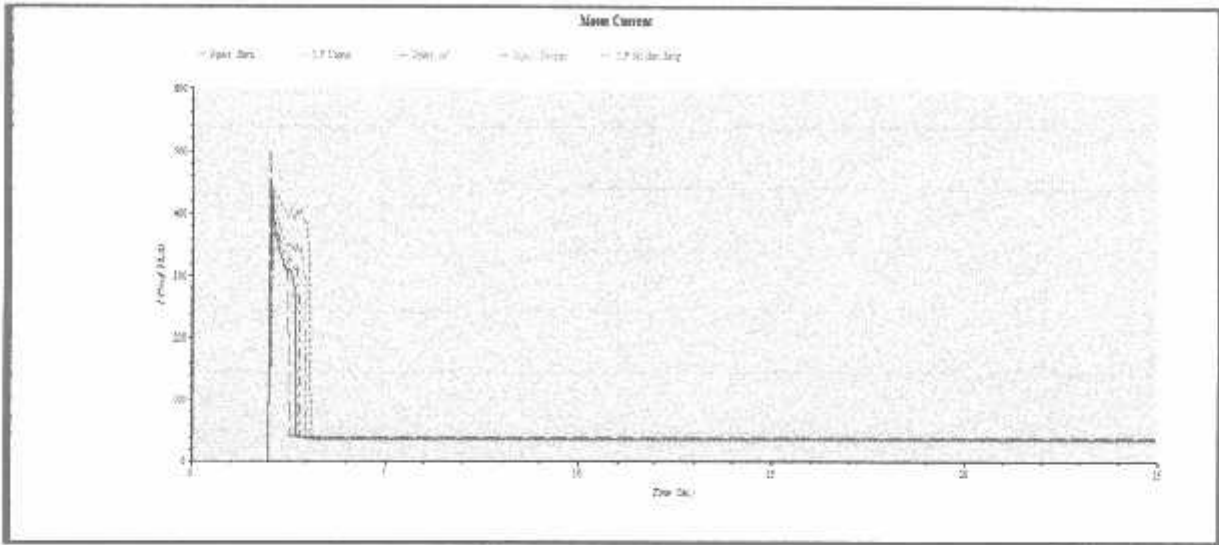
Reactor motor kelima sp. Selatan dan tengah kapasitas 190 kW



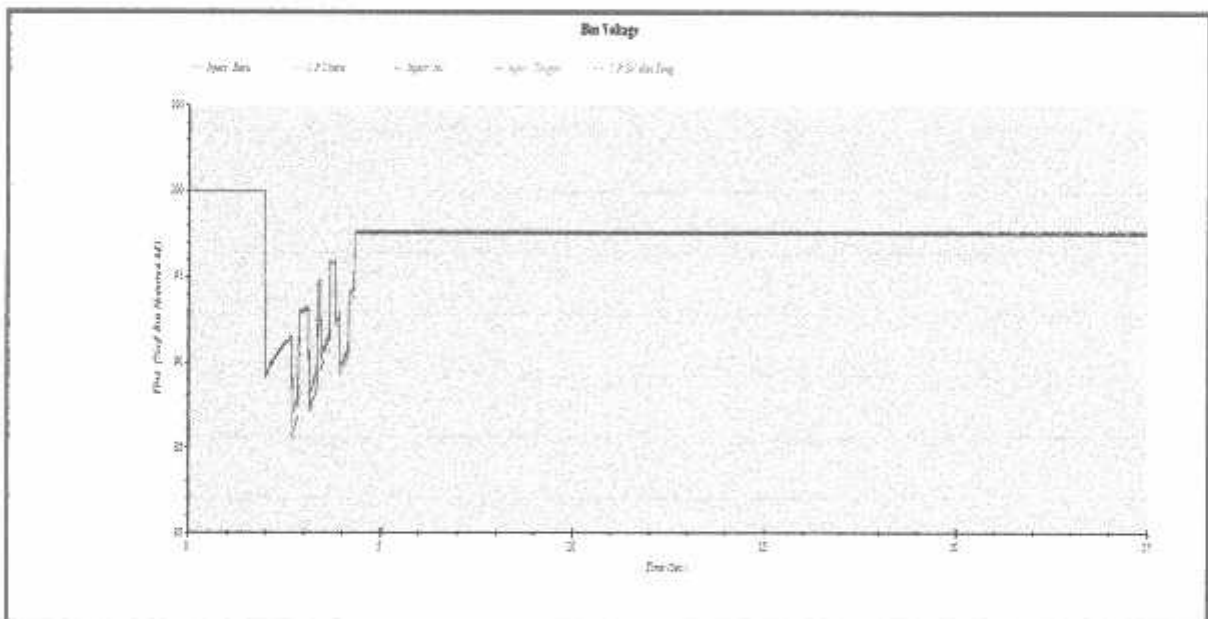
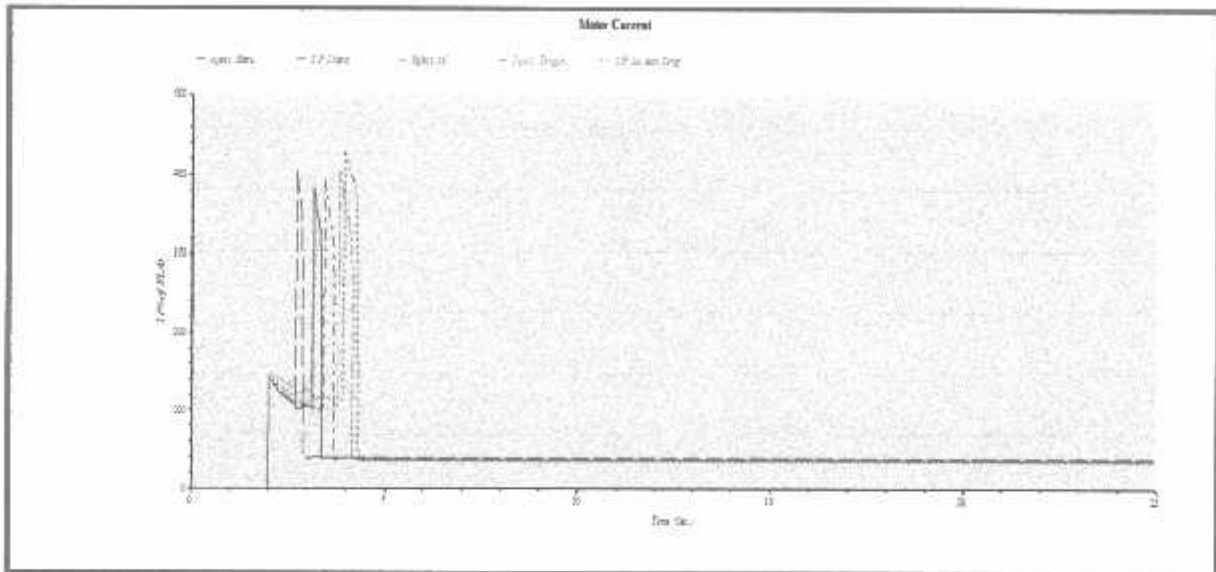
Pengasutan Doi semua



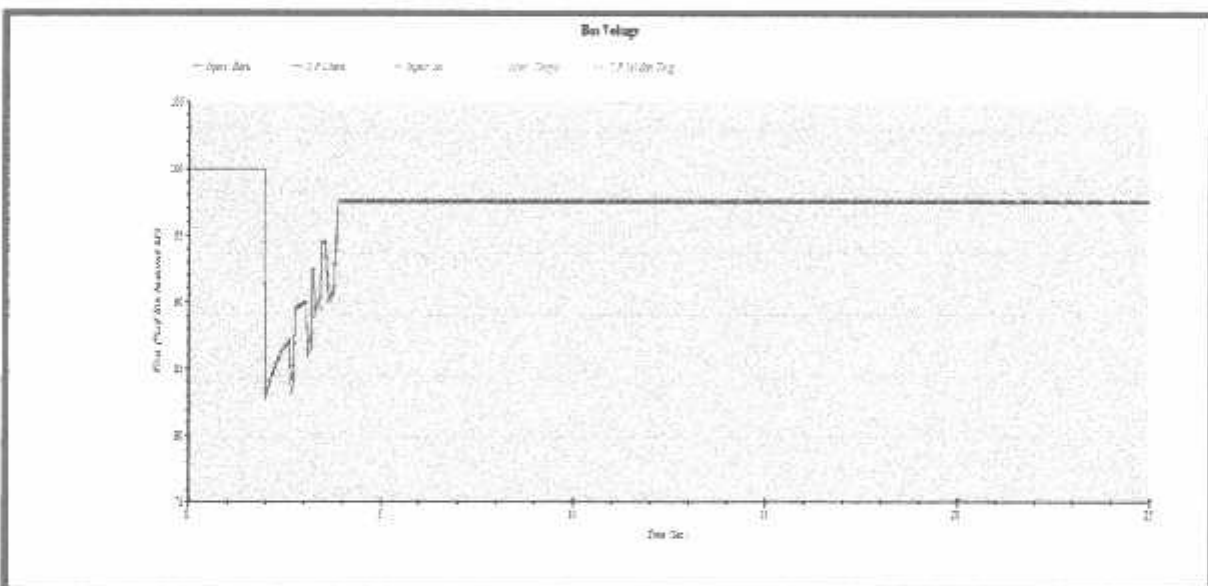
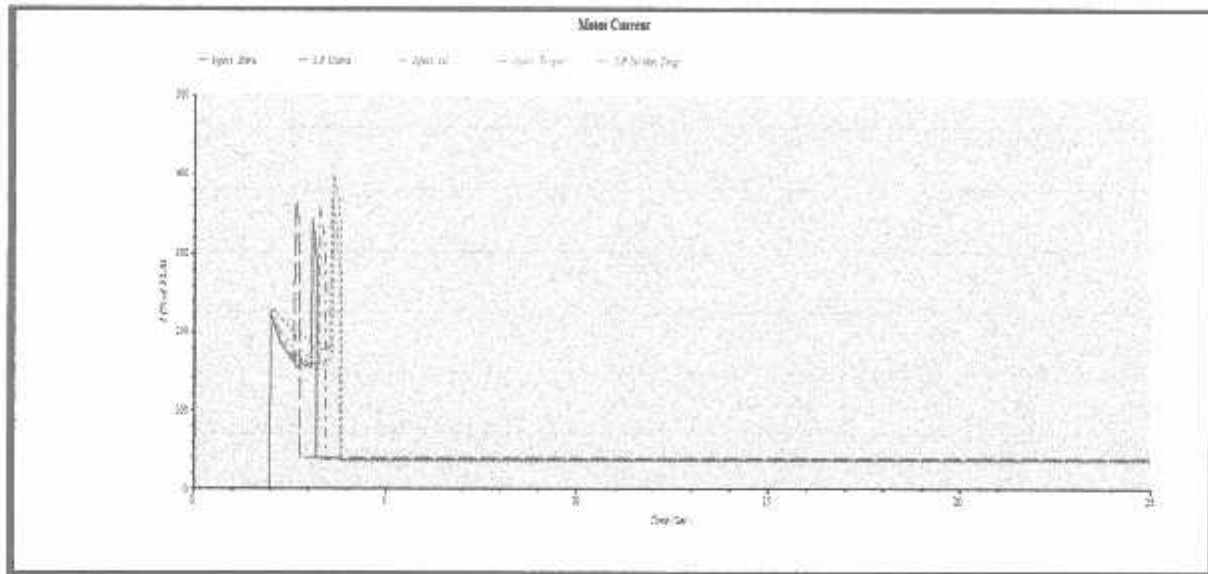
Pengasutan star delta



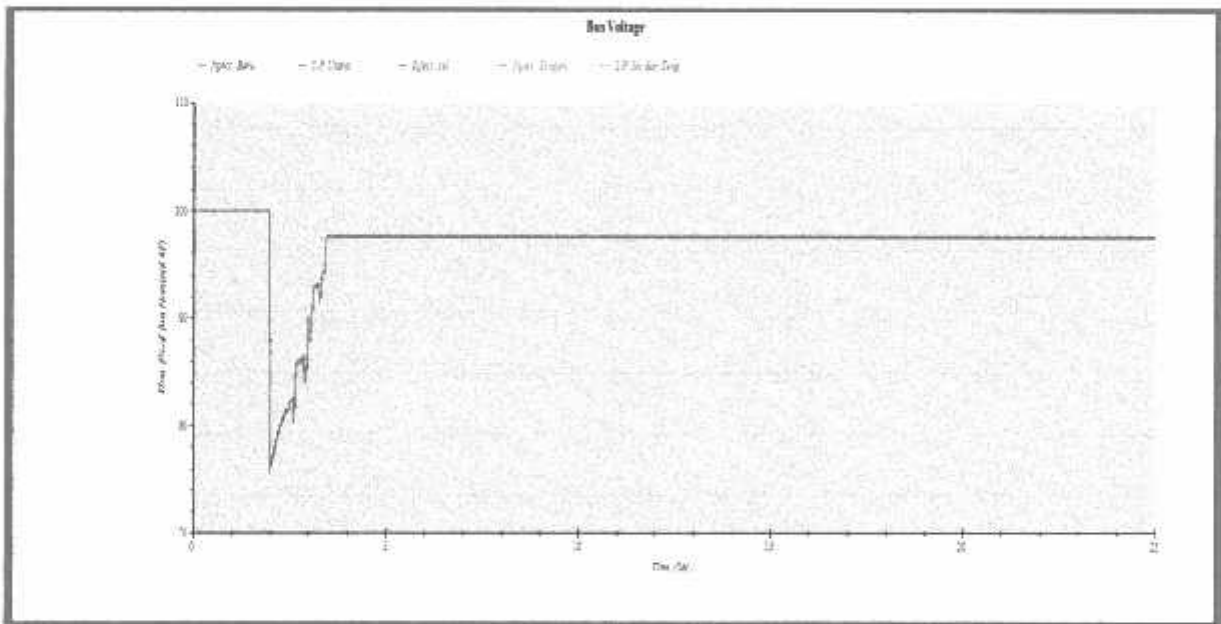
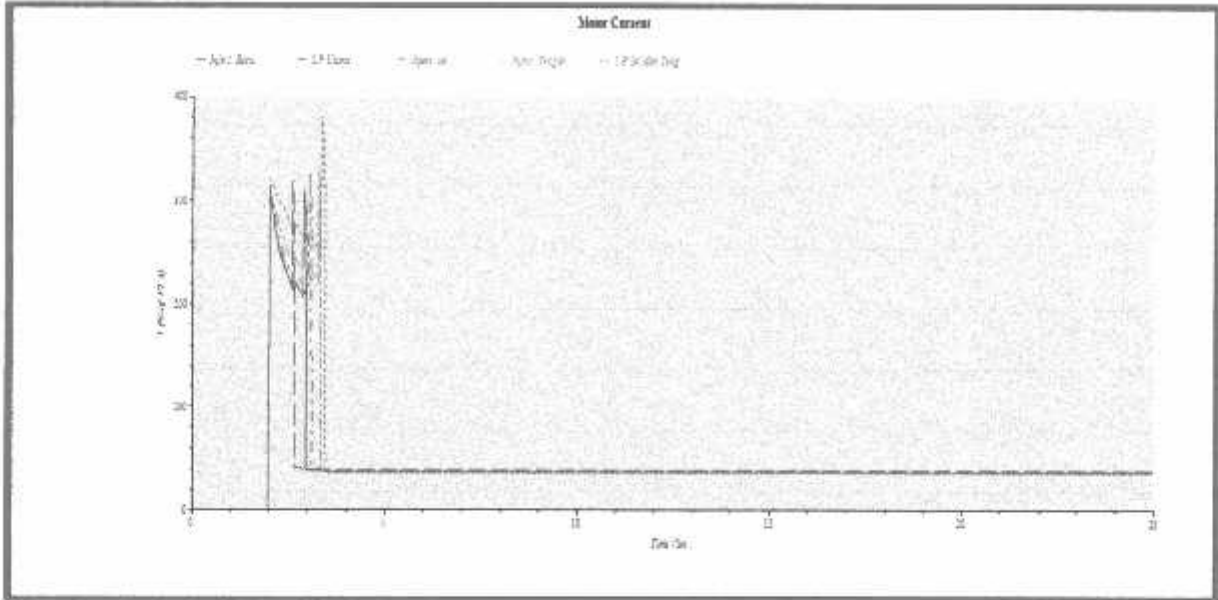
Pengasutan auto trafo 50%



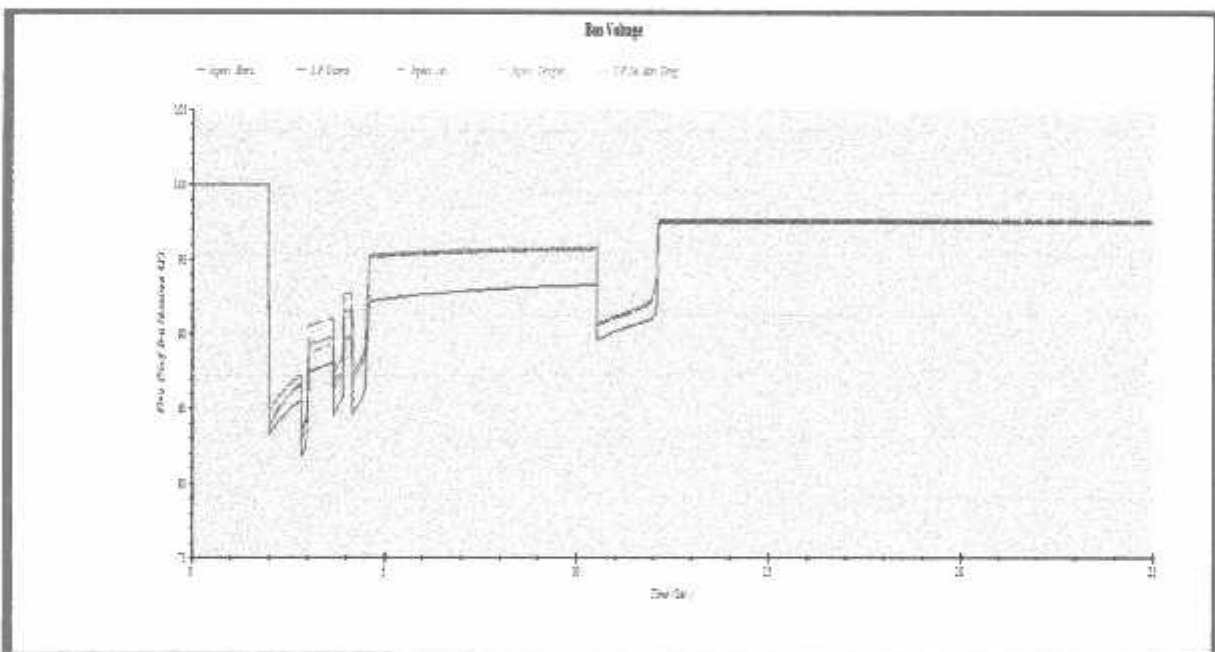
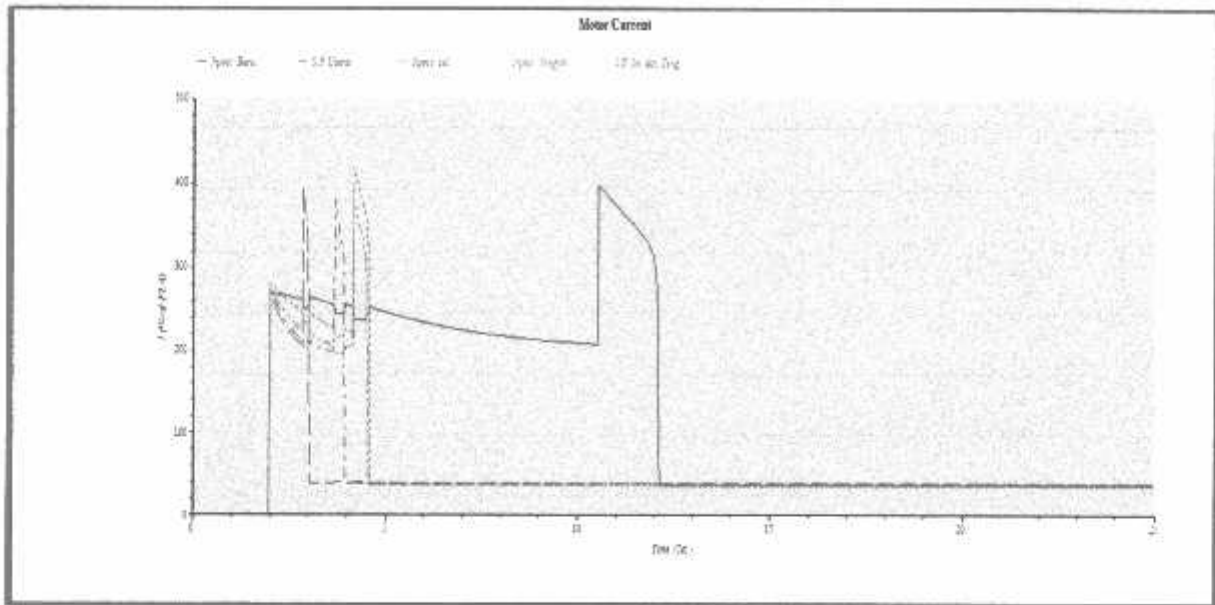
Pengasutan auto trafo 65%



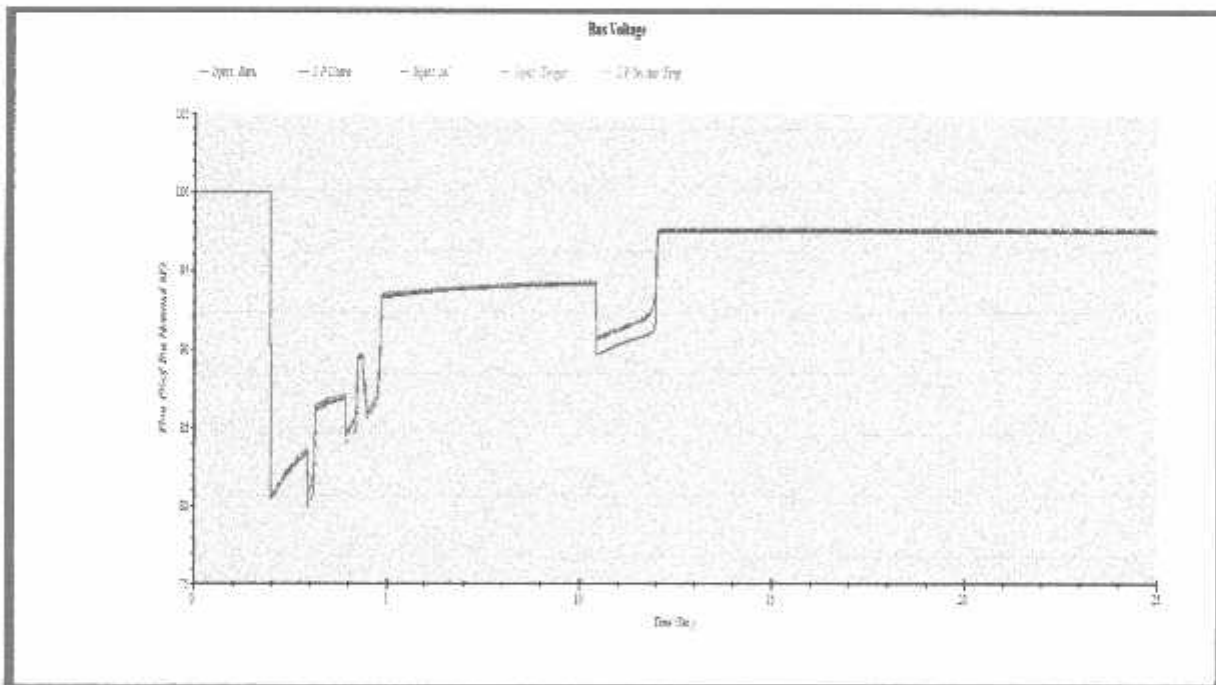
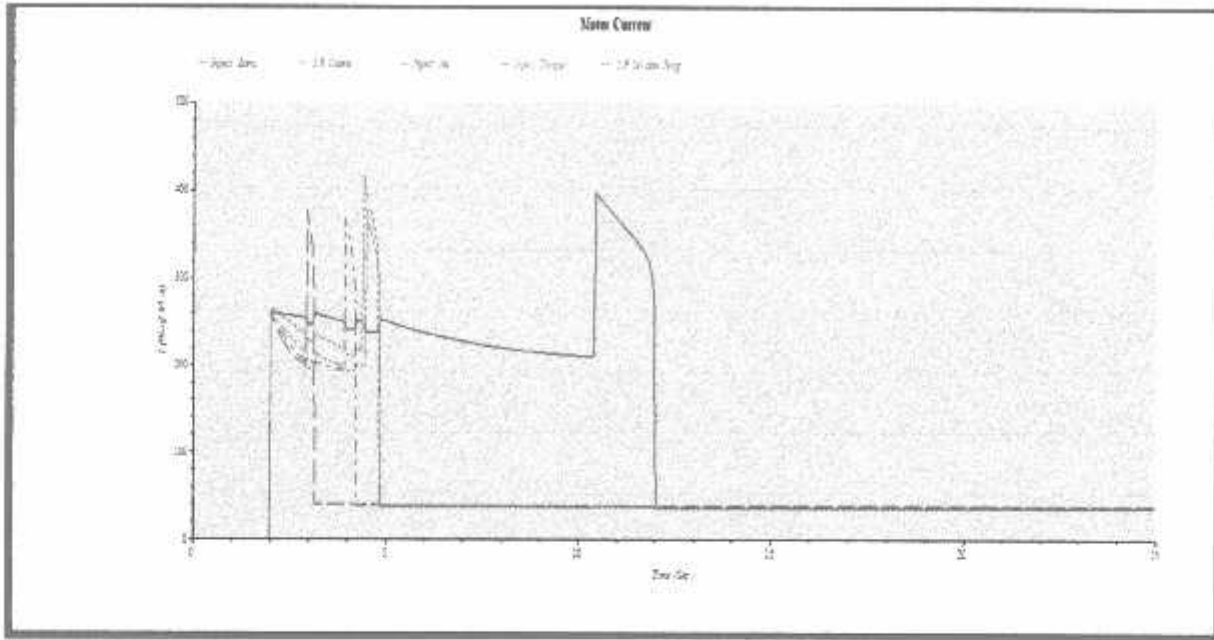
Pengasutan Auto trafo 80%



Pengasutan resistor



Pengasutan reactor



BIOGRAFI PENULIS



Penulis dilahirkan di Kabupaten Malang pada tanggal 27 November 1992 dari Ayah Mulyono. WS dan Ibu Wahyuningsih. Penulis merupakan putra pertama dari dua bersaudara. Penulis memulai pendidikan pada tahun 1999 di SD Negeri Plandi 02 dan lulus tahun 2005. Pertengahan tahun 2005 penulis menempuh pendidikan di SMP Negeri 2 Sumberpucung sampai tahun 2008. Kemudian melanjutkan pendidikan di SMK Muhammadiyah 1 Kepanjen bidang studi Teknik Otomasi Industri mulai tahun 2008 dan lulus pada tahun 2011. Setelah lulus pada tahun 2011 penulis melanjutkan studi di perguruan tinggi Institut Teknologi Nasional Malang. Penulis memilih Program Studi Teknik Elektro S-1, Konsentrasi

Teknik Energi Listrik, Fakultas Teknologi Industri dan diwisuda pada tanggal 28 Maret 2015, dengan judul skripsi “Komparasi Sistem Pengasutan Motor Induksi Untuk Meningkatkan Kualitas Daya Pada P.G Krebbe Baru II Bululawang Malang”. Selama mahasiswa, penulis menjadi asisten laboratorium Sistem Kendali Industri pada tahun 2012 sampai 2015 dan penulis dapat menyelesaikan studinya 7 semester atau 3,5 tahun.
