

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



SKRIPSI

**ANALISA
PENGGEREMAN DINAMIK PADA MOTOR INDUKSI TIGA FASA**

Oleh :
NGADIONO
01.12.015

MARET 2007

LEMBAR PERSETUJUAN

ANALISA PENGGEREMAN DINAMIK PADA MOTOR INDUKSI TIGA FASA

SKRIPSI

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

Oleh:

NGADIONO

01.12.015

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Elektro S - 1



I. P. Vadi Limpraptono, MT
NIP.Y. 103 950 0274

Diperiksa dan Disetujui
Dosen Pembimbing

Ir. M. Abdul Hamid , MT
NIP.Y. 101 880 0188

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S - 1
KONSENTRASI TEKNIK ENERGI LISTRIK
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
MARET 2007



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

**BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**


Nama Mahasiswa : NGADIONO
N.I.M. : 01.12.015
Jurusan : Teknik Elektro S-1
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik
Judul Skripsi : **ANALISA Pengereman Dinamik pada Motor
Induksi Tiga Fasa**

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

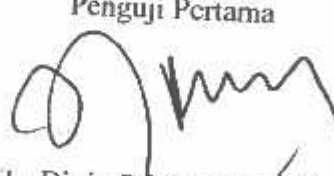
Hari : RABU
Tanggal : 21 Maret 2007
Dengan Nilai : **81,55 (A)** *Fuf*



Ketua Majelis Penguji
(Ir. Mochtar Asroni, MSME)
NIP. Y. 1018100036

Panitia Ujian Skripsi


Sekretaris Majelis Penguji
(Ir. FX. Yudi Limpraptono, MT)
NIP. Y. 1039500274

Anggota Penguji :

Penguji Pertama

(Ir. Djojo Priatmono, MT)
NIP. Y. 018800180

Penguji Kedua

(Ir. Eko Nurcahyo)
NIP. Y. 123424400

**SKRIPSI INI KU PERSEMBAHKAN KEPADA
KEDUA ORANG TUA KU, AGAMA ISLAMKU,
BANGSA DAN NEGARAKU**

Aku bersyukur kepada-Mu Yaa Allah atas segala nikmat Mu.
Berilah aku ridlo dengan setetes ilmu yang telah Engkau berikan
kepadaku ini. Jadikan aku orang yang mudah bersyukur dengan
segala nikmat -Mu. Jadikan aku orang yang berguna bagi Agama,
Orangtua, Bangsa dan Negara ini.

Yaa Allah, jadikanlah aku sarjana yang sudjana bukan sarjana
yang durjana, beri aku kekuatan untuk berbuat kebaikan walau
disekitarku ada kemungkaran.

Yaa Allah dengan ilmu ini selamatkan aku di dunia dan
selamatkan aku akhirat.

Yaa Allah tiada daya dan upaya melainkan hanya karena ijinmu
maka ampuni dosaku, Amin.

Ngadiono 01.12.015

Terima kasih kepada :

1. Allah SWT yang telah memberikan ilmu kepadaku.
2. Kedua orang tuaku yang telah menyayangi aku dan berjuang untuk kemajuan dan kebaikanku.
3. Narko dan Lely adikku yang telah mendukung ku.
4. Keluarga mas Kaid ,mbak Rini,Eva dan Donny Terima kasih atas bantuan dan do'anya sehingga aku bisa lulus.
5. Juana dan Sugeng W semoga usahanya tambah lancar , terima kasih telah membantu dalam hal financial karena aku tak perlu repot repot pinjam uang kesana kemari.
6. Buat pakde Warno supaya menikmati keluarga baru.
7. Sugeng N Yull, Mbak In, Raka & Mak Ti trims ya
8. Buat M Arif Y (kita ternyata bisa lulus Ndut) Trims atas saran N masukannya kamu jangan suka makan ya ndut Sogem aja di kampus 3.
9. Teman teman dilab Kendali (Mas Ram, Deden, Adil Butik, Rendi, Wawan, Aroma, Muji, Yoyok.
10. Teman teman di lab Konversi (Cosmas, Yafi, Ruth, Sahrul, Firman n Melky).
11. Buat *Ria J* Kamu udah buat aku semangat dalam ngerjain skripsiku.
12. Lilik dan Yulli makasih saran dan masukannya.
13. Buat Oon, Koliq, Jalal, Bekker, Agung n Candra cepetan ker ndang lulus.
14. Buat Budi Kendup makasih nebenganya waktu di kampus 1 .
15. Buat komputer Pentium III ku, Hp3310,n printer Hp 3920 ku yang anti hang.
16. Dan semua pihak yang telah mendukung dan membantu kuliah n skripsiku yang tak ku sebut disini.

Abstrak

ANALISA PENGGEREMAN DINAMIK PADA MOTOR INDUKSI TIGA FASA

(Oleh, ; NGADIONO 01.12.015 Dosen Pembimbing Ir. M.Abd. Hamid,MT.)

Kata kunci : Pengereman dinamik pada motor induksi tiga fasa, tegangan, arus, waktu berhenti.

Motor induksi tiga fasa banyak digunakan dalam dunia industri karena memiliki banyak keuntungan. Dari segi teknik motor ini bentuknya sederhana, yaitu hanya terdiri dari bagian stator dan rotor, struktur motor induksi lebih ringan (20% - 40 %) dibanding motor DC dengan daya yang sama. Dari segi ekonomis harganya relatif lebih murah dan perawatannya mudah sehingga tidak butuh biaya perawatan yang mahal.

Motor induksi tiga fasa membutuhkan proses pengereman dengan cepat apalagi bila diaplikasikan dengan konveyor. Untuk menghentikan putaran rotor, diperlukan torsi yang dapat dihasilkan secara mekanik maupun elektrik.

Pengereman untuk menghentikan putaran rotor motor induksi dapat dirancang secara dinamik, yaitu pengereman dengan membuat medan magnet motor stasioner . Hal ini dilakukan dengan menginjeksi arus DC pada kumparan stator setelah supplay AC dilepas dari sumber. Dalam pengujian digunakan motor induksi tiga fasa jenis sangkar tupai DE LORENZO DL 1021 1,1 KW; 220/380 (Δ/Y) Volt ; 4,3/2,5 (Δ/Y) Ampere, $\cos \phi$ 0,83 ; 50 Hz ; 2820 rpm ,2 kutub.

Metode pengereman dinamik (*Dinamik Braking*) sangat menguntungkan yaitu mudah dalam pengawatan, mudah dalam pengaturan kecepatan dan dapat mengurangi kerugian mekanis.

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa karena anugerah-Nya, penyusun dapat menyelesaikan tugas akhir ini.

Skripsi ini disusun dan diajukan untuk melengkapi dan memenuhi syarat syarat guna mencapai gelar Sarjana Teknik. Jurusan Teknik Elektro S-1 , Konsentrasi Teknik Energi Listrik pada Institut Teknologi Nasional Malang. Penulisan skripsi ini berjudul “ Analisa Pengereman Dinamik Pada Motor Induksi Tiga Fasa”.

Dengan selesainya tugas akhir ini penyusun menyampaikan terima kasih sebesar-besarnya kepada yang terhormat :

1. **Kedua orang tuaku** yang telah berjuang untuk kebaikanku.
2. **Bapak Prof. Dr. Ir. Abraham Lomi, MSEE** selaku rektor ITN malang
3. **Bapak Ir. Abdul Hamid, MT**, selaku Dosen Pembimbing
4. **Bapak Ir. Abdul Hamid, MT**, selaku Ka. Lab Konversi Energi Listrk.
5. **Bapak Ir. FX Yudi Limpraptono, MT**, selaku Ketua Jurusan Elektro.
6. **Rekan – rekan** di Institut Teknologi Nasional Malang.

Dalam penyusunan skripsi ini penyusun menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki kekurangan, karena itu penyusun meminta saran dan kritik yang bersifat membangun guna kebaikan dan aplikasi skripsi ini selanjutnya.

Sekian dan terima kasih.

Malang, Maret 2007

NGADIONO

DAFTAR ISI

| | |
|---|--------------|
| Lembar Persetujuan | i |
| Abstrak | ii |
| Kata Pengantar..... | iii |
| Daftar Isi..... | iv |
| Daftar Gambar..... | x |
| Daftar Tabel | xiv |
| Daftar Grafik | xvi |
| BAB I : PENDAHULUAN..... | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Batasa Masalah | 2 |
| 1.3 Tujuan | 2 |
| 1.4 Batasa Masalah | 3 |
| 1.5 Metologi Pembahasan | 3 |
| 1.6 Sistematika Penulisan | 4 |
| BAB II : KONSEP DASAR MOTOR INDUKSITIGA FASA DAN | |
| PENGGEREMAN PADA MOTOR INDUKSI TIGA | |
| FASA..... | 6 |
| 2.1 Teori Dasar Motor Induksi..... | 6 |

| | |
|---|----|
| 2.2 Konstruksi Motor Induksi..... | 6 |
| 2.2.1 Stator | 7 |
| 2.2.2 Rotor | 7 |
| 2.3 Medan Putar | 8 |
| 2.4 Prinsip Kerja Motor Induksi | 9 |
| 2.4.1 Slip Dan Frekuensi Arus Stator | 10 |
| 2.5 Rangkaian Ekvivalen Motor Induksi | 11 |
| 2.5.1 Rangkaian Ekvivalen | 11 |
| 2.5.2 Rangkaian Ekvivalen Stator..... | 12 |
| 2.5.3 Rangkaian Ekvivalen Rotor..... | 13 |
| 2.5.4 Rangkaian Ekvivalen Motor Induksi..... | 14 |
| 2.5.5 Parameter Dasar Motor Induksi | 17 |
| 2.5.6 Masalah Dalam Rangk. Ekvivalen Konvensional | 18 |
| 2.6 Pengereman Pada Motor Listrik..... | 19 |
| 2.6.1 Pengereman Secara Elektrik | 19 |
| 2.6.1.1 Pengereman Dinamik | 20 |
| 2.6.1.2 Pengereman Regeneratif | 21 |
| 2.6.1.3 Pengereman Secara Mendadak | 21 |
| 2.6.2 Pengereman Secara Mekanik | 21 |
| BAB III : PENGUJIAN PARAMETER DAN Pengereman | 24 |
| 3.1 Pengujian Parameter Motor Induksi | 24 |
| 3.1.1 Pengujian Arus Searah | 24 |

| | |
|---|----|
| 3.1.1.1 Alat Alat Yang Digunakan | 24 |
| 3.1.1.2 Tujuan Pengujian | 24 |
| 3.1.1.3 Pelaksanaan Pengujian | 24 |
| 3.1.1.4 Rangkaian Pengujian | 25 |
| 3.1.2 Pengujian Tanpa Beban | 25 |
| 3.1.2.1 Alat Yang Digunakan | 25 |
| 3.1.2.2 Tujuan Pengujian | 25 |
| 3.1.2.3 Pelaksanaan Pengujian | 26 |
| 3.1.2.3 Rangkaian Pengujian | 26 |
| 3.1.3 Pengujian Rotor Tertahan | 26 |
| 3.1.3.1 Alat – alat Yang Digunakan | 26 |
| 3.1.3.2 Tujuan Pengujian | 27 |
| 3.1.3.3 Pelaksanaan Pengujian | 27 |
| 3.1.3.4 Rangkaian Pengujian | 27 |
| 3.2 Perhitungan Arus Injeksi DC | 28 |
| 3.3 Pengujian Lama Waktu Berhenti Motor Induksi Tiga Fasa | 29 |
| 3.3.1 Alat – alat Yang Digunakan | 30 |
| 3.3.2 Tujuan Pengujian | 31 |
| 3.3.3 Pelaksanaan Pengujian | 31 |
| 3.4 Pengujian Lama Waktu Berhenti Motor Induksi Fasa Dengan pengereman Dinamik | 32 |
| 3.4.1 Penyearah Penuh Satu Fasa | 32 |
| 3.4.2 Blok Diagram Pengujian | 33 |

| | |
|--|-----------|
| 3.4.3 Rangkaian Utama Dan Rangkaian Kontrol | 34 |
| 3.5 Pengujian Pengereman Dinamik Dengan Tegangan Injeksi 6 Volt | 38 |
| 3.5.1 Tujuan Pengujian | 38 |
| 3.5.2 Alat – alat yang digunakan | 38 |
| 3.5.3 Rangkaian pengujian | 38 |
| 3.5.4 Pelaksanaan Pengujian | 42 |
| 3.6 Pengujian Pengereman Dinamik Dengan Tegangan Injeksi 12 Volt | 42 |
| 3.6.1 Tujuan Pengujian | 42 |
| 3.6.2 Alat – alat yang digunakan | 43 |
| 3.6.3 Rangkaian pengujian | 44 |
| 3.6.4 Pelaksanaan Pengujian | 47 |
| 3.7 Pengujian Pengereman Dinamik Dengan Tegangan Injeksi 18 Volt | 48 |
| 3.7.1 Tujuan Pengujian | 48 |
| 3.7.2 Alat – alat yang digunakan | 48 |
| 3.7.3 Rangkaian pengujian | 49 |
| 3.7.4 Pelaksanaan Pengujian | 52 |
| BAB IV : ANALISA PENGUJIAN | 54 |
| 4.1 Pengujian Parameter Motor | 54 |
| 4.1.1 Pengujian Arus Searah (DC – Test) | 54 |

| | |
|---|-----|
| 4.1.2 Pengujian Tanpa Beban (No – Load Test) | 55 |
| 4.1.3 Pengujian Rotor Tertahan (Blocked – Rotor Test) ,... | 56 |
| 4.2 Menghitung Parameter Motor Induksi Tiga Fasa | 57 |
| 4.3Menghitung Torsi Mula, Torsi beban Penuh , Torsi Maksimal, Daya , Dan efisiensi | 59 |
| 4.4Data hasil Pengujian Motor Tanpa Pengereman Dinamik | 64 |
| 4.5Data hasil Pengujian Motor Tanpa pengereman Dinamik Hubungan Segitiga | 65 |
| 4.6Data hasil Pengujian Motor Tanpa pengereman Dinamik Hubungan Bintang | 68 |
| 4.7Data hasil Pengujian Pengereman Dinamik Pada Tegangan DC Injeksi 6 Volt | 70 |
| 4.7.1 Analisa Data | 71 |
| 4.7.2 Data Hasil Perhitungan | 82 |
| 4.7.3 Grafik Hasil Pengujian..... | 84 |
| 4.8Data hasil Pengujian Pengereman Dinamik Pada Tegangan DC Injeksi 12 Volt | 87 |
| 4.8.1 Analisa Data | 88 |
| 4.8.2 Data Hasil Perhitungan | 99 |
| 4.8.3 Grafik Hasil Pengujian..... | 100 |
| 4.9Data hasil Pengujian Pengereman Dinamik Pada Tegangan DC Injeksi 18Volt | 104 |
| 4.9.1 Analisa Data | 105 |

| | |
|------------------------------------|-----|
| 4.9.2 Data Hasil Perhitungan | 116 |
| 4.9.3 Grafik Hasil Pengujian..... | 117 |
| BAB V : PENUTUP | 121 |
| 5.1 Kesimpulan | 121 |
| 5.2 Saran – saran | 122 |
| DAFTAR PUSTAKA | 124 |
| LAMPIRAN | 126 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|--|----|
| Gambar 2 – 1 Konstruksi Motor Induksi..... | 6 |
| Gambar 2 – 2 Stator Tiga Fasa Motor Induksi..... | 7 |
| Gambar 2 – 3 a. Motor Induksi Rotor Belitan..... | 8 |
| Gambar 2 – 3 b. Rotor Sangkar Tupai..... | 8 |
| Gambar 2 – 4 Medan Putar Pada Motor Induksi..... | 9 |
| Gambar 2 – 5 Rangkaian Ekuivalen Stator | 12 |
| Gambar 2 – 6 Rangkaian Ekuivalen Rotor..... | 13 |
| Gambar 2 – 7a Rangkaian Ekuivalen Motor Induksi | 15 |
| Gambar 2 – 7b Rangkaian Ekuivalen Motor Induksi | 15 |
| Gambar 2 – 7c Rangkaian Ekuivalen Motor Induksi | 16 |
| Gambar 2 – 7d Rangkaian Ekuivalen Motor Induksi | 16 |
| Gambar 2 – 7e Rangkaian Ekuivalen Motor Induksi Model T..... | 17 |
| Gambar 2 – 8 rangkaian Thevenin Motor Induksi | 17 |
| Gambar 2 – 9 Pengereman Dinamik dengan Injeksi Arus Scarah Pada Motor Induksi Tiga Fasa | 20 |
| Gambar 3 – 1 Rangkaian Pengujian DC Test | 25 |
| Gambar 3 – 2 Pengujian Tanpa Beban | 26 |
| Gambar 3 – 3 Pengujian rotor Tertahan | 27 |
| Gambar 3 – 4 Konfigurasi Belitan Stator | 28 |
| Gambar 3 – 5 Rangkaian Pengujian Motor Induksi Tiga Fasa Tanpa Pengereman Dinamik | 30 |

| | |
|---|----|
| Gambar 3 – 6 Rangkaian Penghentian Motor Induksi Tiga Fasa Dengan Pengereman Dinamik Pada salah Satu Konfigurasi | 32 |
| Gambar 3 – 7 Penyearah Gelombang Penuh..... | 33 |
| Gambar 3 – 8 Blok Diagram Pengujian | 33 |
| Gambar 3 – 9 Konfigurasi Rangkaian Utama Dan Kontrol Pengujian Pengereman Dinamik | 34 |
| Gambar 3 – 10 Rangkaian Pengujian Pengereman Dinamik Dengan Konfigurasi A Tanpa Beban | 35 |
| Gambar 3 – 11 Rangkaian Pengujian Pengereman Dinamik Dengan Konfigurasi B Tanpa Beban | 35 |
| Gambar 3 – 12 Rangkaian Pengujian Pengereman Dinamik Dengan Konfigurasi C Tanpa Beban | 36 |
| Gambar 3 – 13 Rangkaian Pengujian Pengereman Dinamik Dengan Konfigurasi D Tanpa Beban | 36 |
| Gambar 3 – 14 Rangkaian Pengujian Pengereman Dinamik Dengan Konfigurasi E Tanpa Beban | 37 |
| Gambar 3 – 15 Rangkaian Pengujian Pengereman Dinamik Dengan Konfigurasi F Tanpa Beban | 37 |
| Gambar 3 – 16 Rangkaian Pengujian Pengereman Dinamik Dengan Konfigurasi A Dengan Tegangan Injeksi 6 Volt | 39 |
| Gambar 3 – 17 Rangkaian Pengujian Pengereman Dinamik Dengan Konfigurasi B Dengan Tegangan Injeksi 6 Volt | 40 |
| Gambar 3 – 18 Rangkaian Pengujian Pengereman Dinamik Dengan Konfigurasi | |

| | |
|---|----|
| C Dengan Tegangan Injeksi 6 Volt | 40 |
| Gambar 3 – 19 Rangkaian Pengujian Pengereman Dinamik Dengan Konfigurasi | |
| D Dengan Tegangan Injeksi 6 Volt | 41 |
| Gambar 3 – 20 Rangkaian Pengujian Pengereman Dinamik Dengan Konfigurasi | |
| E Dengan Tegangan Injeksi 6 Volt | 41 |
| Gambar 3 – 21 Rangkaian Pengujian Pengereman Dinamik Dengan Konfigurasi | |
| F Dengan Tegangan Injeksi 6 Volt | 42 |
| Gambar 3 – 22 Rangkaian Pengujian Pengereman Dinamik Dengan Konfigurasi | |
| A Dengan Tegangan Injeksi 12Volt | 44 |
| Gambar 3 – 23 Rangkaian Pengujian Pengereman Dinamik Dengan Konfigurasi | |
| B Dengan Tegangan Injeksi 12Volt | 45 |
| Gambar 3 – 24 Rangkaian Pengujian Pengereman Dinamik Dengan Konfigurasi | |
| C Dengan Tegangan Injeksi 12Volt | 45 |
| Gambar 3 – 25 Rangkaian Pengujian Pengereman Dinamik Dengan Konfigurasi | |
| D Dengan Tegangan Injeksi 12Volt | 46 |
| Gambar 3 – 26 Rangkaian Pengujian Pengereman Dinamik Dengan Konfigurasi | |
| E Dengan Tegangan Injeksi 12Volt | 46 |
| Gambar 3 – 27 Rangkaian Pengujian Pengereman Dinamik Dengan Konfigurasi | |
| F Dengan Tegangan Injeksi 12Volt | 47 |
| Gambar 3 – 28 Rangkaian Pengujian Pengereman Dinamik Dengan Konfigurasi | |
| A Dengan Tegangan Injeksi 18Volt | 49 |
| Gambar 3 – 29 Rangkaian Pengujian Pengereman Dinamik Dengan Konfigurasi | |
| B Dengan Tegangan Injeksi 18Volt | 50 |

| | |
|---|----|
| Gambar 3 – 30 Rangkaian Pengujian Pengereman Dinamik Dengan Konfigurasi | |
| C Dengan Tegangan Injeksi 18Volt | 50 |
| Gambar 3 – 31 Rangkaian Pengujian Pengereman Dinamik Dengan Konfigurasi | |
| D Dengan Tegangan Injeksi 18Volt | 51 |
| Gambar 3 – 32 Rangkaian Pengujian Pengereman Dinamik Dengan Konfigurasi | |
| E Dengan Tegangan Injeksi 18Volt | 51 |
| Gambar 3 – 33 Rangkaian Pengujian Pengereman Dinamik Dengan Konfigurasi | |
| F Dengan Tegangan Injeksi 18Volt | 52 |
| Gambar 4 – 1 Rangkaian Pengujian DC Test | 54 |
| Gambar 4 – 2 Pengujian Tanpa Beban | 55 |
| Gambar 4 – 3 Pengujian rotor Tertahan | 56 |
| Gambar 4 – 4 Lama Berhenti Stator Tanpa Pengereman Dengan Hubungan | |
| Segitiga | 67 |
| Gambar 4 – 5 Lama Berhenti Stator Tanpa Pengereman Dengan Hubungan | |
| Bintang | 69 |

DAFTAR TABEL

| | |
|--|----|
| Tabel 3 – 1 Tabel Rumus Arus Injeksi DC Pada Keenam Konfigurasi Hubungan Belitan Stator Untuk Pengereman Dinamik..... | 28 |
| Tabel 4 – 1 Data Hasil Pengujian Arus Searah | 54 |
| Tabel 4 – 2 Data Hasil Pengujian Tanpa Beban | 55 |
| Tabel 4 – 3 Data Hasil Pengujian Rotor Tertahan | 56 |
| Tabel 4 – 4 Data Hasil Pengujian Motor Tanpa Beban Tanpa Pengereman Dinamik | 65 |
| Tabel 4 – 5 Data Hasil Pengujian Motor Dengan Beban Generator DC Tanpa Beban Tanpa Pengereman Dinamik Pengereman Dinamik | 65 |
| Tabel 4 – 6 Data Hasil Pengujian Motor Berbeban Tanpa Pengereman Dinamik Pengereman Dinamik Dengan Hubungan Segitiga | 66 |
| Tabel 4 – 7 Data Hasil Pengujian Motor Berbeban Tanpa Pengereman Dinamik Pengereman Dinamik Dengan Hubungan Bintang | 68 |
| Tabel 4 – 8 Data Hasil Pengujian Dengan Tegangan Stator Motor 110 V Dengan Tegangan Injeksi 6 Volt | 70 |
| Tabel 4 – 9 Data Hasil Perhitungan Arus Stator Dengan Tegangan Stator Motor 110 V Dengan Tegangan Injeksi 6 Volt..... | 82 |
| Tabel 4 – 10 Data Hasil Pengujian Dengan Tegangan Stator Motor 110 V Dengan Tegangan Injeksi 12 Volt | 87 |
| Tabel 4 – 11 Data Hasil Perhitungan Arus Stator Dengan Tegangan Stator Motor 110 V Dengan Tegangan Injeksi 12 Volt | 99 |

| | |
|--|-----|
| Tabel 4 – 12 Data Hasil Pengujian Dengan Tegangan Stator Motor 110 V | |
| Dengan Tegangan Injeksi 18 Volt | 104 |
| Tabel 4 – 13 Data Hasil Perhitungan Arus Stator Dengan Tegangan Stator Motor | |
| 110 V Dengan Tegangan Injeksi 18 Volt | 116 |

DAFTAR GRAFIK

| | |
|---|-----|
| Grafik 4 – 1 Lama berhenti Stator Tanpa Pengereman Dinamik Dengan Hubungan Segitiga Pada Tegangan 3 fasa 110 Volt | 67 |
| Grafik 4 – 2 Lama berhenti Stator Tanpa Pengereman Dinamik Dengan Hubungan Bintang Pada Tegangan 3 fasa 110 Volt | 69 |
| Grafik 4 – 3 Pengereman Dinamik Berbeban Pada Konfigurasi A Dengan Tegangan Injeksi 6 Volt | 84 |
| Grafik 4 – 4 Pengereman Dinamik Berbeban Pada Konfigurasi B Dengan Tegangan Injeksi 6 Volt | 84 |
| Grafik 4 – 5 Pengereman Dinamik Berbeban Pada Konfigurasi C Dengan Tegangan Injeksi 6 Volt | 85 |
| Grafik 4 – 6 Pengereman Dinamik Berbeban Pada Konfigurasi D Dengan Tegangan Injeksi 6 Volt | 85 |
| Grafik 4 – 7 Pengereman Dinamik Berbeban Pada Konfigurasi E Dengan Tegangan Injeksi 6 Volt | 86 |
| Grafik 4 – 8 Pengereman Dinamik Berbeban Pada Konfigurasi F Dengan Tegangan Injeksi 6 Volt | 86 |
| Grafik 4 – 9 Pengereman Dinamik Berbeban Pada Konfigurasi A Dengan Tegangan Injeksi 12 Volt | 100 |
| Grafik 4 – 10 Pengereman Dinamik Berbeban Pada Konfigurasi B Dengan Tegangan Injeksi 12 Volt | 101 |
| Grafik 4 – 11 Pengereman Dinamik Berbeban Pada Konfigurasi C Dengan | |

| | |
|---|-----|
| Tegangan Injeksi 12 Volt | 101 |
| Grafik 4 – 12 Pengereman Dinamik Berbeban Pada Konfigurasi D Dengan | |
| Tegangan Injeksi 12 Volt | 102 |
| Grafik 4 – 13 Pengereman Dinamik Berbeban Pada Konfigurasi E Dengan | |
| Tegangan Injeksi 12 Volt | 102 |
| Grafik 4 – 14 Pengereman Dinamik Berbeban Pada Konfigurasi F Dengan | |
| Tegangan Injeksi 12 Volt | 103 |
| Grafik 4 – 15 Pengereman Dinamik Berbeban Pada Konfigurasi A Dengan | |
| Tegangan Injeksi 18 Volt | 117 |
| Grafik 4 – 16 Pengereman Dinamik Berbeban Pada Konfigurasi B Dengan | |
| Tegangan Injeksi 18Volt | 118 |
| Grafik 4 – 17 Pengereman Dinamik Berbeban Pada Konfigurasi C Dengan | |
| Tegangan Injeksi 18 Volt | 118 |
| Grafik 4 – 18 Pengereman Dinamik Berbeban Pada Konfigurasi D Dengan | |
| Tegangan Injeksi 18 Volt | 119 |
| Grafik 4 – 19 Pengereman Dinamik Berbeban Pada Konfigurasi E Dengan | |
| Tegangan Injeksi 18 Volt | 119 |
| Grafik 4 – 20 Pengereman Dinamik Berbeban Pada Konfigurasi F Dengan | |
| Tegangan Injeksi 18 Volt | 120 |

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. LATAR BELAKANG

Motor induksi tiga fasa banyak digunakan oleh dunia industri karena memiliki beberapa keuntungan . Keuntungan yang dapat diperoleh dari motor induksi tiga fasa yaitu struktur motor induksi lebih ringan antara 20 % hingga 40 % dibandingkan dengan jenis motor arus searah (DC) untuk daya yang sama , harga satuan relatif lebih murah , dan perawatan motor induksi tiga fasa lebih mudah.

Pengereman pada motor induksi tiga fasa , secara umum masih menggunakan metoda yang sederhana , dengan cara pengereman secara mekanik dimana torsi pengereman dihasilkan oleh peralatan pengereman yang berupa sepatu rem dan drum yang terpasang pada poros motor. Pada pengereman ini energi putar dari rotor dikurangi dengan cara menekan poros rotor menggunakan sepatu rem .

Pengereman secara mekanik membutuhkan jadwal pemeliharaan teratur karena terdapat rugi – rugi mekanis seperti gesekan yang menimbulkan panas dan menghasilkan debu akibat gesekan, kemudian panas dan debu ini akan mengurangi efisiensi motor induksi tiga fasa.

Pengereman untuk menghentikan putaran motor induksi dapat dirancang secara dinamik yaitu menggunakan sistem pengereman yang dilakukan dengan membuat medan magnetik motor stasioner. Hal tersebut dapat dilakukan dengan

1.4 BATASAN MASALAH

Dalam penulisan skripsi ini diperlukan batasan masalah agar tidak menyimpang dari ruang lingkup yang dibahas. Adapun batasan masalahnya adalah sebagai berikut :

1. Analisis dilakukan pada Motor Induksi Tiga Fasa jenis rotor sangkar **DELORENZO DL 1021** 1.1 kW, 220 / 380 (Δ / Y) Volt, 4,3 / 2,5 (Δ / Y) Ampere, $\cos \phi$ 0,83, 50Hz, 2820 rpm, 2 Kutub yang ada di Laboratorium Konversi Energi Listrik Institut Teknologi Nasional Malang.
2. Generator DC yang dipakai adalah **DELORENZO DL 1025** daya 0,75 kW, 200 Volt, I_{nominal} 3,75 A , 2900 Rpm, I_f 0,17 A , V_f 160 Volt.
3. Tidak membahas mengenai struktur motor listrik secara mendetail.
4. Tegangan AC yang dipakai dalam pengujian adalah 110 Volt , 3 Fasa , 50 Hz.
5. Tegangan DC injeksi dalam pengujian adalah 6 Volt, 12 Volt, 18 Volt.
6. Tidak membahas mengenai penyearah tegangan DC yang di injeksikan.
7. Tidak membahas torsi motor induksi tiga fasas secara mendetail
8. Tidak membahas rugi - rugi pada motor listrik.

1.5 METOLOGI PEMBAHASAN

1. Kajian literatur yang menunjang pembahasan mengenai motor induksi tiga fasa.
2. Melakukan pengujian motor listrik tiga fasa yang ada di Laboratorium Konversi Energi Listrik Institut Teknologi Nasional Malang.

1.6 SISTEMATIKA PENULISAN

Skripsi ini dibagi menjadi lima BAB, yaitu :

- **BAB I : PENDAHULUAN**
- **BAB II : KONSEP DASAR**
- **BAB III : PENGUJIAN PARAMETER DAN Pengereman**
- **BAB IV : ANALISA PENGUJIAN**
- **BAB V : PENUTUP**

BAB II

KONSEP DASAR MOTOR INDUKSI TIGA FASA DAN PENERAPAN MOTOR INDUKSI TIGA FASA

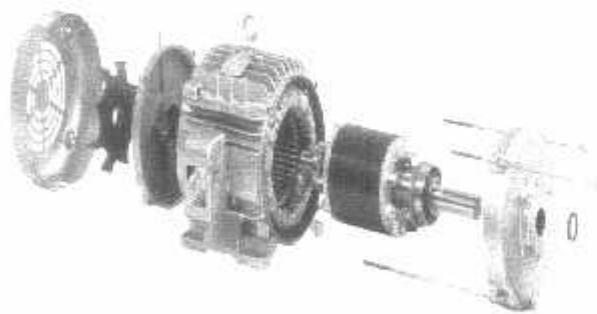
2.1. Teori Dasar Motor Induksi.^{[1][7]}

Motor arus bolak-balik (Motor AC) adalah suatu mesin yang berfungsi untuk mengubah tenaga listrik arus bolak-balik menjadi tenaga mekanik atau tenaga gerak, dimana tenaga gerak ini berupa perputaran pada motor. Salah satu jenis motor AC ini adalah motor induksi atau motor tak serempak.

Disebut motor tak serempak karena putaran motor tidak sama dengan putaran fluks magnet stator. Dengan kata lain, bahwa antara putaran rotor dan putaran fluks magnet terdapat selisih putaran yang disebut slip.

2.2. Konstruksi Motor Induksi ^{[1][6]}

Konstruksi motor induksi terdiri dari dua bagian utama yaitu stator dan rotor. Hal ini dapat dilihat pada gambar 2-1 di bawah ini :

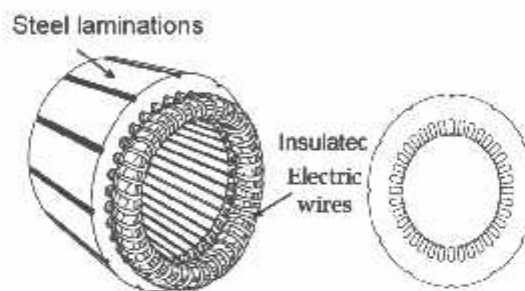


Gambar 2-1 : Konstruksi Motor Induksi ^{[1][6]}

2.2.1. Stator^{[1][6]}

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

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



Gambar 2-2: Stator Tiga-Phasa Motor Induksi^[5]

2.2.2. Rotor^{[1][6]}

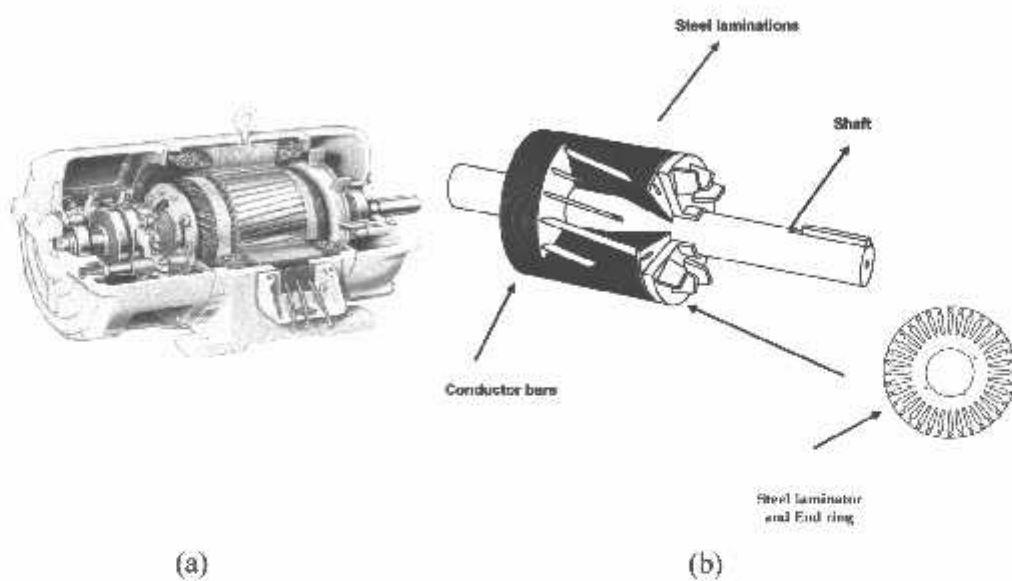
Konstruksi dari rotor motor induksi mempunyai dua bentuk, yaitu :

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

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

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

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

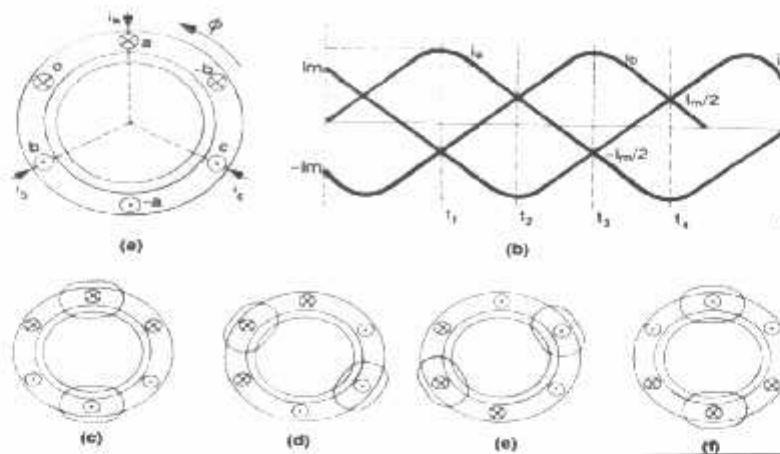


Gambar 2-3 : a) Motor Induksi Rotor Belitan ^[1]

b) Rotor Sangkar Tupai ^[1]

2.3. Medan Putar ^{[1][6]}

Perputaran motor pada mesin arus bolak-balik ditimbulkan oleh adanya medan putar (fluks yang berputar) yang dihasilkan dalam kumparan statornya. Medan putar ini terjadi apabila kumparan stator dihubungkan dalam fasa banyak, umumnya tiga phasa. Hubungan dapat berupa hubungan bintang (*star*) atau segitiga (*delta*).



Gambar 2-4 : Medan Putar Pada Motor Induksi ^[6]

Medan putar terjadi apabila kumparan A-a, B-b, C-c dihubungkan tiga fasa dengan beda fasa masing-masing 120° (gambar 2-4a) dan dialiri arus sinusoida. Distribusi i_a , i_b , i_c sebagai fungsi waktu adalah seperti gambar 2-4b. Pada keadaan t_1 , t_2 , t_3 dan t_4 fluks resultan yang ditimbulkan oleh kumparan tersebut masing-masing adalah seperti gambar 2-4c, d, e dan f.

2.4. Prinsip Kerja Motor Induksi ^{[11][7]}

Prinsip kerja motor induksi yaitu :

1. Apabila sumber tegangan 3 fasa dipasang pada kumparan stator , timbullah

$$\text{medan putar dengan kecepatan : } n_s = \frac{120}{P} f$$

2. Medan putar tersebut akan memotong batang konduktor pada rotor .
3. Akibatnya pada kumparan rotor akan timbul tegangan induksi (Gaya Gerak Listrik /GGL) .

4. Karena kumparan rotor merupakan rangkaian yang tertutup , ggl (E) akan menghasilkan arus (I) .
5. Adanya arus I di dalam medan magnet menimbulkan gaya F pada rotor .
6. Bila kopel mula yang di hasilkan oleh gaya F pada rotor cukup besar untuk memikul kopel beban , rotor akan berputar searah dengan medan putar stator .
7. Seperti telah di jelaskan pada (3) , tegangan induksi timbul karena terpotongnya batang konduktor / rotor oleh medan putar stator . Artinya agar tegangan terinduksi di perlukan adanya perbedaan relatif antara kecepatan medan putar stator (n_s) dengan kecepatan berputar rotor (n_r)
8. Perbedaan kecepatan antara n_r dan n_s di sebut Slip S di nyatakan dengan ;

$$S = \frac{n_s - n_r}{n_s} \times 100\%$$

9. Bila $n_r = n_s$, tegangan tidak akan terinduksi dan arus tidak mengalir pada kumparan jangkar rotor , dengan demikian tidak di hasilkan kopel .
Kopel motor akan ditimbulkan apabila n_r lebih kecil dari n_s .

2.4.1. Slip dan Frekuensi Arus Rotor ^[7]

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

$$s = \frac{n_s - n_r}{n_s} \dots\dots\dots (2.1)$$

Pada keadaan diam medan magnet putar yang dihasilkan oleh stator mempunyai kecepatan relatif yang sama dengan kumparan rotor. Pada saat ini frekuensi dari

arus rotor sama dengan frekuensi stator ($f_r = f_s$). Frekuensi rotor f_r adalah nol ketika motor berputar pada kecepatan sinkron.

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

$$n_s = \frac{120f_s}{p} \text{ atau } f_s = \frac{pn_s}{120} \dots\dots\dots (2.2)$$

dimana : p = jumlah kutub

f_s = frekuensi stator

Pada rotor berlaku hubungan :

$$f_r = \frac{(n_s - n_r)p}{120} = \frac{(n_s - n_r)n_s p}{n_s 120} \dots\dots\dots (2.3)$$

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

$$\text{Maka : } f_r = s.f_s \dots\dots\dots (2.4)$$

2.5. Rangkaian Ekuivalen Motor Induksi

2.5.1. Rangkaian Ekuivalen ^{[1][7]}

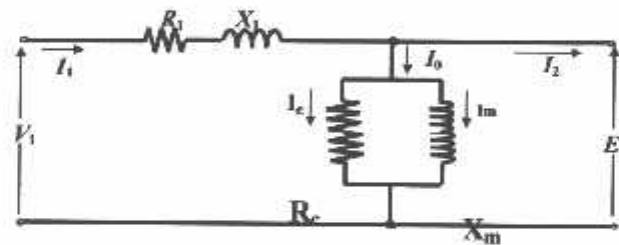
Suatu rangkaian ekuivalen motor induksi tiga phasa diperlukan untuk membantu menganalisa operasi dan untuk memudahkan penghitungan kinerja. Rangkaian ekuivalen tersebut mengasumsikan suatu bentuk yang identik rangkaian ekuivalen transformator. Oleh karena itu motor induksi dapat dipandang sebagai transformator yang mempunyai ciri-ciri khusus yaitu :

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

2.5.2. Rangkaian Ekvivalen Stator ^{[1][6]}

Apabila kumparan stator diberikan tegangan catu dari jala-jala sebesar V_1 , maka akan mengalir arus putar tiga fasa pada kumparan stator yang membangkitkan medan magnet tiga fasa. Arus stator (I_1) bercabang menjadi dua komponen arus yaitu :

1. Komponen arus beban (I_2)
2. Komponen arus eksitasi (I_0)



Gambar 2-5 : Rangkaian Ekvivalen Stator ^{[1][6]}

Dimana :

- V_1 = tegangan terminal
- R_1 = resistansi kumparan
- X_1 = reaktansi bocor kumparan
- E_1 = tegangan induksi (ggl)
- R_c = resistansi tembaga
- X_m = reaktansi magnetisasi

2.5.3. Rangkaian Ekuivalen Rotor^{[1] [3]}

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*) adalah :

$X_2 = \omega L_2 \dots\dots\dots (2.5)$

$X_2 = 2\pi f_s L_2 \dots\dots\dots (2.6)$

dimana X_2 merupakan reaktansi rotor pada start atau diam.

Tegangan induksi pada rotor :

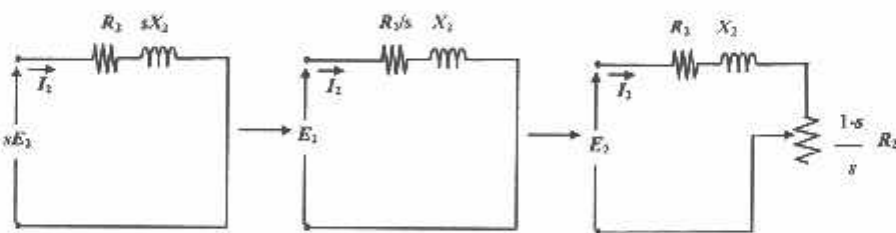
$E_2 = 4,44f_2N_2\Phi_m \dots\dots\dots (2.7)$

$f_2 = sf_1$

$sE_2 = 4,44sf_1N_2\Phi_m \dots\dots\dots (2.8)$

Dengan memasukkan persamaan (2.7) ke (2.8) maka didapat persamaan

$E_2 = sE_2 \dots\dots\dots (2.9)$



Gambar 2-6: Rangkaian Ekuivalen Rotor^{[1][2][6]}

Dimana :

S = Slip

E_2 = tegangan induksi pada saat rotor dalam keadaan diam

R_2 = resistansi kumparan rotor

X_2 = reaktansi bocor rotor

Berdasarkan persamaan (2.5) dan (2.9) maka diperoleh rangkaian ekivalen rotor seperti pada gambar 2-6.

Besar arus rotor (I_2) saat berputar adalah :

$$I_2 = \frac{sE_2}{\sqrt{R_2^2 + (sX_2)^2}} \dots\dots\dots (2.10)$$

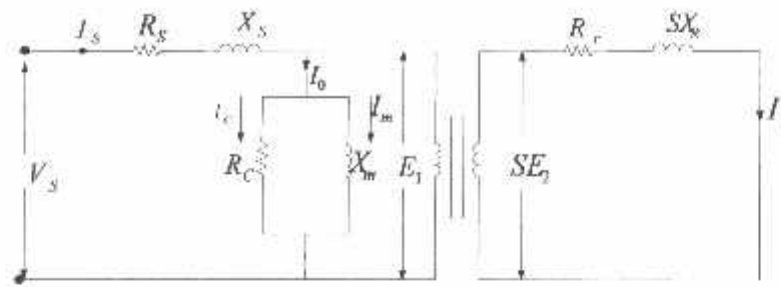
Atau

$$I_2 = \frac{E_2}{\sqrt{\left(\frac{R_2}{s}\right)^2 + X_2^2}} \dots\dots\dots (2.11)$$

2.5.4. Rangkaian Ekivalen Motor Induksi^{[2] [7]}

Kerja motor induksi seperti juga kerja pada transformator adalah berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik. Oleh karena itu motor induksi dapat dipandang sebagai transformator yang mempunyai ciri-ciri khusus yaitu :

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



Gambar 2 – 7 a^[1]

Rangkaian Ekvivalen Motor Induksi

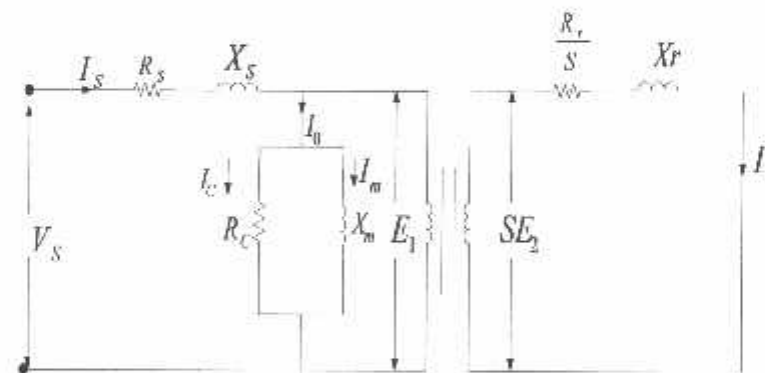
Persamaan tegangan pada rangkaian rotor adalah :

$$E_{2S} = I_r Z_r$$

$$SE_2 = I_r (R_r + jS X_r)$$

$$E_2 = I_r \left(\frac{R_r}{S} + X_r \right) \dots \dots \dots (2.12)$$

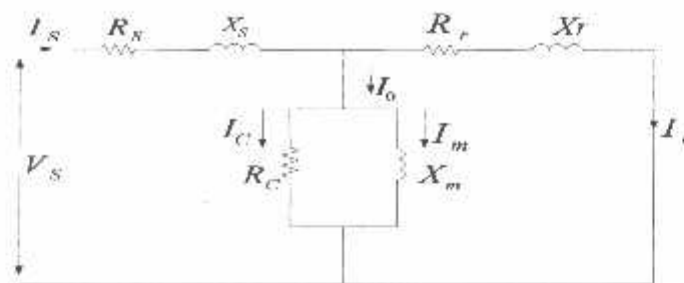
Sehingga rangkaian pengganti pada gambar diatas menjadi gambar dibawah.



Gambar 2 – 7b^[1]

Rangkaian Ekvivalen Motor Induksi

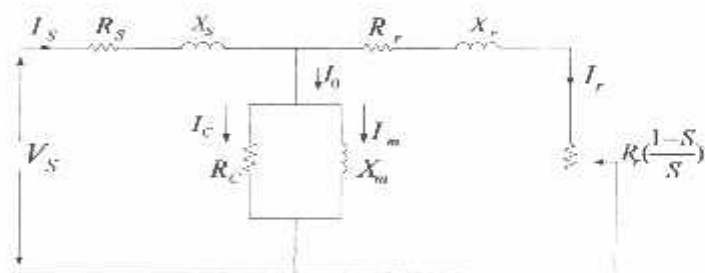
Apabila sisi primer sebagai referensi, maka rangkaian pengganti menjadi seperti pada gambar :



Gambar 2 – 7c^[1] Rangkaian Ekivalen Motor Induksi

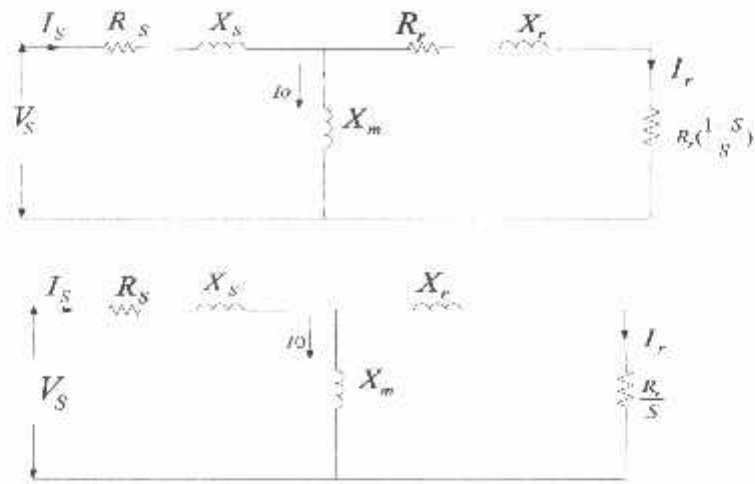
Dari rangkaian pengganti gambar diatas dapat dihitung :

$$\begin{aligned} \frac{R_r}{S} &= R_r + \frac{R_r}{S} - R_r \\ &= R_r + R_r \left[\frac{1}{S} - 1 \right] \\ &= R_r + R_r \left[\frac{1-S}{S} \right] \dots\dots\dots(2.13) \end{aligned}$$



Gambar 2 – 7d^[1] Rangkaian Ekivalen Motor Induksi

Dalam analisis rangkaian ekivalen sering disederhanakan dengan menghilangkan resistansi (R_c), sehingga rangkaian ekivalen pada gambar dapat berubah seperti dibawah ini, rangkaian ekivalen motor induksi yang disederhanakan menjadi rangkaian ekivalen model T.



Gambar 2 – 7c^[8] Rangkaian Ekivalen Motor Induksi Model T

Untuk mempermudah perhitungan, maka rangkaian diatas dapat disederhanakan dengan menggunakan rangkaian ekivalen thevenin menjadi sebagai berikut



Gambar 2 - 8^[1] Rangkaian Ekivalen Thevenin Motor Induksi

2.5.5 Parameter Dasar Motor Induksi

Dari rangkaian ekivalen gambar 2 - 7d, dinyatakan bahwa arus yang mengalir ke dalam rangkaian stator dipresentasikan dengan I_s dan arus yang mengalir ke dalam rangkaian rotor merujuk stator dipresentasikan dengan I_r

sedangkan arus yang mengalir ke dalam rangkaian inti dipresentasikan dengan I_0 . Parameter dasar dari suatu motor induksi dapat diperoleh melalui tiga macam parameter dasar dari suatu motor induksi yaitu melalui tiga macam pengujian standar, yakni pengujian dc untuk mencari nilai (R_s), pengujian beban nol untuk mencari nilai tahanan inti (R_c) dan nilai reaktansi magnetisasi (X_m), sedangkan pengujian hubung singkat dimaksudkan untuk mendapatkan nilai tahanan ekivalen (R_{ek}) (mempresentasikan gabungan tahanan belitan pada sisi stator R_s dengan tahanan belitan pada sisi rotor R_r) dan nilai reaktansi bocor ekivalen (X_{ek}) (mempresentasikan gabungan reaktansi bocor pada sisi stator X_s dengan reaktansi bocor pada sisi rotor X_r).

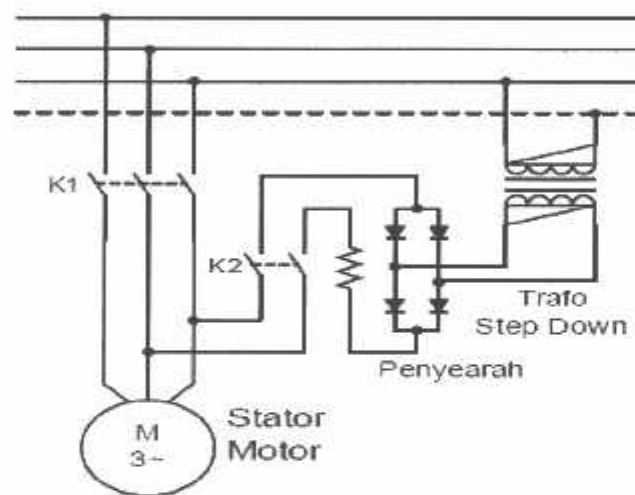
2.5.6 Masalah Dalam Rangkaian Ekivalen konvensional ^[3]

Dari reaktansi ekivalen X_{ek} , menurut IEEE standar diasumsikan bahwa nilai reaktansi $X_1 = X_2 = 0,5 X_{ek}$.

Penentuan tahanan rotor R_r pada rangkaian ekivalen konvensional dilakukan melalui pengujian hubung singkat, caranya adalah nilai tahanan hubung singkat atau tahanan ekivalen dikurangi oleh tahanan stator yang diperoleh dari hasil pengukuran dc secara langsung terhadap belitan stator. Dari pernyataan tersebut terlihat bahwa tahanan rotor dilakukan dengan slip sama dengan satu ($s = 1$) atau frekuensi 50 Hz, sedangkan pada waktu motor induksi dibebani harga slip jauh dibawah satu sesuai dengan besarnya beban. Selain itu pengaruh kenaikan temperatur akibat pembebanan akan mempengaruhi besaran tahanan rotor.

2.6.1.1 Pengereman Dinamik

Pengereman dinamik digunakan untuk menghentikan putaran rotor motor induksi. Tegangan pada stator diubah dari sumber tegangan AC menjadi tegangan DC dalam waktu yang sangat singkat. Torsi yang dihasilkan dari pengereman tergantung pada besar arus DC yang diinjeksikan pada belitan stator. Pada gambar menunjukkan bentuk rangkaian pengereman dengan injeksi arus searah pada motor induksi tiga fasa.



Gambar 3.9 Pengereman Dinamik dengan Injeksi Arus Searah pada Motor Induksi Tiga Fasa ^[6]

Arus searah yang diinjeksikan pada kumparan stator akan mengembangkan medan stasioner untuk menurunkan tegangan pada rotor.

Oleh karena kumparan rotor terhubung singkat, arus yang mengalir menghasilkan medan magnet. Medan magnet akan berputar dengan kecepatan yang sama dengan rotor tetapi dengan arah yang berlawanan untuk menjadikan stasioner terhadap stator. Interaksi medan resultan dan gerak gaya

magnet rotor akan mengembangkan torsi yang berlawanan dengan torsi motor sehingga pengereman terjadi. Torsi pengereman yang dihasilkan tergantung pada besar kecilnya arus injeksi DC pada belitan stator, karena torsi pengereman sebanding dengan arus injeksi. Sedangkan nilai tahanan (R) akan berpengaruh pada nilai kecepatan torsi pengereman terjadi. Semakin kecil nilai tahanan (R), semakin cepat torsi pengereman terjadi.

2.6.1.2 Pengereman Regeneratif

Pengereman jenis ini mirip dengan pengereman dinamik tetapi bagian yang diinjeksi tegangan DC adalah belitan stator. Oleh sebab itu metode ini hanya di pakai pada motor induksi tiga fasa jenis rotor belitan.

2.6.1.3 Pengereman Secara Mendadak (Plugging)

Pengereman mendadak adalah pengereman motor listrik dalam waktu yang sangat singkat. Pada pengereman Motor induksi tiga fasa cara ini dilakukan dengan cara membalik salah satu tegangan yang masuk ke belitan stator.

2.6.2 Pengereman Secara Mekanik

Pengereman pada motor induksi tiga fasa, secara umum masih menggunakan metoda yang sederhana, dengan cara pengereman secara mekanik dimana torsi pengereman dihasilkan oleh peralatan pengereman yang berupa sepatu rem dan drum yang terpasang pada poros motor. Pada pengereman ini energi putar dari rotor dikurangi dengan cara menekan poros rotor menggunakan

sepatu rem . Pengereman secara mekanik membutuhkan jadwal pemeliharaan teratur karena terdapat rugi – rugi mekanis seperti gesekan yang menimbulkan panas dan menghasilkan debu akibat gesekan.

BAB III

PENGUJIAN PARAMETER DAN PENEREMAN

3.1 Pengujian Parameter Motor Induksi

3.1.1 Pengujian Arus Scarah (*DC - Test*)

3.1.1.1 Alat alat yang digunakan

1. Motor asinkron 3 Ø, **DE LORENZO DL 1021**, dengan data-data sebagai berikut:

- Tegangan : 380/220 Volt, Star/Delta.
- Arus : 2,5 / 4,3 Ampere, Star / Delta.
- Cos Ø : 0,83
- Frekuensi : 50 Hz
- Daya : 1.1 KW
- Putaran : 2820 rpm
- Kutub : 2 Pole

2. Volt meter.
3. Amperemeter.

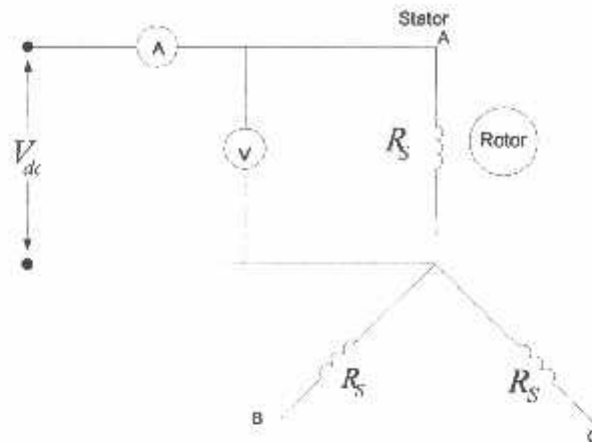
3.1.1.2 Tujuan Pengujian

- Mengetahui resistansi rotor Motor Induksi Tiga Fasa .

3.1.1.3 Pelaksanaan Pengujian

1. Memasang alat ukur sesuai gambar pengujian.
2. Catat tegangan dan arus pengujian.

3.1.1.4 Rangkaian Pengujian



Gambar 3.1 Rangkaian Pengujian DC Test

3.1.2 Pengujian Tanpa Beban (*No – Load Test*)

3.1.2.1 Alat alat yang digunakan

1. Motor asinkron 3 \emptyset , DE LORENZO DL 1021, dengan data-data sebagai berikut:
 - Tegangan : 380/220 Volt, Star/Delta.
 - Arus : 2,5 / 4,3 Ampere, Star / Delta.
 - $\cos \emptyset$: 0,83
 - Frekuensi : 50 Hz
 - Daya : 1,1 KW
 - Putaran : 2820 rpm
 - Kutub : 2 Pole
2. Volt meter.
3. Amperemeter.

3.1.2.2 Tujuan Pengujian

- Mengetahui Arus dan Daya Motor Induksi Tiga Fasa .

- Putaran : 2820 rpm
- Kutub : 2 Pole

2. Volt meter.
3. Amperemeter.

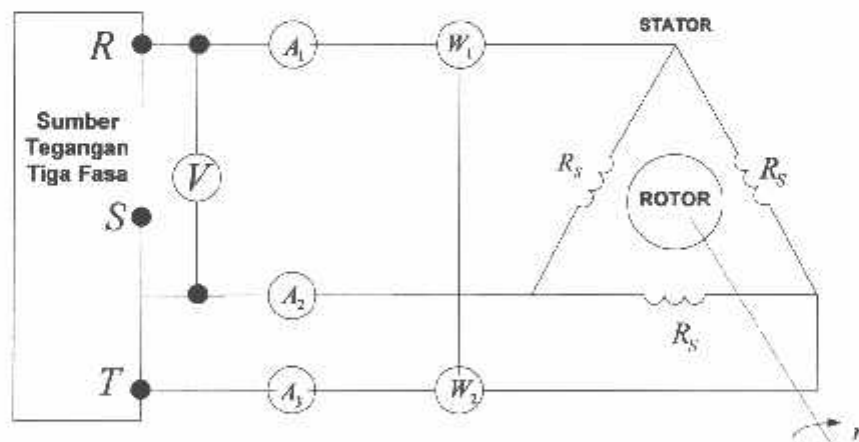
3.1.2.2 Tujuan Pengujian

- Mengetahui Arus dan Daya Pada saat rotor tertahan Motor Induksi Tiga Fasa .

3.1.2.3 Pelaksanaan Pengujian

1. Merangkai rangkaian pengujian sesuai gambar pengujian.
2. Memasang alat ukur sesuai gambar pengujian.
3. Motor ditahan supaya tidak berputar.
4. Catat tegangan, arus pengujian.

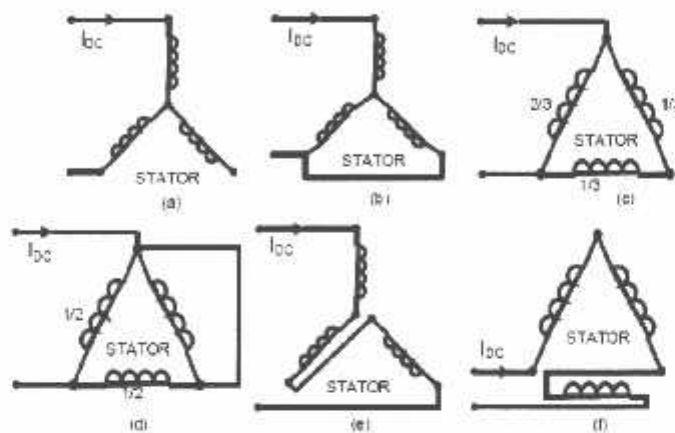
3.1.1.4 Rangkaian Pengujian



Gambar 3.3 Pengujian Rotor Tertahan (*Blocked Rotor Test*)

3.2 Perhitungan Besar Arus Injeksi DC untuk Pengereman Dinamik pada Motor Induksi Tiga Fasa

Sebelum melaksanakan pengujian pengereman dinamik terlebih dahulu melakukan perhitungan besar arus injeksi sesuai rumus pada masing- masing konfigurasi dibawah ini :



Gambar 3.4 Konfigurasi hubungan belitan stator [21][6]

Pada rangkaian pengereman dinamik untuk keenam konfigurasi rumus arus injeksi (Idc) ditabulasikan pada tabel 3.1 berikut ini :

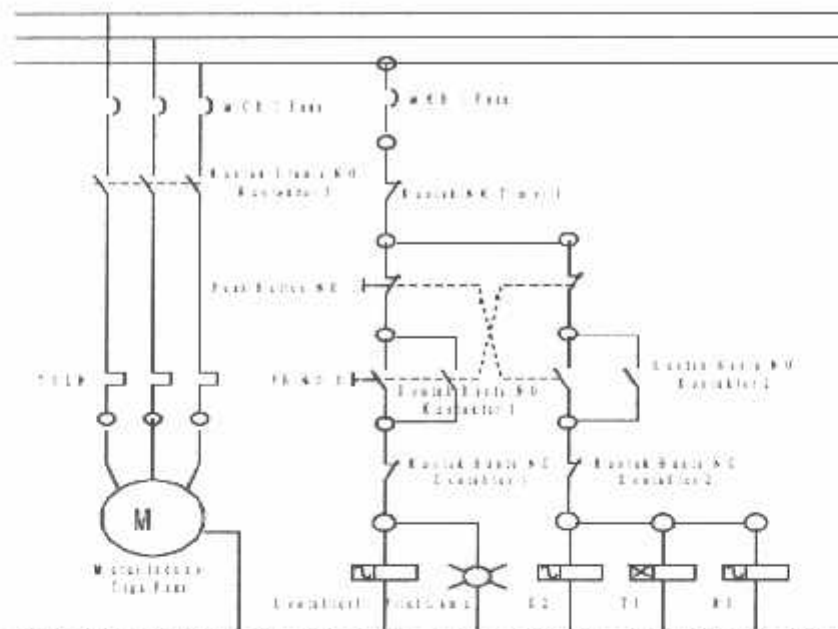
| No | Uraian | Rumus |
|----|---------------|---|
| 1. | Konfigurasi A | $I_{dc} = \sqrt{\frac{3}{2}} \cdot I_s$ |
| 2. | Konfigurasi B | $I_{dc} = \sqrt{2} \cdot I_s$ |
| 3. | Konfigurasi C | $I_{dc} = \frac{3}{\sqrt{2}} \cdot I_s$ |

| | | |
|----|----------------------|---|
| 4. | Konfigurasi D | $I_{dc} = \frac{2}{\sqrt{3}} \cdot I_s$ |
| 5. | Konfigurasi E | $I_{dc} = \frac{3.I_s}{2\sqrt{2}}$ |
| 6. | Konfigurasi F | $I_{dc} = \frac{3.I_s}{2\sqrt{2}}$ |

Tabel 3.1 Tabel rumus arus injeksi DC pada keenam konfigurasi hubungan belitan stator untuk pengereman dinamik^{[2][6]}

3.3 Pengujian Lama Waktu Berhenti Motor Induksi Tiga Fasa

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui lama waktu berhenti motor induksi tiga fasa. Hasil pengujian ini untuk mengetahui selisih lama waktu berhenti motor induksi tiga fasa tanpa beban. Gambar rangkaian penghentian motor induksi tiga fasa tanpa pengereman dinamik diperlihatkan pada gambar berikut ini :



Gambar 3.5 Rangkaian Pengujian motor induksi tiga fasa
tanpa pengereman dinamik ^{[2][6]}

3.3.1 Alat - alat yang digunakan

a) Motor asinkron 3 Ø, **DE LORENZO DL 1021**, dengan data-data sebagai berikut:

- Tegangan : 380/220 Volt, Star/Delta.
- Arus : 2,5 / 4,3 Ampere, Star / Delta.
- Cos Ø : 0,83
- Frekuensi : 50 Hz
- Daya : 1,1 KW
- Putaran : 2820 rpm
- Kutub : 2 Pole

b) Alat alat ukur :

- Ampere meter dan Voltmeter **DL 1031 DE LORENZO**.

- Volt Meter **SANWA CD 800**.
- Digital Clamp Meter **KYORITSU Kewsnap** model 2007 A.
- c) Output turret AC Voltage Regulator **DL 1013 M2 DE LORENZO**.
- d) Satu Kontaktor merk **Telemekanique LA₁ DN₂₂**.
- e) Over Load merk **Telemekanique LA₂ DN₁₃**.
- f) Stopwatch.
- g) Kabel Konektor.

3.3.2 Tujuan Pengujian

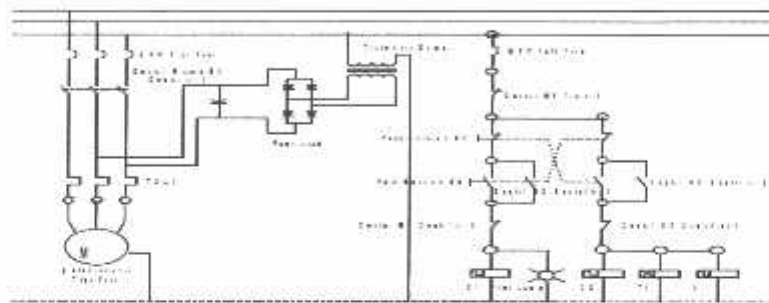
1. Mengetahui lama waktu berhenti Motor Induksi Tiga Fasa Tanpa Pengereman Dinamik .
2. Mengetahui Arus dan Tegangan AC.

3.3.3 Pelaksanaan Pengujian

- Merangkai rangkaian kontrol sesuai dengan gambar rangkaian pengujian.
- Merangkai rangkaian utama sesuai dengan gambar rangkaian pengujian.
- Motor Induksi di pertama asut dengan hubungan bintang kemudian setelah di catat hasilnya diganti dengan hubungan delta.
- Catat arus , tegangan tiga fasa dan lama berhenti.

3.4 Pengujian Lama Waktu Berhenti Motor Induksi Tiga Fasa dengan pengereman dinamik tanpa beban .

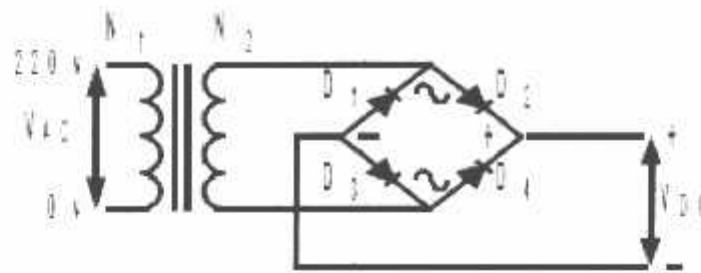
Pengujian dilakukan untuk mengetahui lama waktu berhenti motor induksi tiga fasa dengan pengereman dinamik. Hasil percobaan ini untuk mengetahui selisih lama waktu berhenti dengan dan tanpa pengereman dinamik. Gambar rangkaian penghentian motor induksi tiga fasa dengan pengereman dinamik untuk keenam konfigurasi hubungan belitan stator diperlihatkan pada gambar 3.6 berikut:



Gambar 3.6 Rangkaian penghentian motor induksi tiga fasa dengan pengereman dinamik pada salah satu konfigurasi ^{[2][6]}

3.4.1 PENYEARAH PENUH SATU FASA

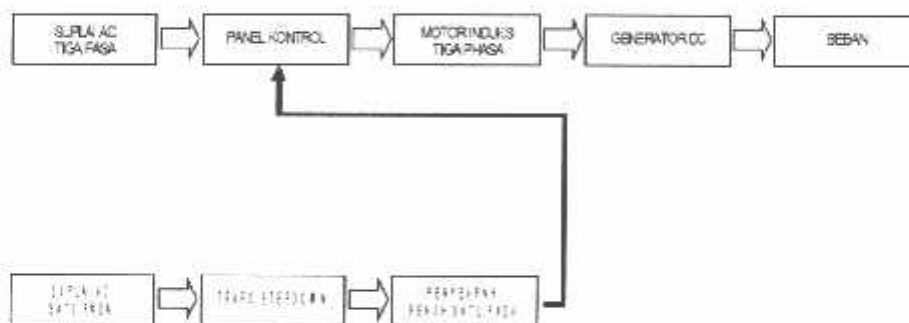
Penyearah yang dipakai pada alat ini adalah penyearah gelombang penuh dengan menggunakan transformator *step down* dan mempunyai tegangan keluaran DC positif. Rangkaian penyearah gelombang penuh dengan menggunakan transformator *step down* dapat dilihat pada gambar.



Gambar 3.7 Penyearah gelombang penuh ^{[2][6]}

Pada saat setengah siklus positif dioda D2 dan D3 akan konduksi untuk menghasilkan satu siklus positif dan pada siklus negative diada D4 dan dioda D1 akan konduksi untuk menghasilkan satu siklus negatif.

3.4.2 Blok Diagram Pengujian



Gambar 3.8 Blok Diagram Pengereman Dinamik ^{[2][6]}

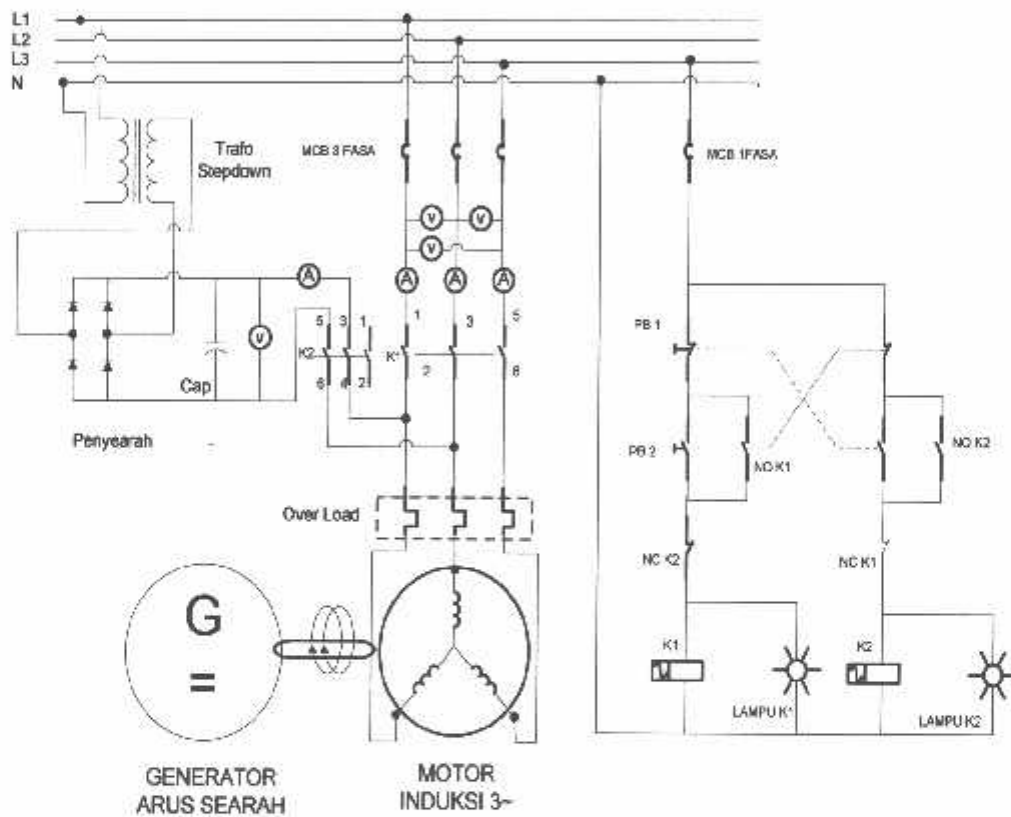
Keterangan :

1. Supply AC Tiga Fasa Pengujian yaitu : 110 V ,3 fasa
2. Panel control
3. Suplai AC 1 fasa
4. Trafo step down

5. Penyearah penuh 1 fasa
6. Motor Induksi Tiga Fasa
7. Generator DC
8. Beban berupagenerator Dc yang berbeban lampu 40 watt, 80 watt, 120 watt.

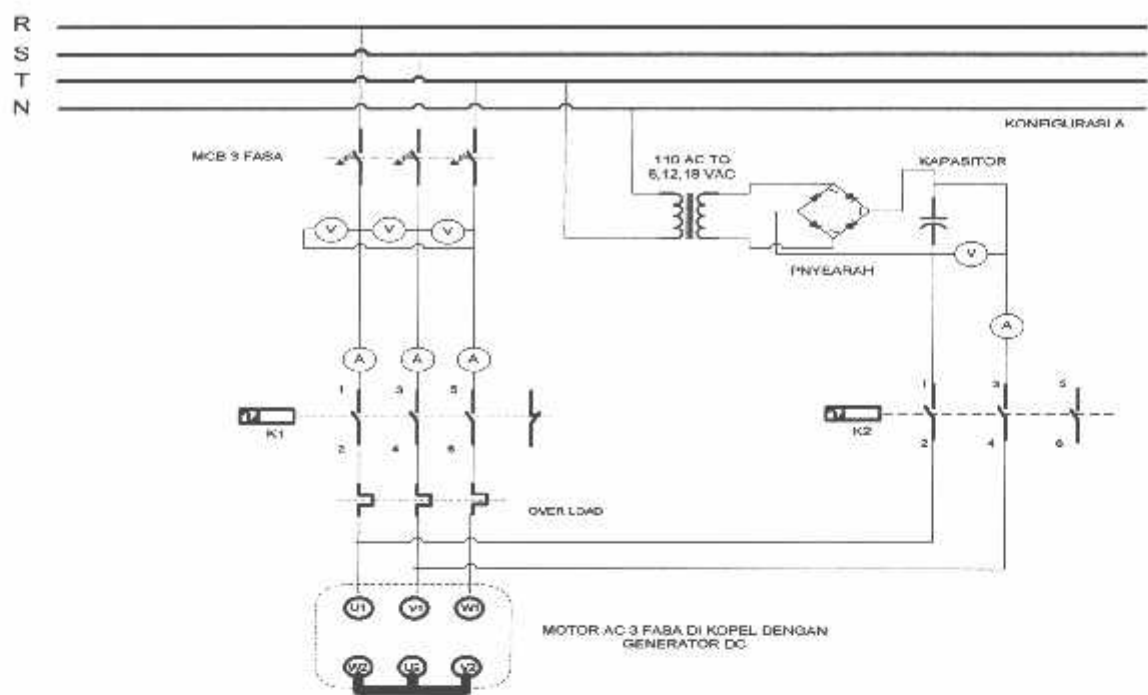
3.4.3 Rangkaian Utama dan Kontrol Pengujian

Rangkaian kontrol dalam pengujian ini adalah system interlocking

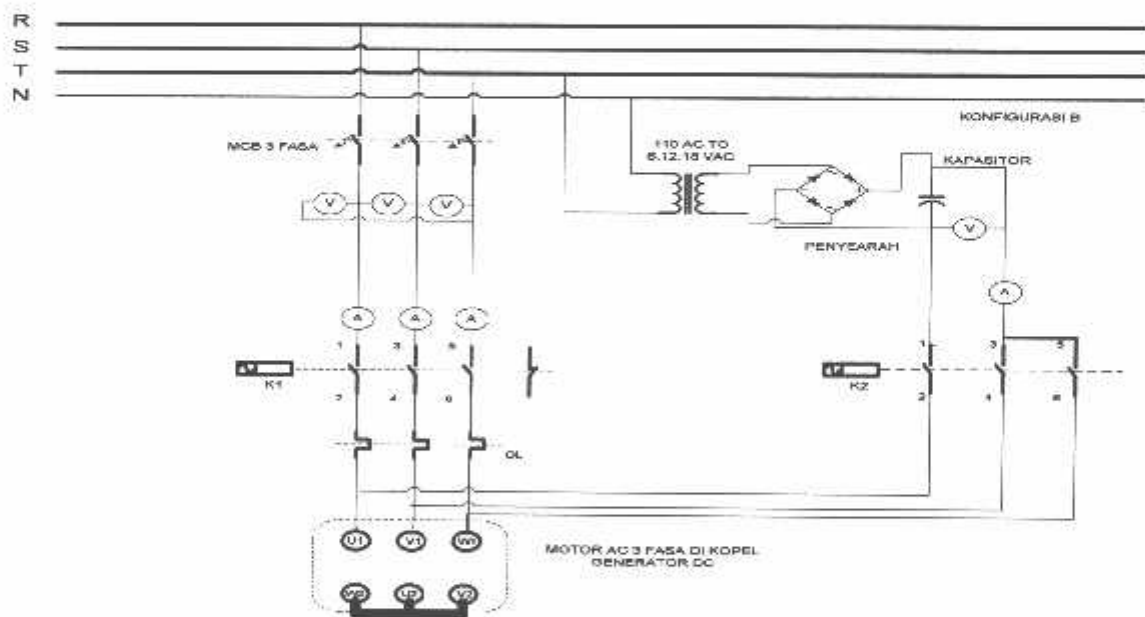


Gambar 3.9

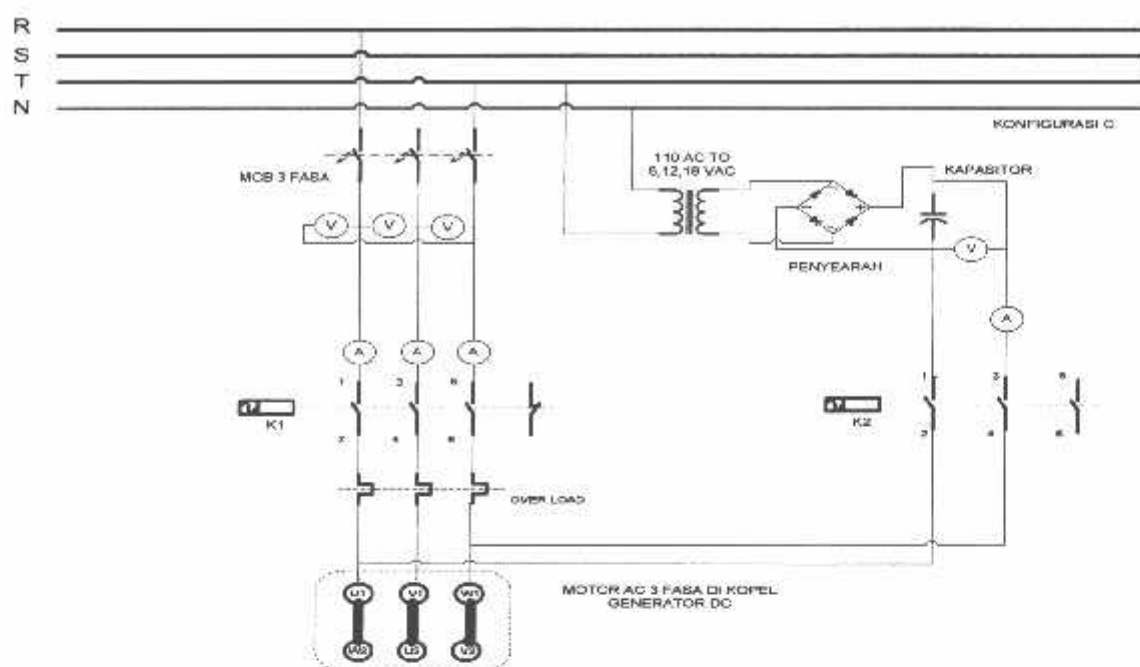
Konfigurasi Rangkaian Utama dan Kontrol Pengujian Pengereman Dinamik ^{[3][4]}



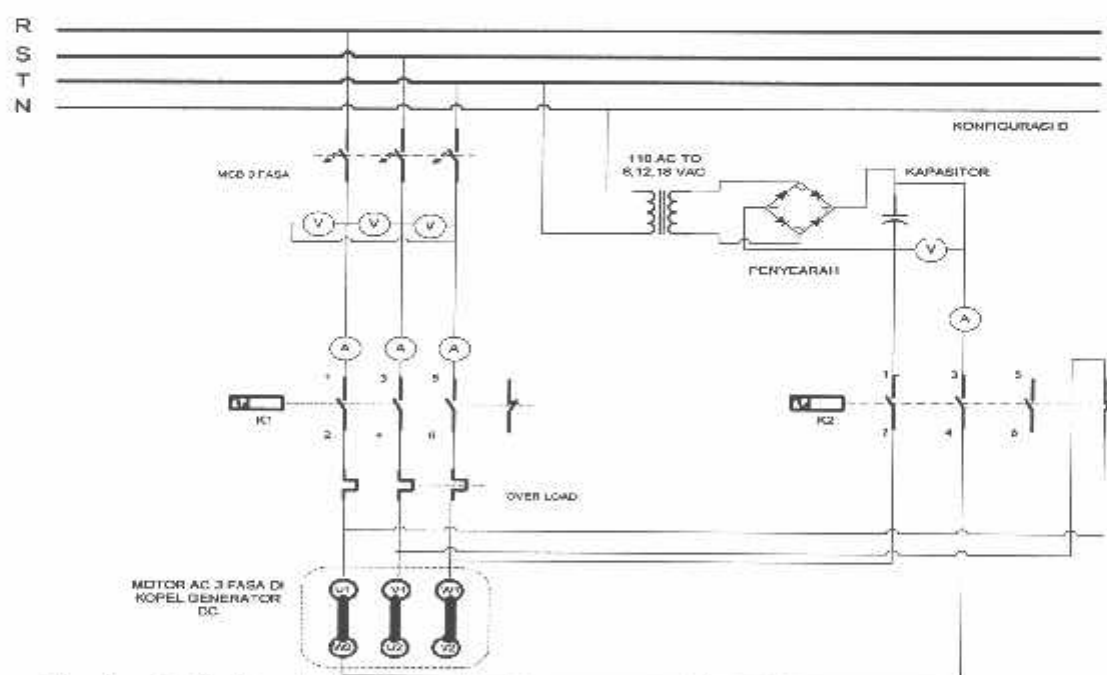
Gambar 3.10 Rangkaian Pengujian Pengereman Dinamik Dengan konfigurasi A
Tanpa Beban



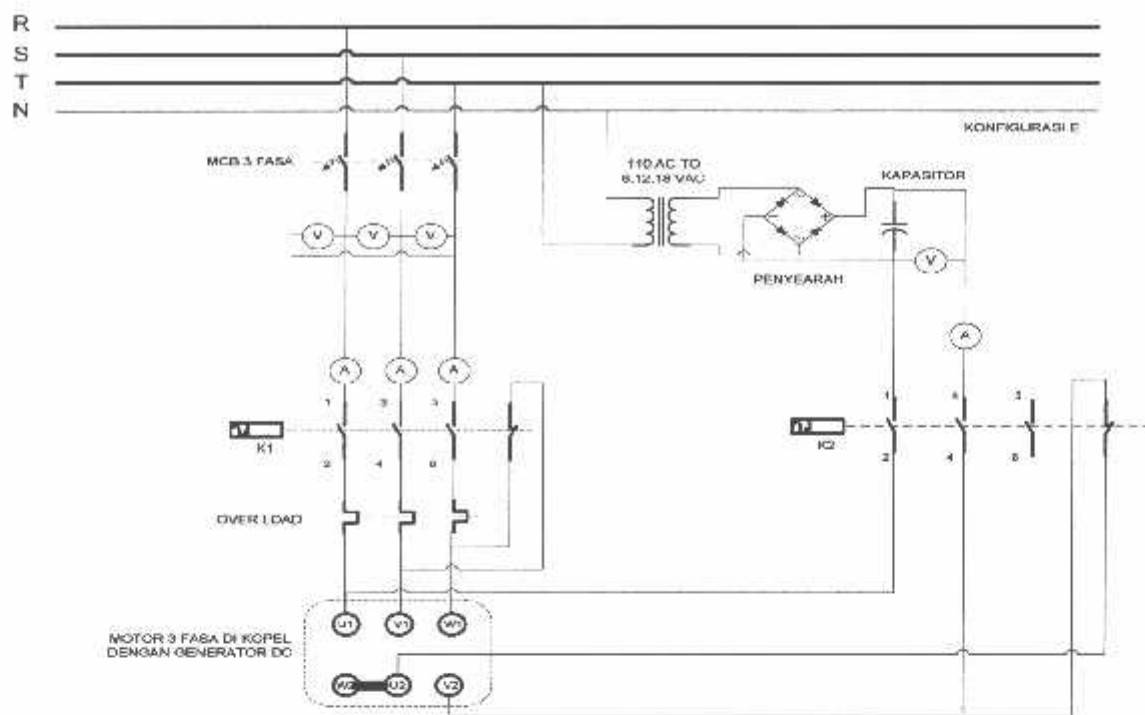
Gambar 3.11 Rangkaian Pengujian Pengereman Dinamik Dengan konfigurasi B
Tanpa Beban



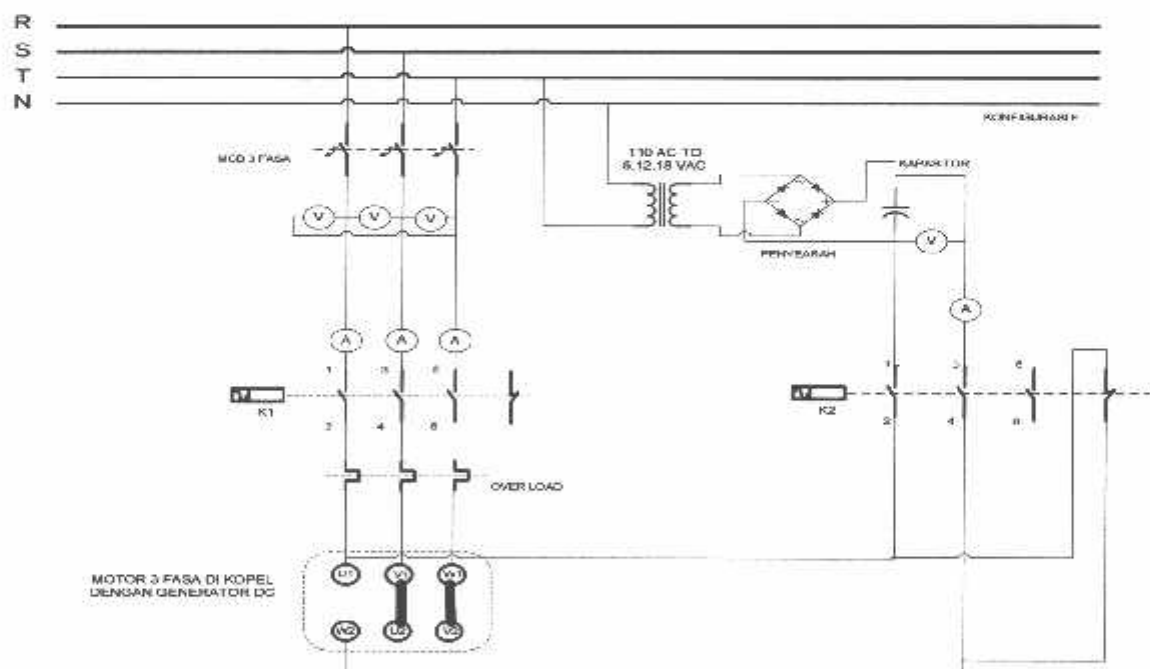
Gambar 3.12 Rangkaian Pengujian Pengereman Dinamik Dengan konfigurasi C
Tanpa Beban



Gambar 3.13 Rangkaian Pengujian Pengereman Dinamik Dengan konfigurasi D
Tanpa Beban



Gambar 3.14 Rangkaian Pengujian Pengereman Dinamik Dengan konfigurasi E
Tanpa Beban



Gambar 3.15 Rangkaian Pengujian Pengereman Dinamik Dengan konfigurasi F
Tanpa Beban

3.5 Pengujian Pengereman dinamik dengan tegangan injeksi 6 volt

3.5.1 Tujuan Pengujian

1. Mengetahui lama waktu berhenti Motor Induksi Tiga Fasa dengan Pengereman Dinamik pada tegangan 6 Volt.
2. Mengetahui arus dan tegangan yang di injeksikan serta lama waktu berhenti rotor.

3.5.2 Alat - alat yang digunakan

- a) Motor asinkron 3 Ø, **DE LORENZO DL 1021**, dengan data-data sebagai berikut:

- Tegangan : 380/220 Volt, Star/Delta.
- Arus : 2,5 / 4,3 Ampere, Star / Delta.
- Cos Ø : 0,83
- Frekuensi : 50 Hz
- Daya : 1,1 KW
- Putaran : 2820 rpm
- Kutub : 2 Pole

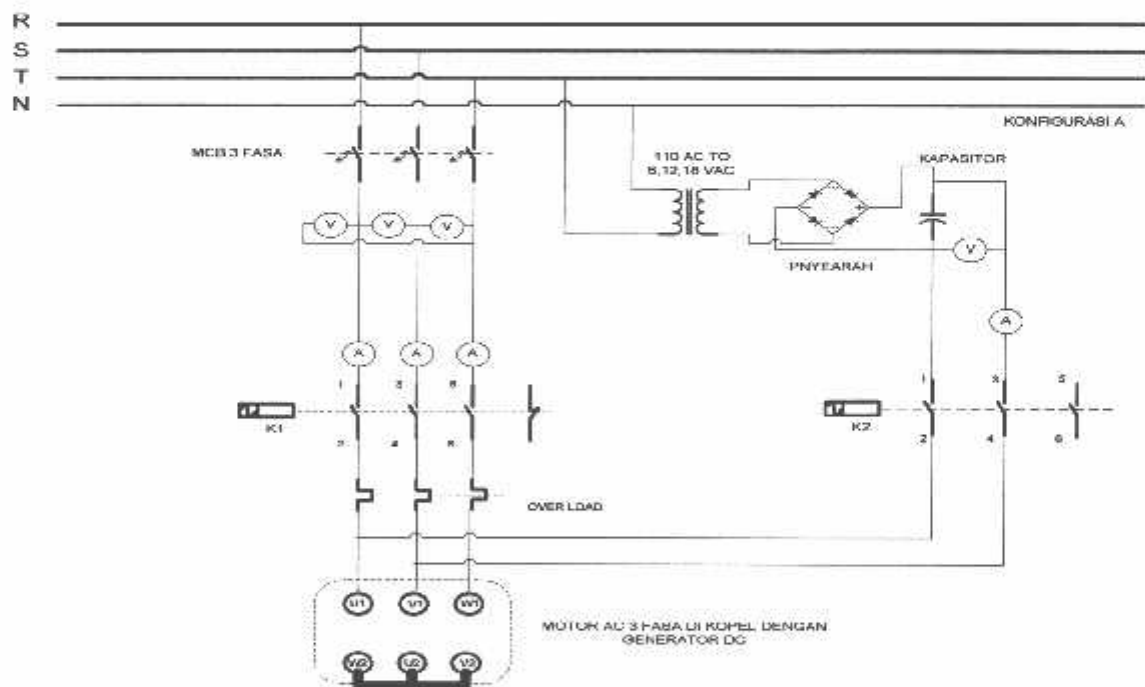
- b) Generator arus searah penguatan bebas, **DE LORENZO DL 1025**, dengan data-data sebagai berikut :

- Tegangan : 220 Volt
- Arus : 3,4 Ampere.
- Putaran : 2850 rpm
- Kapasitas : 0,75 KW

- c) Alat alat ukur :

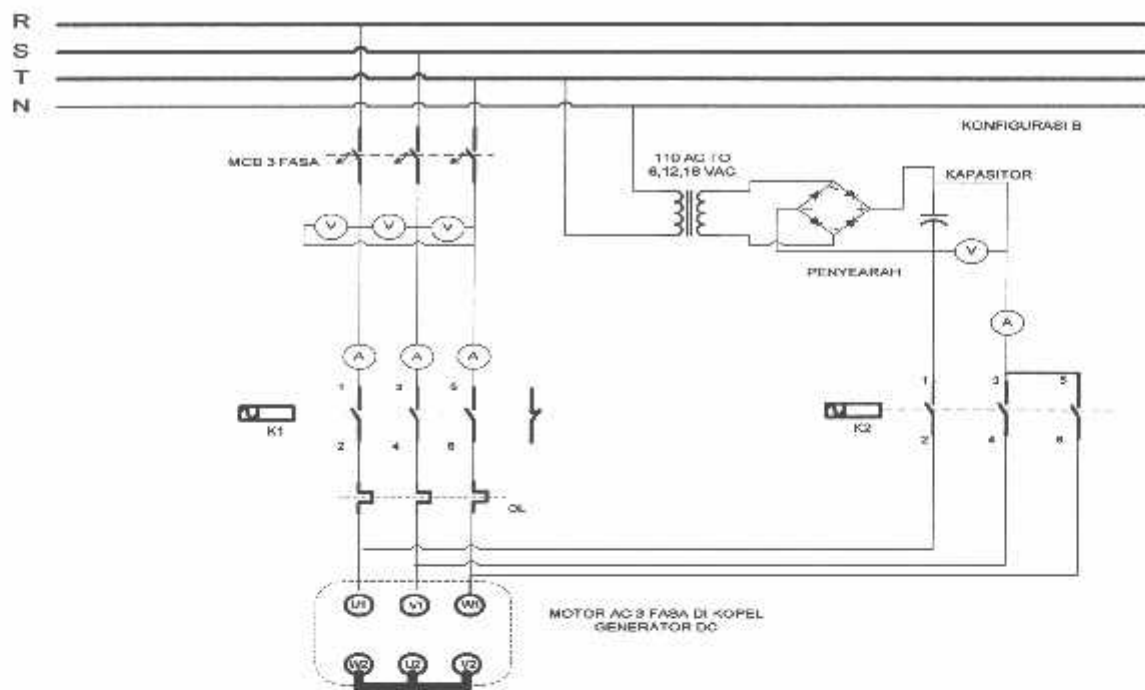
- Ampere meter dan Voltmeter **DE LORENZO DL 1031**.
- Volt Meter **SANWA CD 800**.
- Digital Clamp Meter **KYORITSU Kewsnap** model 2007 A.
- d) Output turret AC Voltage Regulator **DL 1013 M2 DE LORENZO**.
- e) Output turret DC Voltage Regulator **DL 1013 M2 DE LORENZO**.
- f) Power Supply DC **DL 2637 DE LORENZO** untuk generator DC.
- g) Dua buah Kontaktor merk **Telemekanique LA₁ DN₂₂**.
- h) Over Load merk **Telemekanique LA₂ DN₁₃**.
- i) Timer.
- j) Stopwatch.
- k) Kabel Konektor.

3.5.3 Rangkaian Pengujian



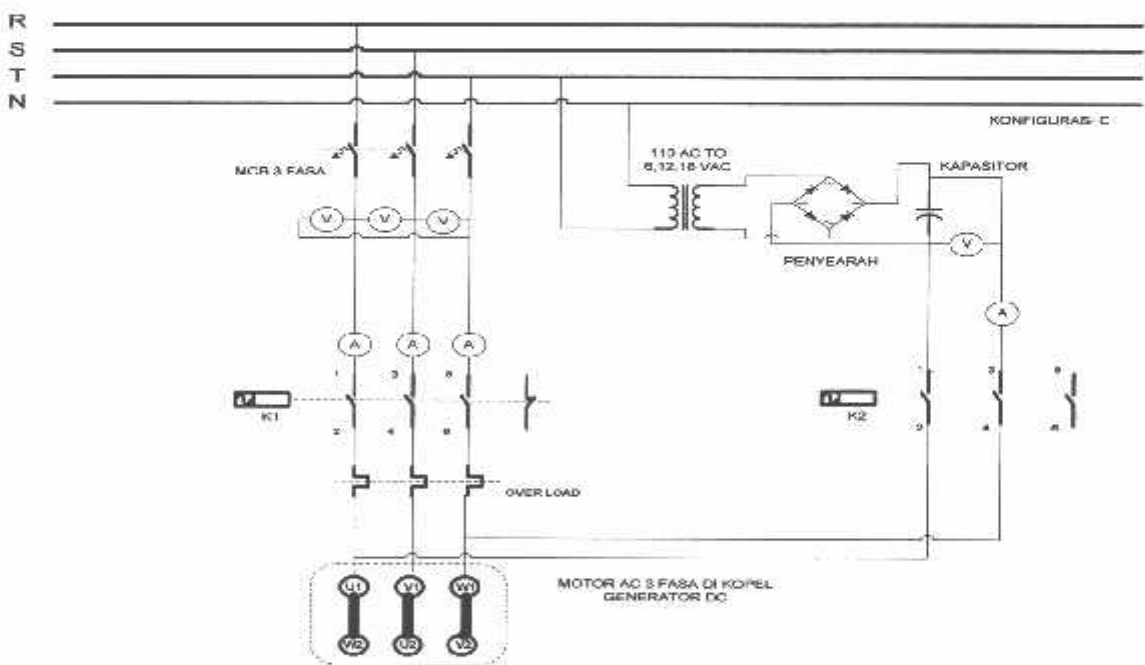
Gambar 3.16 Rangkaian Pengujian Pengereman Dinamik Dengan Konfigurasi A

Tegangan Injeksi 6 Volt



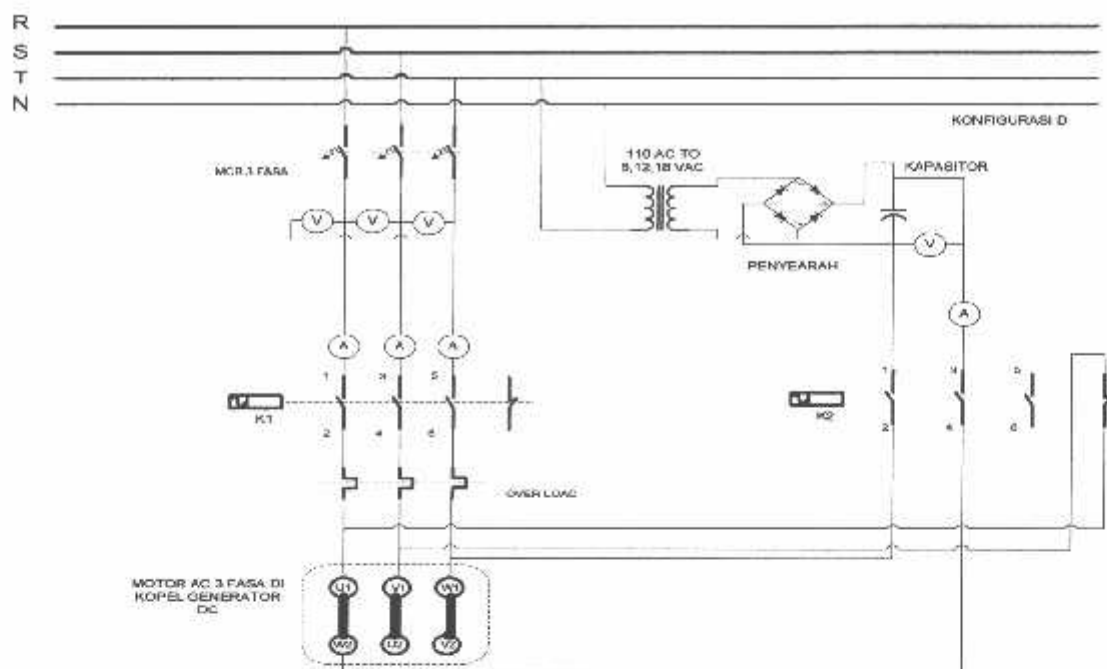
Gambar 3.17 Rangkaian Pengujian Pengereman Dinamik Dengan konfigurasi B

Tegangan Injeksi 6 Volt



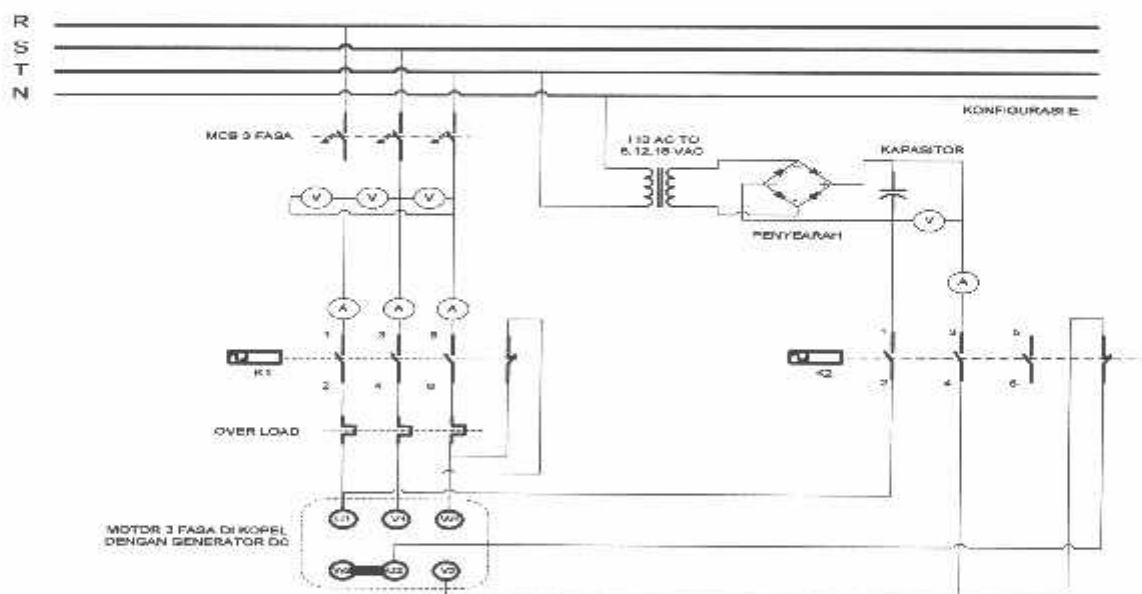
Gambar 3.18 Rangkaian Pengujian Pengereman Dinamik Dengan konfigurasi C

Tegangan Injeksi 6 Volt



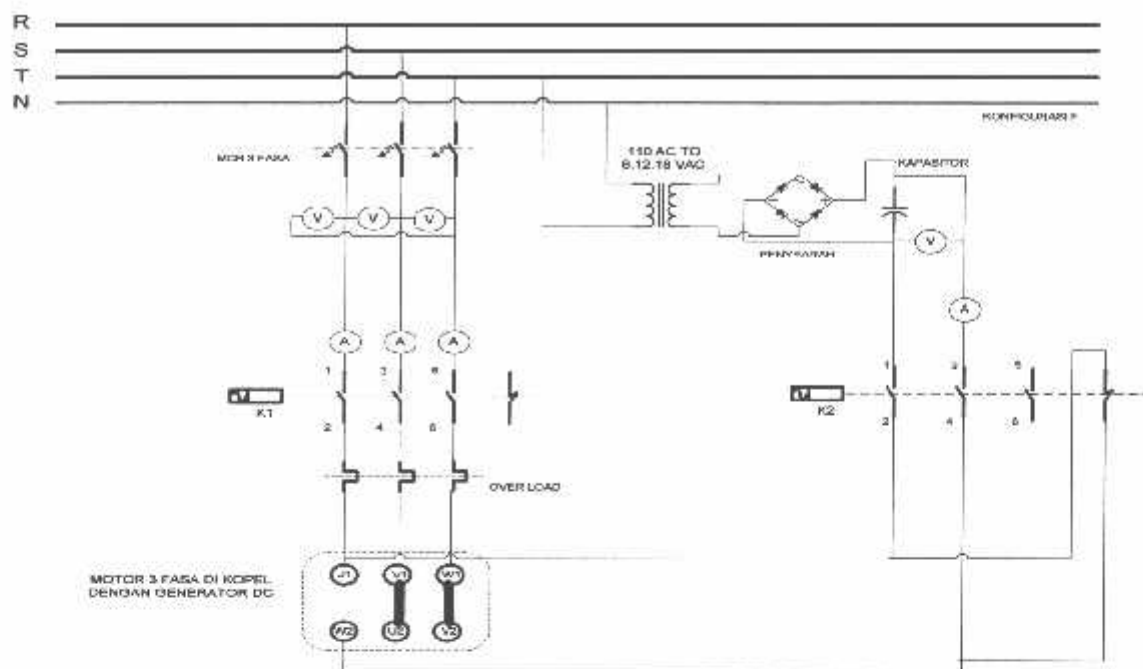
Gambar 3.19 Rangkaian Pengujian Pengereman Dinamik Dengan konfigurasi D

Tegangan Injeksi 6 Volt



Gambar 3.20 Rangkaian Pengujian Pengereman Dinamik Dengan konfigurasi E

Tegangan Injeksi 6 Volt



Gambar 3.21 Rangkaian Pengujian Pengereman Dinamik Dengan konfigurasi F
Tegangan Injeksi 6 Volt

3.5.4 Pelaksanaan Pengujian

1. Merangkai rangkaian kontrol sesuai dengan gambar rangkaian pengujian.
2. Merangkai rangkaian utama sesuai dengan gambar rangkaian pengujian.
3. Setting tegangan Injeksi DC 6 Volt .
4. Catat Tegangan injeksi , Arus injeksi dan lama berhenti.
5. Ulangi Pengujian mulai beban 0 watt sampai 120 watt dari konfigurasi A hingga F.

3.6 Pengujian Pengereman dinamik dengan tegangan injeksi 12 volt

3.6.1 Tujuan Pengujian

1. Mengetahui lama waktu berhenti Motor Induksi Tiga Fasa dengan Pengereman Dinamik pada tegangan DC injeksi 12 Volt .
2. Mengetahui arus dan tegangan yang di injeksikan serta lama waktu berhenti rotor.

3.6.2 Alat - alat yang digunakan

- a. Motor asinkron 3 Ø, **DE LORENZO DL 1021**, dengan data-data sebagai berikut:

- Tegangan : 380/220 Volt, Star/Delta.
- Arus : 2,5 / 4,3 Ampere, Star / Delta.
- Cos Ø : 0,83
- Frekuensi : 50 Hz
- Daya : 1,1 KW
- Putaran : 2820 rpm
- Kutub : 2 Pole

- b. Generator arus scarah penguatan bebas, **DE LORENZO DL 1025**, dengan data-data sebagai berikut :

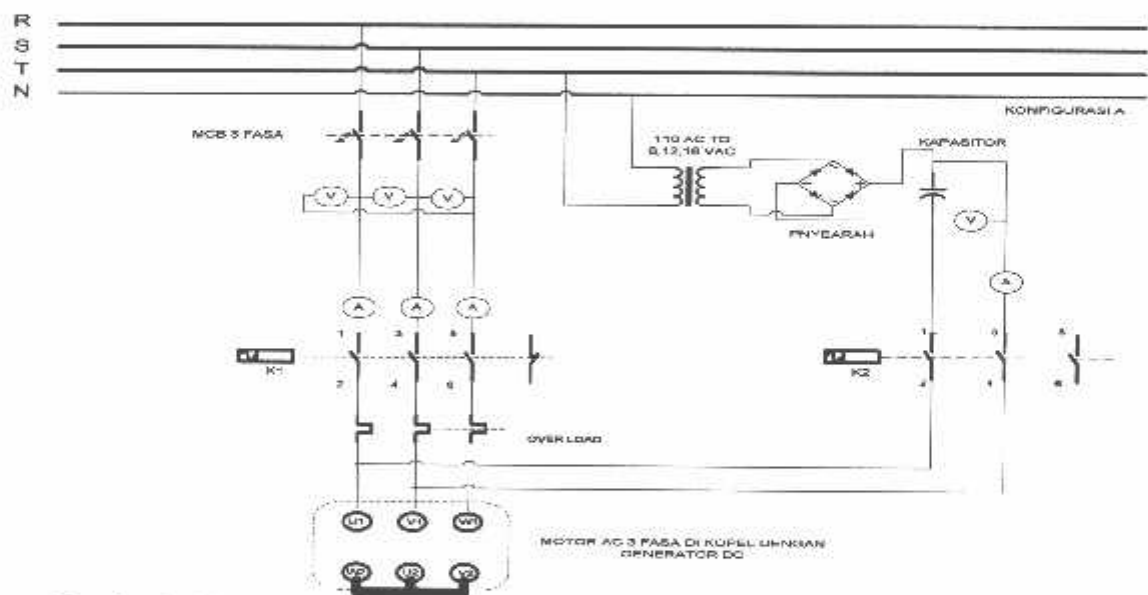
- Tegangan : 220 Volt
- Arus : 3,4 Ampere.
- Putaran : 2850 rpm
- Kapasitas : 0,75 KW

- c. Alat alat ukur :

- Ampere meter dan Voltmeter **DL 1031 DE LORENZO**.
- Volt Meter **SANWA CD 800**.

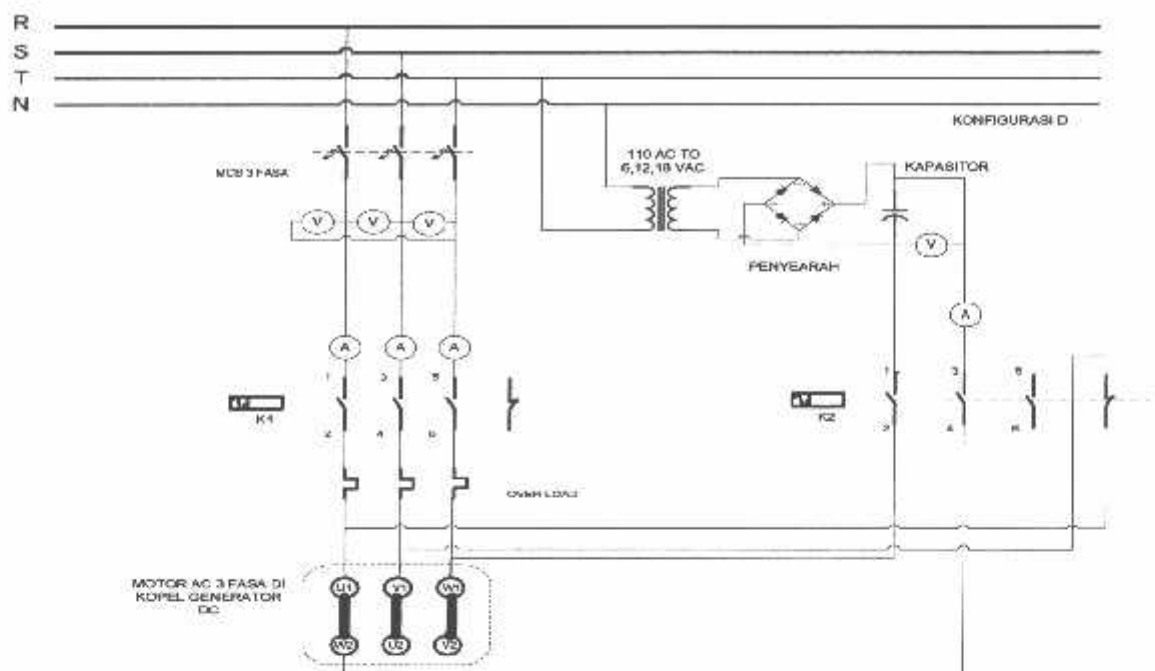
- Digital Clamp Meter **KYORITSU** Kewsnap model 2007 A.
- d. Output turret AC Voltage Regulator **DL 1013 M2 DE LORENZO**.
- e. Output turret DC Voltage Regulator **DL 1013 M2 DE LORENZO**.
- f. Power Supply DC **DL 2637 DE LORENZO** untuk generator DC.
- g. Dua buah Kontaktor merk **Telemekanique LA₁ DN₂₂**.
- h. Over Load merk **Telemekanique LA₂ DN₁₃**.
- i. Timer.
- j. Stopwatch.
- k. Kabel Konektor.

3.6.3 Rangkaian Pengujian



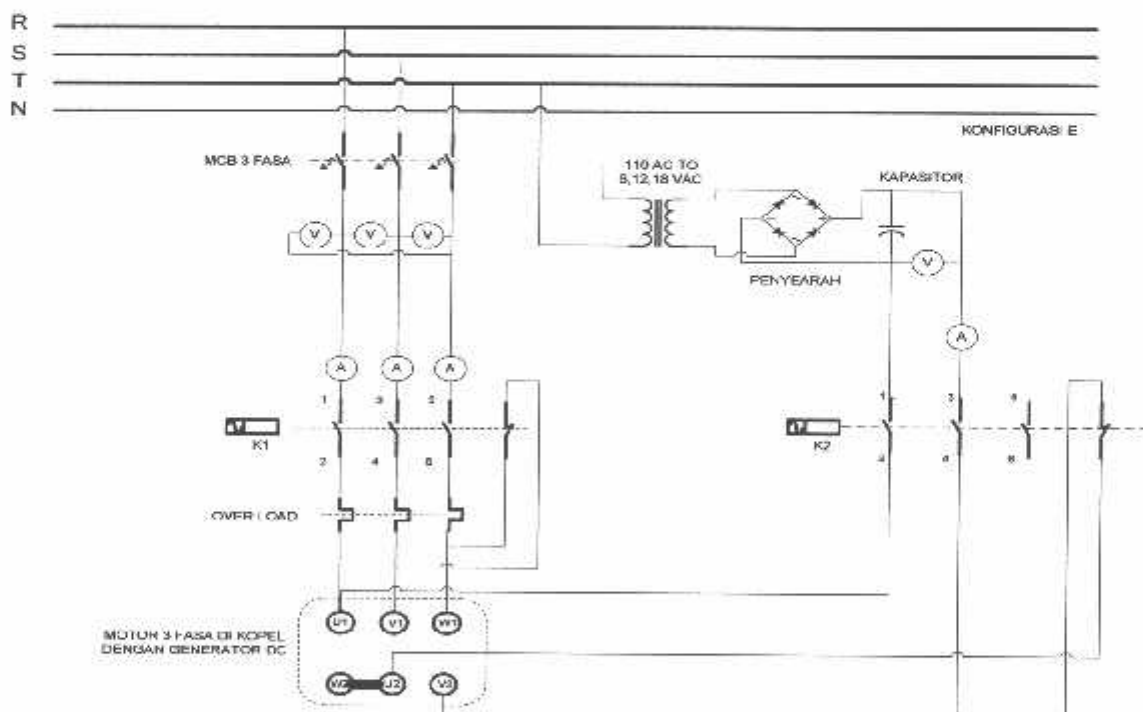
Gambar 3.22 Rangkaian Pengujian Pengereman Dinamik Dengan konfigurasi A

Tegangan Injeksi 12Volt



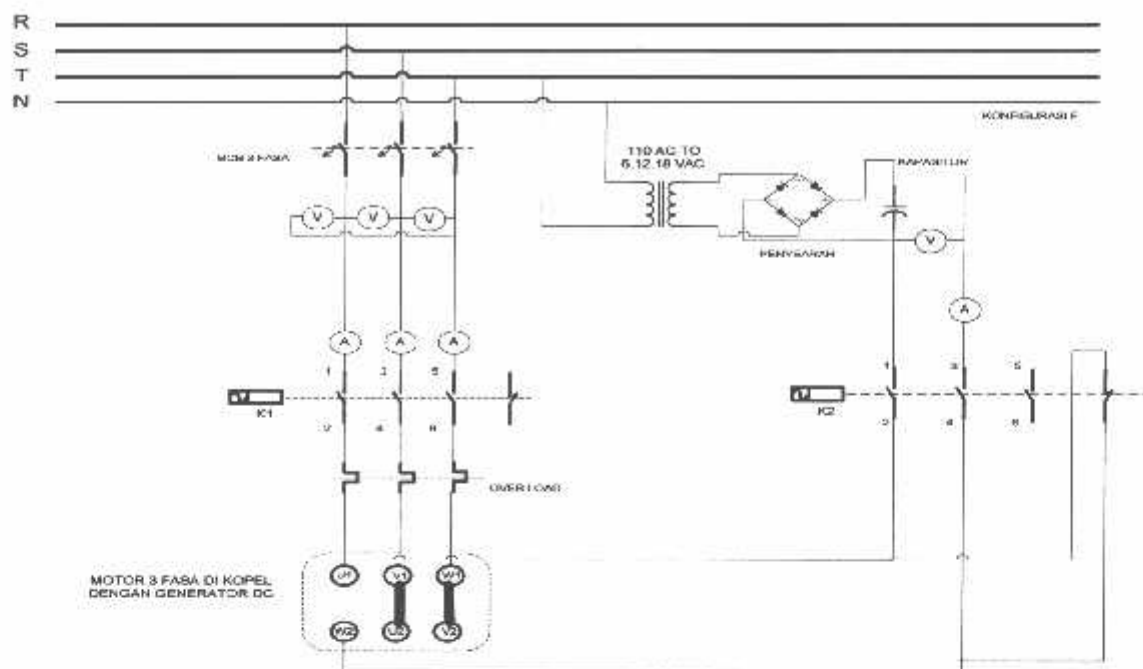
Gambar 3.25 Rangkaian Pengujian Pengereman Dinamik Dengan konfigurasi D

Tegangan Injeksi 12Volt



Gambar 3.26 Rangkaian Pengujian Pengereman Dinamik Dengan konfigurasi E

Tegangan Injeksi 12Volt



Gambar 3.27 Rangkaian Pengujian Pengereman Dinamik Dengan konfigurasi F
Tegangan Injeksi 12Volt

3.6.3 Pelaksanaan Pengujian

1. Merangkai rangkaian kontrol sesuai dengan gambar rangkaian pengujian.
2. Merangkai rangkaian utama sesuai dengan gambar rangkaian pengujian.
3. Setting tegangan injeksi DC 12 Volt .
4. Catat Tegangan injeksi , Arus injeksi dan lama berhenti
5. Ulangi Pengujian mulai beban 0 watt,sampai 120 watt dari Konfigurasi A hingga F.

3.7 Pengujian Pengereman dinamik dengan tegangan injeksi 18 volt

3.7.1 Tujuan Pengujian

1. Mengetahui lama waktu berhenti motor induksi tiga fasa dengan pengereman dinamik pada tegangan DC injeksi 18 Volt .
2. Mengetahui arus dan tegangan yang di injeksikan serta lama waktu berhenti rotor.

3.7.2 Alat - alat yang digunakan

3.6.2 Alat - alat yang digunakan

- a. Motor asinkron 3 Ø, **DE LORENZO DL 1021**, dengan data-data sebagai berikut:

- Tegangan : 380/220 Volt, Star/Delta.
- Arus : 2,5 / 4,3 Ampere, Star / Delta.
- Cos Ø : 0,83
- Frekuensi : 50 Hz
- Daya : 1,1 KW
- Putaran : 2820 rpm
- Kutub : 2 Pole

- b. Generator arus searah penguatan bebas, **DE LORENZO DL 1025**, dengan data-data sebagai berikut :

- Tegangan : 220 Volt
- Arus : 3,4 Ampere.
- Putaran : 2850 rpm
- Kapasitas : 0,75 KW

c. Alat alat ukur :

- Ampere meter dan Voltmeter **DL 1031 DE LORENZO**.

- Volt Meter **SANWA CD 800**.

- Digital Clamp Meter **KYORITSU** Kewsnap model 2007 A.

d. Output turret AC Voltage Regulator **DL 1013 M2 DE LORENZO**.

e. Output turret DC Voltage Regulator **DL 1013 M2 DE LORENZO**.

f. Power Supply DC **DL 2637 DE LORENZO** untuk generator DC.

g. Dua buah Kontaktor merk **Telemekanique LA₁ DN₂₂**.

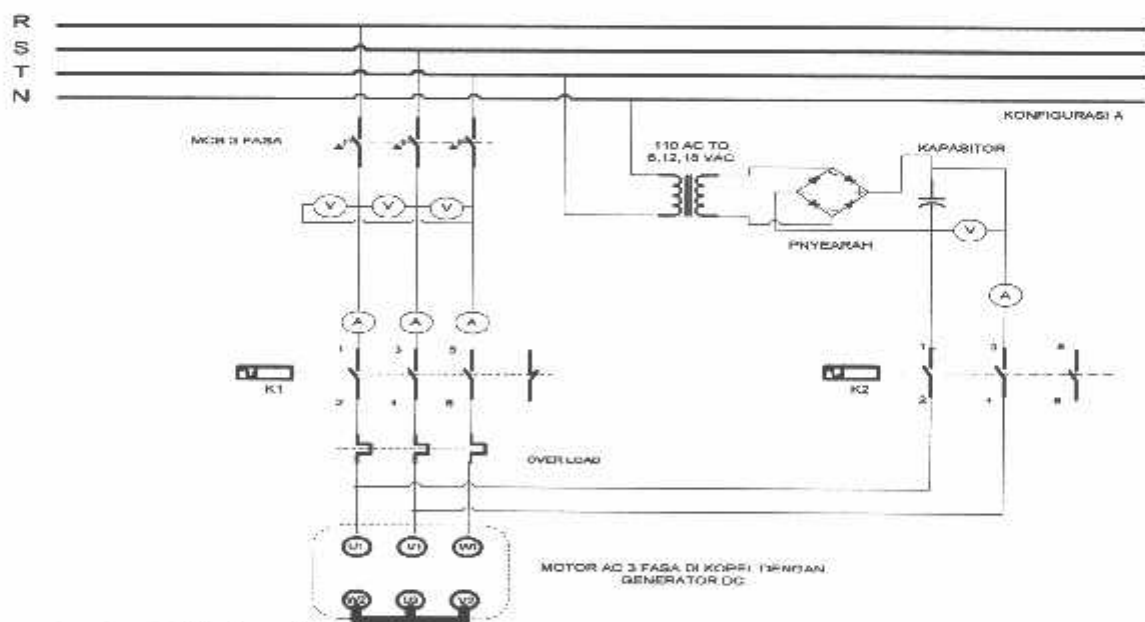
h. Over Load merk **Telemekanique LA₂ DN₁₃**.

i. Timer.

j. Stopwatch.

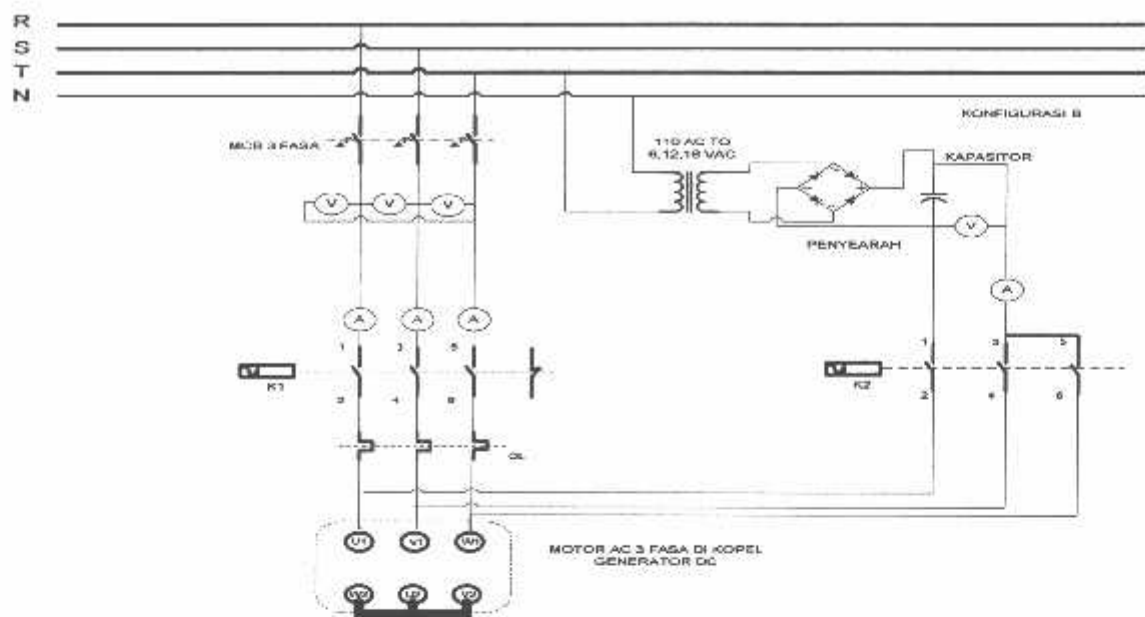
k. Kabel Konektor.

3.7.3 Rangkaian Pengujian

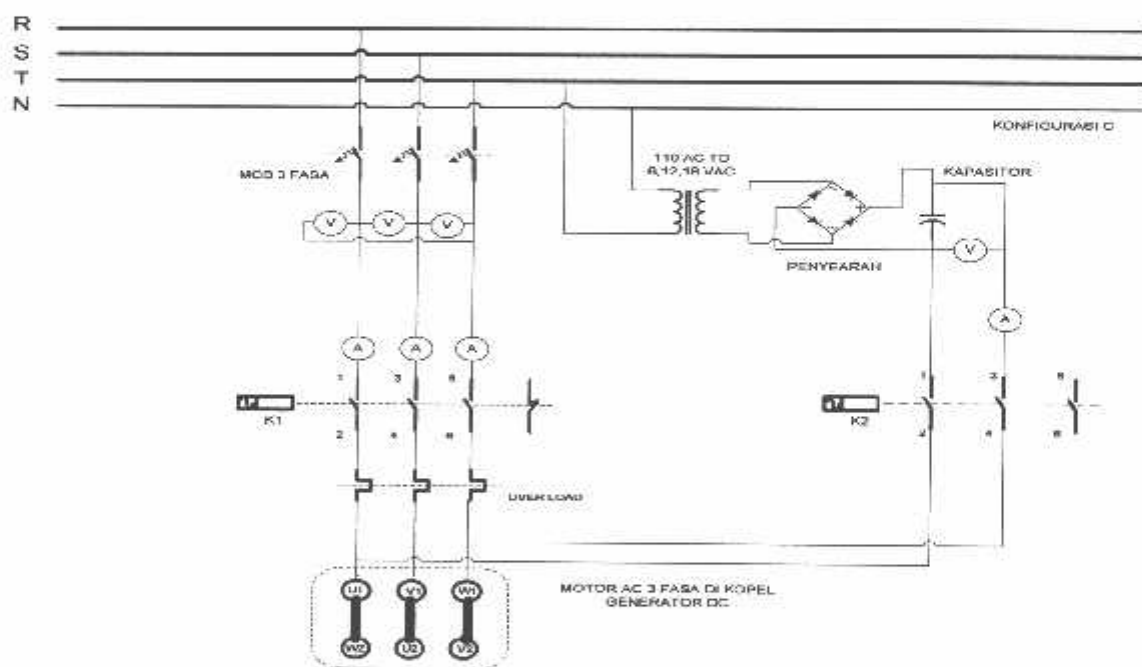


Gambar 3.28 Rangkaian Pengujian Pengereman Dinamik Dengan konfigurasi A

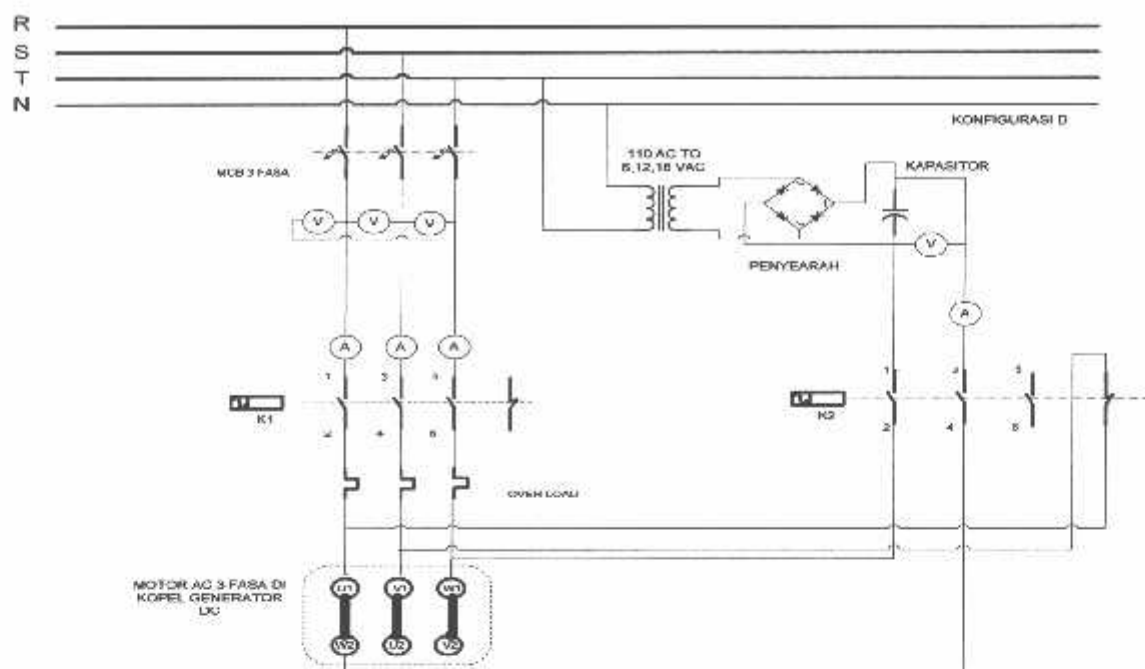
Tegangan Injeksi 18Volt



Gambar 3.29 Rangkaian Pengujian Pengereman Dinamik Dengan konfigurasi B
Dengan Tegangan Injeksi 18Volt

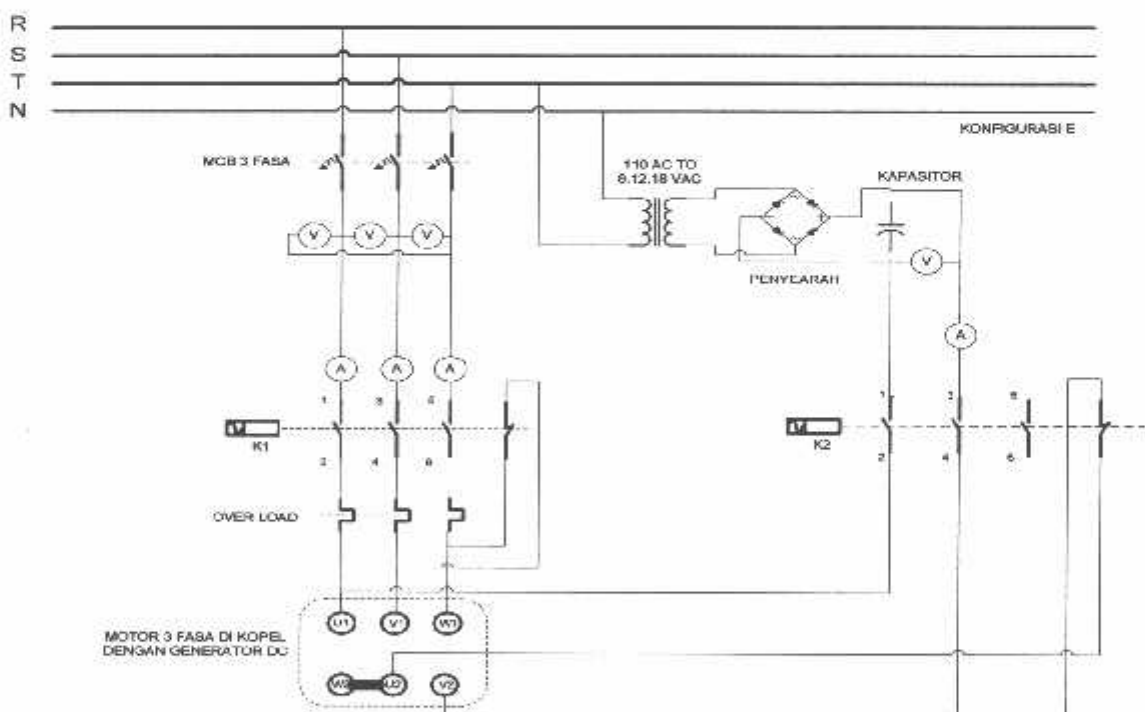


Gambar 3.30 Rangkaian Pengujian Pengereman Dinamik Dengan konfigurasi C
Tegangan Injeksi 18Volt



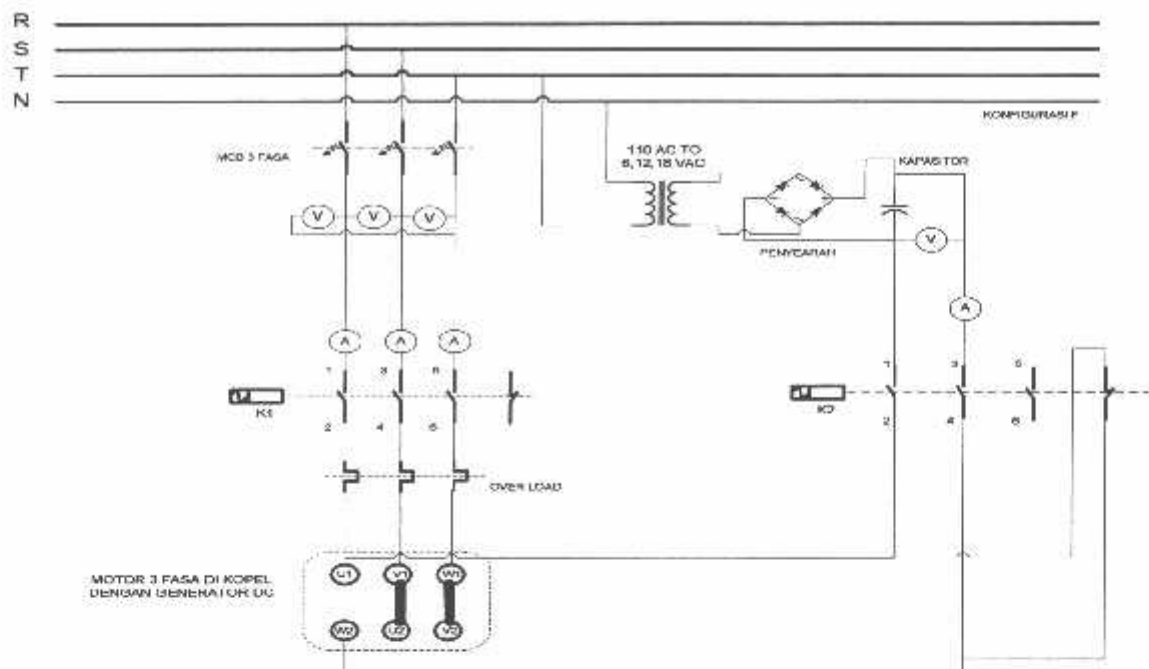
Gambar 3.31 Rangkaian Pengujian Pengereman Dinamik Dengan konfigurasi D

Tegangan Injeksi 18Volt



Gambar 3.32 Rangkaian Pengujian Pengereman Dinamik Dengan konfigurasi E

Tegangan Injeksi 18Volt



Gambar 3.33 Rangkaian Pengujian Pengereman Dinamik Dengan konfigurasi F

Tegangan Injeksi 18Volt

3.7.4 Pelaksanaan Pengujian

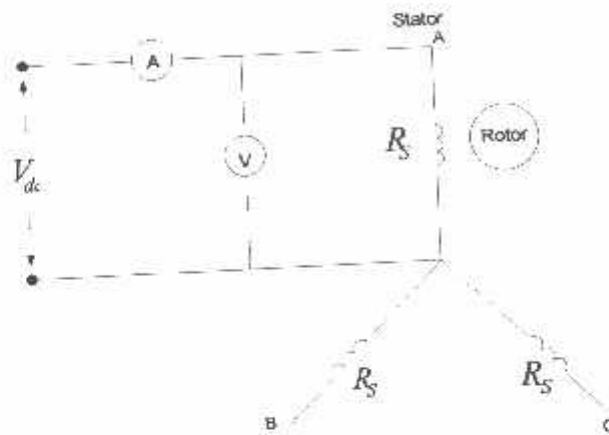
1. Merangkai rangkaian kontrol sesuai dengan gambar rangkaian pengujian.
2. Merangkai rangkaian utama sesuai dengan gambar rangkaian pengujian.
3. Setting tegangan injeksi DC menjadi 18 Volt .
4. Catat Tegangan injeksi , Arus injeksi dan lama berhenti.
5. Ulangi Pengujian mulai beban 0 wattt sampai 120 watt dari konfigurasi A hingga F.

BAB IV

ANALISA PENGUJIAN

4.1 Pengujian Parameter Motor

4.1.1 Analisa Pengujian Arus Searah (*DC – Test*)



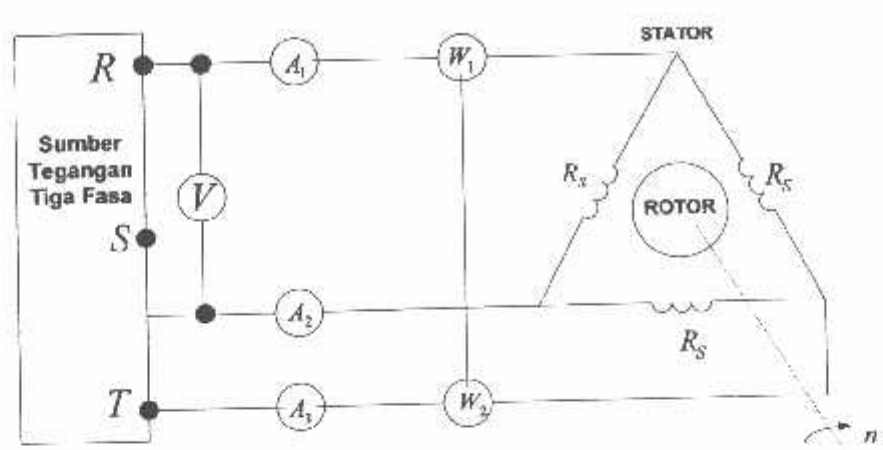
Gambar 4.1 Gambar pengujian arus searah

Tabel 4 – 1

Data Hasil Pengujian Arus - Searah

| Vdc (Volt) | I (Ampere) |
|--------------|--------------|
| 4 | 1,6 |
| 8 | 2,2 |
| 12 | 2,8 |
| 16 | 3,4 |
| 20 | 3,8 |

4.1.2 Pengujian Tanpa Beban (*No – Load Test*)



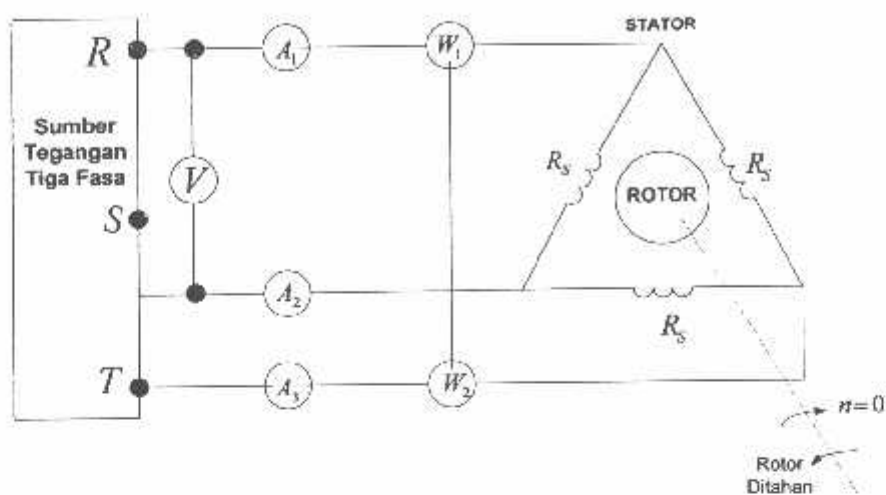
Gambar 4.2 Pengujian Tanpa Beban (*No – Load Test*)

Tabel 4 - 2

Data Hasil Pengujian Beban Nol

| I (Ampere) | | | W 3□ (Watt) | V (Volt) | F (Hz) |
|----------------|----------------|----------------|------------------|---------------|-------------|
| A ₁ | A ₂ | A ₃ | | | |
| 2,64 | 2,64 | 2,64 | 120 | 220 | 50 |

4.1.3. Pengujian Rotor Tertahan (Blocked-Rotor Test)



Gambar 4.3 Pengujian Rotor Tertahan (Blocked – Rotor Test)

Tabel 4 - 3

Data Hasil Rotor Tertahan

| I (Ampere) | | | W 3 \square (Watt) | V (Volt) | F (Hz) |
|----------------|----------------|----------------|---------------------------|---------------|-------------|
| A ₁ | A ₂ | A ₃ | | | |
| 3,64 | 3,64 | 3,64 | 280 | 44 | 50 |

4.2 Menghitung Parameter Motor Induksi Tiga Phasa

a. Dari pengujian arus searah (*DC - Test*) , besarnya resistansi stator adalah :

$$R_s = R_{dc} = \frac{V_{dc}}{I_{dc}}$$

$$R_{dc(1)} = \frac{4}{1,6} = 2,5 \Omega$$

$$R_{dc(2)} = \frac{8}{2,2} = 3,636 \Omega$$

$$R_{dc(3)} = \frac{12}{2,8} = 4,285 \Omega$$

$$R_{dc(4)} = \frac{16}{3,4} = 4,705 \Omega$$

$$R_{dc(5)} = \frac{20}{3,8} = 5,263 \Omega$$

$$R_s = \frac{2,5 + 3,636 + 4,285 + 4,705 + 5,263}{5} = 4,077 \Omega$$

b. Dari pengujian beban nol

$$Z_{nl} = \frac{V_0}{I_0} = \frac{220}{2,64} = 83,333 \Omega$$

$$R_{nl} = \frac{P}{3I_0^2} = \frac{220}{3(2,64)^2} = 5,739 \Omega$$

$$\begin{aligned} X_{nl} &= \sqrt{Z_{nl}^2 - R_{nl}^2} \\ &= \sqrt{83,333^2 - 5,739^2} \\ &= 83,135 \Omega \end{aligned}$$

c. Dari pengujian rotor tertahan

$$Z_{br} = \frac{V_0}{I_0} = \frac{44}{3,64} = 12,087 \Omega / \text{fasa}$$

$$R_{br} = \frac{P}{3 \cdot (I_0)^2} = \frac{280}{3 \cdot (3,64)^2} = 7,045 \Omega$$

$$\begin{aligned} X_{br} &= \sqrt{Z_{br}^2 - R_{br}^2} \\ &= \sqrt{12,087^2 - 7,045^2} \\ &= 9,821 \Omega \end{aligned}$$

$$X_{br} = X_s + X'_r$$

Mesin induksi yang dipakai adalah mesin induksi dengan rotor sangkar tunggal. Secara umum X_s dan X'_r diasumsikan sama, sehingga :

$$X_s = X'_r = \frac{1}{2} X_{br} = \frac{1}{2} \cdot (9,821) = 4,910 \Omega$$

Besarnya reaktansi yang diukur pada terminal stator pada keadaan tanpa beban (X_{nl}) mendekati sama dengan $X_s + X_m$ yang merupakan reaktansi diri stator, sehingga :

$$\begin{aligned} X_{ss} &= X_{nl} = X_s + X_m \\ X_m &= X_{nl} - X_s \\ &= 83,135 - 4,910 \\ &= 78,225 \Omega \end{aligned}$$

Resistansi stator dapat dipandang sebagai harga D_{cny} maka resistansi rotor dapat ditentukan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} R &= R_{br} - R_s \\ &= 7,045 - 4,077 \end{aligned}$$

$$= 2,968 \, \Omega$$

$$X_{rr} = X_r + X_m$$

$$R'_r = R \left(\frac{X_{rr}}{X_m} \right)^2$$

$$= 2,968 \left(\frac{83,135}{78,225} \right)^2$$

$$= 3,352 \, \Omega$$

4.3 Menghitung Torsi Mula, Torsi Beban Penuh, Torsi Maksimal, Daya, Efisiensi.

Dari data parameter motor induksi dapat dihitung nilai torsi yaitu :

$$V_s = 220 \text{ Volt/phase}$$

$$n_s = \frac{120 \cdot f}{p} = \frac{120 \cdot 50}{2} = 3000 \text{ rpm}$$

$$S = \frac{n_s \cdot n_r}{n_s} = \frac{3000 - 2820}{3000} = \frac{180}{3000} = 0,06$$

$$\omega_s = \frac{120 \cdot f}{p \cdot 60} \cdot 2\pi = \frac{120 \cdot 50}{2 \cdot 60} \cdot 6,28 = 314 \text{ rad / s}$$

$$V_1 = \frac{220}{\sqrt{3}} = 127 \text{ volt/phase}$$

$$V_{ab} = \frac{JX_m}{R_s + JX_s + JX_m} V_s$$

$$= \frac{J78,225}{4,077 + J4,910 + J78,225} 127 \angle 0^\circ$$

$$= 119,212$$

$$Z_{ab} = \frac{JX_m (R_s + jX_s)}{jX_m + R_s + jX_s} = \frac{j78,225(4,077 + j4,910)}{j78,225 + 4,077 + j4,910}$$

$$= 3,6 + j4,4 \text{ ohm}$$

jadi $Z_{ab} = R_{ab} + X_{ab}$

$$= 3,6 + j4,4$$

$n_r = 0 \text{ rpm}$, $S = 1$

$$T = \frac{1}{\omega_s} \frac{(V_{ab})^2}{(R_{ab} + R'_r / S)^2 + (X_{ab} + X'_r)^2} \frac{R'_r}{S}$$

$$= \frac{3}{314} \frac{(119,212)^2}{(3,6 + 3,352/1)^2 + (4,4 + 4,910)^2} \frac{3,352}{1}$$

$$= 0,00955 \cdot \frac{14211,500}{(3,6 + 3,352)^2 + (4,4 + 4,910)^2} 3,352$$

$$= 0,00955 \cdot \frac{14211,500}{48,330 + 86,676} 3,352$$

$$= 0,00955 \cdot \frac{14211,500}{135,006} 3,352$$

$$= 0,00955 \cdot 105,265 \cdot 3,352$$

$$= 3,369 \text{ N.m}$$

$n_r = 2820 \text{ rpm}$, $S = 0,06$

$$T = \frac{1}{\omega_s} \frac{(V_{ab})^2}{(R_{ab} + R'_r / S)^2 + (X_{ab} + X'_r)^2} \frac{R'_r}{S}$$

$$= \frac{3}{314} \frac{(119,212)^2}{(3,6 + 3,352/0,06)^2 + (4,4 + 4,910)^2} \frac{3,352}{0,06}$$

$$\begin{aligned}
&= 0,00955 \cdot \frac{14211,500}{(3,6 + 55,866)^2 + (4,4 + 4,910)^2} \cdot 55,866 \\
&= 0,00955 \cdot \frac{14211,500}{3536,205 + 86,676} \cdot 55,866 \\
&= 0,00955 \cdot \frac{14211,500}{3622,881} \cdot 55,866 \\
&= 0,00955 \cdot 3,922 \cdot 55,866 \\
&= 2,092 \text{ N.m}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
I_r &= \frac{V_{ab}}{\sqrt{(R_{ab} + R'_r / S)^2 + (X_{ab} + X'_r)^2}} \\
&= \frac{119,212}{\sqrt{(3,6 + 3,352 / 0,06)^2 + (4,4 + 4,910)^2}} \\
&= \frac{119,212}{\sqrt{(3,6 + 55,866)^2 + (9,31)^2}} \\
&= \frac{119,212}{\sqrt{3536,205 + 86,676}} \\
&= \frac{119,212}{60,190} = 1,9 \text{ A}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
P_{\text{mekanik}} &= 3 \cdot (I_r)^2 \cdot R'_r \cdot \left(\frac{1-S}{S} \right) \\
&= 3 \cdot (1,9)^2 \cdot 3,352 \cdot \left(\frac{1-0,06}{0,06} \right) \\
&= 3 \cdot 3,61 \cdot 3,352 \cdot 15,666 \\
&= 568,709 \text{ Watt}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
P_{\text{rugi mekanik}} &= P_o - 3 I_o^2 R_s \\
&= 120 - 3 \cdot (2,64)^2 \cdot 4,077
\end{aligned}$$

$$= 34,755 \text{ Watt}$$

$$P_{\text{input}} = 3 \cdot (I'_r)^2 \cdot \frac{R'_r}{S}$$

$$= 3 \cdot (1,9)^2 \cdot \frac{3,352}{0,06}$$

$$= 3 \cdot 3,61 \cdot 55,866$$

$$= 605,208 \text{ Watt}$$

$$P_{\text{output}} = P_{\text{in}} - P_{\text{rugi mekanik}}$$

$$= 605,208 - 34,755$$

$$= 570,453 \text{ Watt}$$

$$\eta = \frac{P_{\text{out}}}{P_{\text{in}}} \times 100\%$$

$$= \frac{570,453}{605,208} \times 100\%$$

$$= 94,257 \%$$

Untuk slip pada keadaan torsi maksimal adalah sebagai berikut :

$$S_{\text{maks}} = \frac{R'_r}{\sqrt{(R_{\text{ab}})^2 + (X_{\text{ab}} + X'_r)^2}}$$

$$= \frac{3,352}{\sqrt{(3,6)^2 + (4,4 + 4,910)^2}}$$

$$= \frac{3,352}{\sqrt{12,96 + 86,676}}$$

$$= \frac{3,352}{\sqrt{99,636}}$$

$$= \frac{3,352}{9,981}$$

$$= 0,33$$

$$n_r = 2010 \text{ rpm}, S = 0,33$$

$$\begin{aligned} T &= \frac{1}{\omega_r} \frac{(V_{ab})^2 \cdot R'_r}{(R_{ab} + R'_r / S)^2 + (X_{ab} + X'_r)^2} \cdot \frac{R'_r}{S} \\ &= \frac{3}{314} \frac{(119,212)^2 \cdot 3,352}{(3,6 + 3,352 / 0,33)^2 + (4,4 + 4,910)^2} \cdot 0,33 \\ &= 0,00955 \cdot \frac{14211,500}{(3,6 + 10,157)^2 + (4,4 + 4,910)^2} \cdot 10,157 \\ &= 0,00955 \cdot \frac{14211,500}{189,255 + 86,676} \cdot 10,157 \\ &= 0,00955 \cdot \frac{14211,500}{275,931} \cdot 10,157 \\ &= 0,00955 \cdot 51,503 \cdot 10,157 \\ &= 4,995 \text{ N.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I'_r &= \frac{V_{ab}}{\sqrt{(R_{ab} + R'_r / S)^2 + (X_{ab} + X'_r)^2}} \\ &= \frac{119,212}{\sqrt{(3,6 + 3,352 / 0,33)^2 + (4,4 + 4,910)^2}} \\ &= \frac{119,212}{\sqrt{(3,6 + 10,157)^2 + (9,31)^2}} \\ &= \frac{119,212}{\sqrt{189,255 + 86,676}} \\ &= \frac{119,212}{16,611} = 7,1 \text{ A} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{\text{mekanik}} &= 3 \cdot (I_r')^2 \cdot R_r' \cdot \left(\frac{1-S}{S} \right) \\
 &= 3 \cdot (7,1)^2 \cdot 3,352 \cdot \left(\frac{1-0,33}{0,33} \right) \\
 &= 3 \cdot 50,41 \cdot 3,352 \cdot 2,03 \\
 &= 1029,053 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{\text{rugi mekanik}} &= P_o - 3 I_o'^2 R_s \\
 &= 120 - 3 \cdot (2,64)^2 \cdot 4,077 \\
 &= 34,755 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{\text{input}} &= 3 \cdot (I_r')^2 \cdot \frac{R_r'}{S} \\
 &= 3 \cdot (7,1)^2 \cdot \frac{3,352}{0,33} \\
 &= 3 \cdot 50,41 \cdot 10,157 \\
 &= 1536,043 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{\text{output}} &= P_{\text{in}} - P_{\text{rugi mekanik}} \\
 &= 1536,043 - 34,755 \\
 &= 1501,288 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \eta &= \frac{P_{\text{out}}}{P_{\text{in}}} \times 100\% \\
 &= \frac{1501,288}{1536,043} \times 100\% \\
 &= 97,737\%
 \end{aligned}$$

4.4 Data Hasil Pengujian Motor Tanpa Pengereman Dinamik.

Tabel 4.4

DATA HASIL PENGUJIAN MOTOR TANPA BEBAN
TANPA Pengereman Dinamik

| No. | MODEL PENGASUTAN | ARUS (I _{AC}) (A) | TEGANGAN (V _{AC}) (V) | Lama Berhenti (detik) |
|-----|---------------------|---|--|----------------------------|
| 1 | Y | Fasa R : 0,3 A Fasa S : 0,3 A Fasa T : 0,3 A | Fasa R : 110 V Fasa S : 110 V Fasa T : 110 V | 11,07 |
| 2 | Δ | Fasa R : 0,41 A Fasa S : 0,42A Fasa T : 0,41A | Fasa R : 110 V Fasa S : 110 V Fasa T : 110 V | 11,51 |

Tabel 4.5

DATA HASIL PENGUJIAN MOTOR DENGAN BEBAN GENERATOR DC
TANPA BEBAN TANPA Pengereman Dinamik

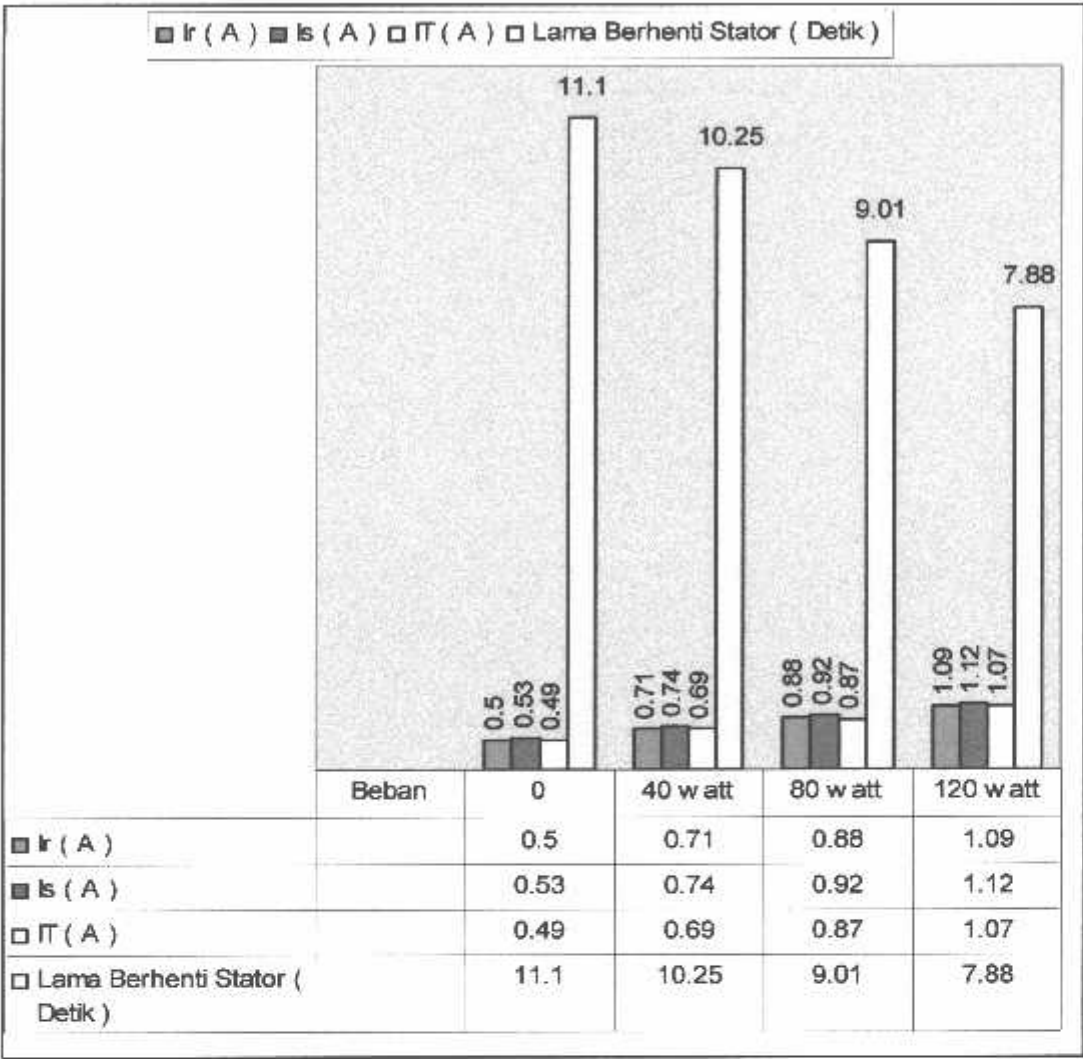
| No. | MODEL PENGASUTAN | ARUS (I _{AC}) (Amper) | TEGANGAN (V _{AC}) (Volt) | Lama Berhenti (detik) |
|-----|---------------------|---|--|----------------------------|
| 1 | Y | Fasa R : 1,02 A Fasa S : 1,03 A Fasa T : 1,00 A | Fasa R : 110 V Fasa S : 110 V Fasa T : 110 V | 9,22 |
| 2 | Δ | Fasa R : 0,50 A Fasa S : 0,53 A Fasa T : 0,49 A | Fasa R : 110 V Fasa S : 110 V Fasa T : 110 V | 11,7 |

4.5 Data hasil Pengujian Motor Listrik Tiga Fasa berbeban tanpa Pengereman
 Dinamik Dengan Hubungan Segitiga

Tabel 4.6

Data hasil Pengujian Motor Listrik Tiga Fasa berbeban tanpa Pengereman Dinamik
 Dengan Hubungan Segitiga

| No. | MODEL PENGASUTAN | ARUS (I _{AC})(Amper) | TEGANGAN (V _{AC}) (Volt) | BEBAN (Watt) | LamaBerhenti (detik) |
|-----|---------------------|---|--|-------------------|---------------------------|
| 1. | Δ | Fasa R : 0,50 A Fasa S : 0,53 A Fasa T : 0,49 A | Fasa R : 110 V Fasa S : 110 V Fasa T : 110 V | 0 | 11,1 |
| 2. | Δ | Fasa R : 0,71 A Fasa S : 0,74 A Fasa T : 0,69A | Fasa R : 110 V Fasa S : 110 V Fasa T : 110 V | 40 | 10,25 |
| 3. | Δ | Fasa R : 0,88A Fasa S : 0,92 A Fasa T : 0,87A | Fasa R : 110 V Fasa S : 110 V Fasa T : 110 V | 80 | 9.01 |
| 4. | Δ | Fasa R : 1,09 A Fasa S : 1,12 A Fasa T : 1,07A | Fasa R : 110 V Fasa S : 110 V Fasa T : 110 V | 120 | 7,88 |



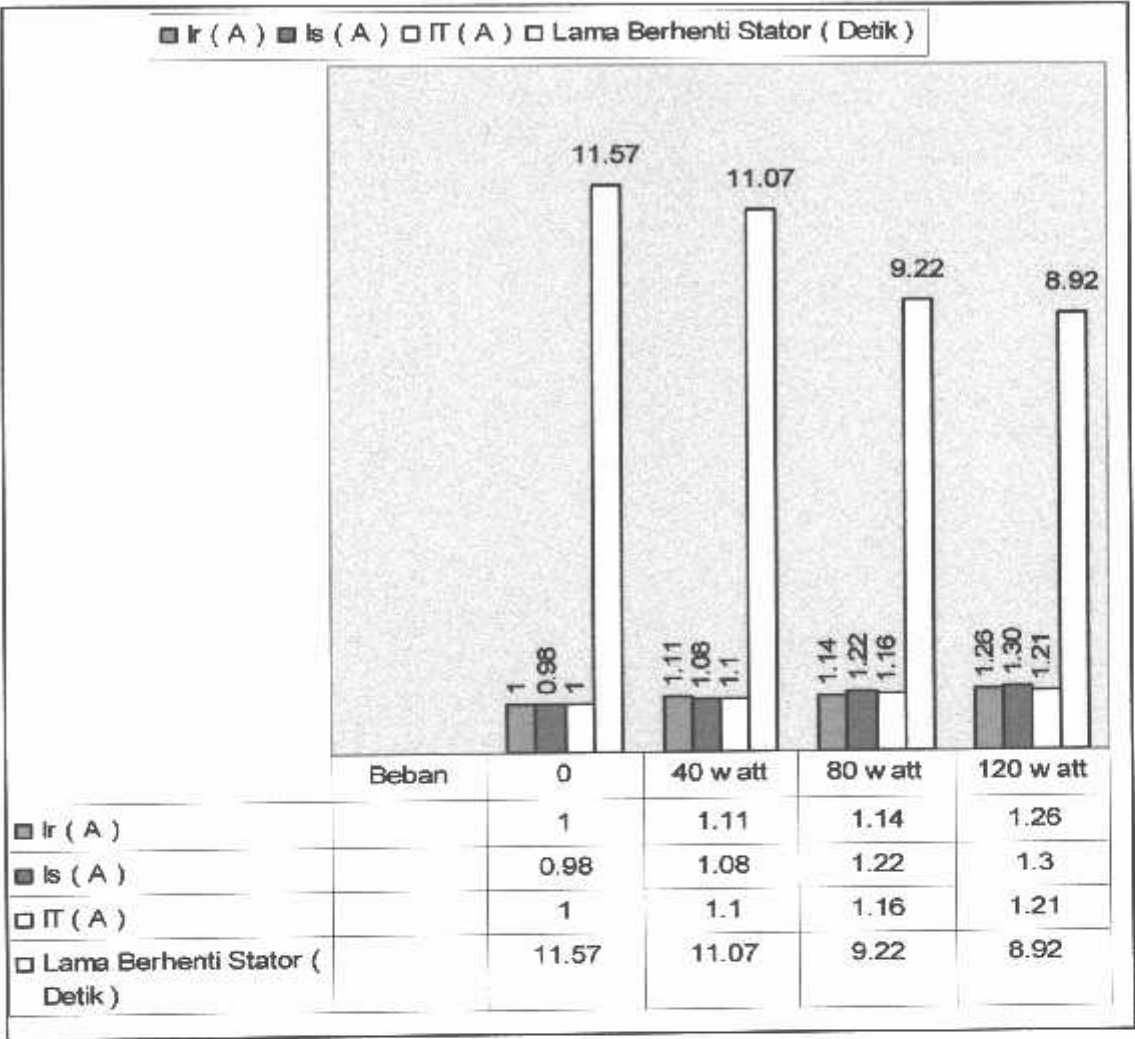
Grafik 4.1Lama Berhenti Stator Tanpa Pengereman Dinamik Berbeban
Pada Hubungan Segitiga Pada Tegangan 3 fasa 10 Volt

4.6 Data hasil Pengujian Motor Listrik Tiga Fasa berbeban tanpa Pengereman
Dinamik Dengan Hubungan Bintang.

Tabel 4.7

Data Hasil Pengujian Motor Listrik Tiga Fasa Berbeban Tanpa Pengereman Dinamik
Dengan Hubungan Bintang.

| No. | MODEL PENGASUTAN | ARUS (I_{AC}) (Amper) | TEGANGAN (V_{AC}) (Volt) | BEBAN (Watt) | Lama Berhenti (detik) |
|-----|---------------------|---|--|-------------------|----------------------------|
| 1. | Y | Fasa R : 0,50 A Fasa S : 0,53 A Fasa T : 0,49 A | Fasa R : 110 V Fasa S : 110 V Fasa T : 110 V | 0 | 11,57 |
| 2. | Y | Fasa R : 0,71 A Fasa S : 0,74 A Fasa T : 0,69A | Fasa R : 110 V Fasa S : 110 V Fasa T : 110 V | 40 | 11,07 |
| 3. | Y | Fasa R : 0,88A Fasa S : 0,92 A Fasa T : 0,87A | Fasa R : 110 V Fasa S : 110 V Fasa T : 110 V | 80 | 9,22 |
| 4. | Y | Fasa R : 1,09 A Fasa S : 1,12 A Fasa T : 1,07A | Fasa R : 110 V Fasa S : 110 V Fasa T : 110 V | 120 | 8,92 |



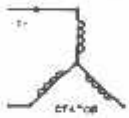
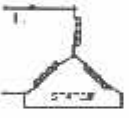
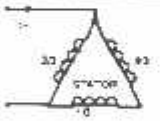
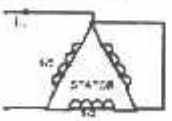
Grafik 4.2 Lama Berhenti Stator Tanpa Pengereman Dinamik Dengan
Hubungan Bintang Pada Tegangan 3 fasa 110 Volt

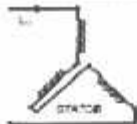
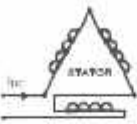
4.7 Data Hasil Pengujian Pengereman Dinamik Pada Motor Induksi Tiga Fasa Dengan Tegangan DC Injeksi 6 Volt

Tabel 4.8 Data Hasil Percobaan

Pengujian Dengan Tegangan Stator Motor 110 Volt 3 fasa 50 Hz

Dengan Tegangan Injeksi DC 6 Volt

| No. | Hub.konfigurasi rangk stator | I_{dc} Injeksi A | Lama Waktu Berhenti rotor (Detik) | V_{dc} Injeksi (Volt) | Beban (watt) |
|-----|---|-----------------------|---|------------------------------|-------------------|
| A. |  | 0,42 | 5.02 | 6 | 0 |
| | | 0,41 | 4.79 | 6 | 40 |
| | | 0,41 | 3.97 | 6 | 80 |
| | | 0,41 | 3.09 | 6 | 120 |
| B. |  | 0,50 | 7,29 | 6 | 0 |
| | | 0,48 | 4,49 | 6 | 40 |
| | | 0,49 | 3,96 | 6 | 80 |
| | | 0,49 | 3,43 | 6 | 120 |
| C. |  | 0,76 | 5,83 | 6 | 0 |
| | | 0,76 | 4,71 | 6 | 40 |
| | | 0,76 | 3,89 | 6 | 80 |
| | | 0,76 | 3,44 | 6 | 120 |
| D. |  | 0,94 | 6,64 | 6 | 0 |
| | | 0,92 | 4,81 | 6 | 40 |
| | | 0,92 | 3,94 | 6 | 80 |

| | | | | | |
|----|---|------|------|---|-----|
| | | 0,92 | 3,43 | 6 | 120 |
| E. |  | 0,33 | 7,19 | 6 | 0 |
| | | 0,35 | 5,32 | 6 | 40 |
| | | 0,33 | 4,16 | 6 | 80 |
| | | 0,30 | 3,32 | 6 | 120 |
| F. |  | 0,45 | 7,45 | 6 | 0 |
| | | 0,44 | 4,80 | 6 | 40 |
| | | 0,44 | 3,98 | 6 | 80 |
| | | 0,43 | 3,52 | 6 | 120 |

4.7.1 Analisa data

Berdasarkan data pengujian maka pada saat diinjeksi 6 Volt, arus pada stator adalah :

A. Untuk konfigurasi hubungan belitan stator A :

i. Untuk beban 0 :

$$I_{dc} = \sqrt{\frac{3}{2}} I_s$$

$$I_s = \sqrt{\frac{3}{2}} I_{dc}$$

$$I_s = \sqrt{\frac{3}{2}} 0,42$$

$$I_s = 0,5 \text{ A}$$

ii. untuk beban 40 Watt

$$I_{dc} = \sqrt{\frac{3}{2}} I_s$$

$$I_s = \sqrt{\frac{3}{2}} I_{dc}$$

$$I_s = \sqrt{\frac{3}{2}} 0,41$$

$$I_s = 0,5 \text{ A}$$

iii. Untuk beban 80 Watt

$$I_{dc} = \sqrt{\frac{3}{2}} I_s$$

$$I_s = \sqrt{\frac{3}{2}} I_{dc}$$

$$I_s = \sqrt{\frac{3}{2}} 0,41$$

$$I_s = 0,5 \text{ A}$$

iv. Untuk beban 120 Watt

$$I_{dc} = \sqrt{\frac{3}{2}} I_s$$

$$I_s = \sqrt{\frac{3}{2}} I_{dc}$$

$$I_s = \sqrt{\frac{3}{2}} 0,41$$

$$I_s = 0,5 \text{ A}$$

Daya rata - rata yang dipakai dalam pengereman dinamik pada konfigurasi A dengan tegangan injeksi 6 Volt adalah :

$$P_{injeksi} = V_{injeksi} \times I_{injeksi\ dc}$$

$$P_{\text{injeksi}} = 6 \text{ volt} \times 0,5 \text{ A}$$

$$P_{\text{injeksi}} = 3,00 \text{ Watt}$$

B. Untuk konfigurasi hubungan belitan stator B :

i. Untuk beban 0

$$I_{dc} = \sqrt{2} \cdot I_s$$

$$I_s = \frac{I_{dc}}{\sqrt{2}}$$

$$I_s = \frac{0,50}{\sqrt{2}}$$

$$I_s = 0,35 \text{ A}$$

ii. Untuk beban 40 watt

$$I_{dc} = \sqrt{2} \cdot I_s$$

$$I_s = \frac{I_{dc}}{\sqrt{2}}$$

$$I_s = \frac{0,49}{\sqrt{2}}$$

$$I_s = 0,34 \text{ A}$$

iii. Untuk beban 80 watt

$$I_{dc} = \sqrt{2} \cdot I_s$$

$$I_s = \frac{I_{dc}}{\sqrt{2}}$$

$$I_s = \frac{0,48}{\sqrt{2}}$$

$$I_s = 0,34 \text{ A}$$

iv. Untuk beban 120 watt

$$I_{dc} = \sqrt{2} \cdot I_s$$

$$I_s = \frac{I_{dc}}{\sqrt{2}}$$

$$I_s = \frac{0,48}{\sqrt{2}}$$

$$I_s = 0,33 \text{ A}$$

Daya rata rata yang dipakai dalam pengereman dinamik pada konfigurasi B

dengan tegangan injeksi 6 Volt adalah :

$$P_{injeksi} = V_{injeksi} \times I_{injeksi\ dc}$$

$$P_{injeksi} = 6 \text{ volt} \times 0,49 \text{ A}$$

$$P_{injeksi} = 2,94 \text{ Watt}$$

C. Untuk konfigurasi hubungan stator C :

i. Untuk beban 0

$$I_{dc} = \frac{3}{\sqrt{2}} \cdot I_s$$

$$I_s = \frac{I_{dc}}{\frac{3}{\sqrt{2}}}$$

$$I_s = \frac{0,76}{\frac{3}{\sqrt{2}}}$$

$$I_s = 0,35 \text{ A}$$

ii. Untuk beban 40 watt

$$I_{dc} = \frac{3}{\sqrt{2}} I_s$$

$$I_s = \frac{I_{dc}}{\frac{3}{\sqrt{2}}}$$

$$I_s = \frac{0.76}{\frac{3}{\sqrt{2}}}$$

$$I_s = 0,35 \text{ A}$$

iii. Untuk beban 80 watt

$$I_{dc} = \frac{3}{\sqrt{2}} I_s$$

$$I_s = \frac{I_{dc}}{\frac{3}{\sqrt{2}}}$$

$$I_s = \frac{0.76}{\frac{3}{\sqrt{2}}}$$

$$I_s = 0,35 \text{ A}$$

iv. Untuk beban 40 watt

$$I_{dc} = \frac{3}{\sqrt{2}} I_s$$

$$I_s = \frac{I_{dc}}{\frac{3}{\sqrt{2}}}$$

$$I_s = \frac{0.76}{\frac{3}{\sqrt{2}}}$$

$$I_s = 0,35 \text{ A}$$

Daya rata rata yang dipakai dalam pengereman dinamik pada konfigurasi C dengan tegangan injeksi 6 Volt adalah :

$$P_{injeksi} = V_{injeksi} \times I_{injeksi\ dc}$$

$$P_{injeksi} = 6\text{ volt} \times 0,76\text{ A}$$

$$P_{injeksi} = 4,56\text{ Watt}$$

D. Untuk konfigurasi hubungan belitan stator D:

i. Untuk beban 0

$$I_{dc} = \frac{2}{\sqrt{3}} . I_s$$

$$I_s = \frac{I_{dc}}{\frac{2}{\sqrt{3}}}$$

$$I_s = \frac{0,94}{\frac{2}{\sqrt{3}}}$$

$$I_s = 0,81\text{ A}$$

ii. Untuk beban 40 watt

$$I_{dc} = \frac{2}{\sqrt{3}} . I_s$$

$$I_s = \frac{I_{dc}}{\frac{2}{\sqrt{3}}}$$

$$I_s = \frac{0,92}{\frac{2}{\sqrt{3}}}$$

$$I_s = 0,80\text{ A}$$

iii. Untuk beban 80 watt

$$I_{dc} = \frac{2}{\sqrt{3}} \cdot I_s$$

$$I_s = \frac{I_{dc}}{\frac{2}{\sqrt{3}}}$$

$$I_s = \frac{0,92}{\frac{2}{\sqrt{3}}}$$

$$I_s = 0,80 \text{ A}$$

iv. Untuk beban 120 watt

$$I_{dc} = \frac{2}{\sqrt{3}} \cdot I_s$$

$$I_s = \frac{I_{dc}}{\frac{2}{\sqrt{3}}}$$

$$I_s = \frac{0,92}{\frac{2}{\sqrt{3}}}$$

$$I_s = 0,80 \text{ A}$$

Daya rata rata yang dipakai dalam pengereman dinamik pada konfigurasi D dengan tegangan injeksi 6 Volt adalah :

$$P_{injeksi} = V_{injeksi} \times I_{injeksi \text{ dc}}$$

$$P_{injeksi} = 6 \text{ volt} \times 0,925 \text{ A}$$

$$P_{injeksi} = 5,55 \text{ Watt}$$

E. Untuk konfigurasi hubungan belitan stator E :

i. Untuk beban 0 watt

$$I_{dc} = \frac{3 \cdot I_s}{2 \sqrt{2}}$$

$$3 \cdot I_s = I_{dc} \cdot 2 \sqrt{2}$$

$$I_s = \frac{I_{dc} \cdot 2 \sqrt{2}}{3}$$

$$I_s = \frac{0,35 \cdot 2 \sqrt{2}}{3}$$

$$I_s = 0,32 \text{ A}$$

ii. Untuk beban 40 watt

$$I_{dc} = \frac{3 \cdot I_s}{2 \sqrt{2}}$$

$$3 \cdot I_s = I_{dc} \cdot 2 \sqrt{2}$$

$$I_s = \frac{I_{dc} \cdot 2 \sqrt{2}}{3}$$

$$I_s = \frac{0,33 \cdot 2 \sqrt{2}}{3}$$

$$I_s = 0,31 \text{ A}$$

iv. Untuk beban 80 watt

$$I_{dc} = \frac{3 \cdot I_s}{2 \sqrt{2}}$$

$$3 \cdot I_s = I_{dc} \cdot 2 \sqrt{2}$$

$$I_s = \frac{I_{dc} \cdot 2 \sqrt{2}}{3}$$

$$I_s = \frac{0,33 \cdot 2 \sqrt{2}}{3}$$

$$I_s = 0,31 \text{ A}$$

iv. Untuk beban 120 watt

$$I_{dc} = \frac{3 \cdot I_s}{2 \sqrt{2}}$$

$$3 \cdot I_s = I_{dc} \cdot 2 \sqrt{2}$$

$$I_s = \frac{I_{dc} \cdot 2 \sqrt{2}}{3}$$

$$I_s = \frac{0,30 \cdot 2 \sqrt{2}}{3}$$

$$I_s = 0,28 \text{ A}$$

Daya rata rata yang dipakai dalam pengereman dinamik pada konfigurasi E

dengan tegangan injeksi 6 Volt adalah :

$$P_{injeksi} = V_{injeksi} \times I_{injeksi \text{ dc}}$$

$$P_{injeksi} = 6 \text{ volt} \times 0,327 \text{ A}$$

$$P_{injeksi} = 1,96 \text{ Watt}$$

F. Untuk konfigurasi hubungan belitan stator F:

i. Untuk beban 0 watt

$$I_{dc} = \frac{3 \cdot I_s}{2 \sqrt{2}}$$

$$3.I_s = I_{dc} \cdot 2\sqrt{2}$$

$$I_s = \frac{I_{dc} \cdot 2\sqrt{2}}{3}$$

$$I_s = \frac{0,35 \cdot 2\sqrt{2}}{3}$$

$$I_s = 0,32 \text{ A}$$

ii. Untuk beban 40 watt

$$I_{dc} = \frac{3 \cdot I_s}{2\sqrt{2}}$$

$$3.I_s = I_{dc} \cdot 2\sqrt{2}$$

$$I_s = \frac{I_{dc} \cdot 2\sqrt{2}}{3}$$

$$I_s = \frac{0,33 \cdot 2\sqrt{2}}{3}$$

$$I_s = 0,31 \text{ A}$$

iv. Untuk beban 80 watt

$$I_{dc} = \frac{3 \cdot I_s}{2\sqrt{2}}$$

$$3.I_s = I_{dc} \cdot 2\sqrt{2}$$

$$I_s = \frac{I_{dc} \cdot 2\sqrt{2}}{3}$$

$$I_s = \frac{0,33 \cdot 2\sqrt{2}}{3}$$

$$I_s = 0,31 \text{ A}$$

iv. Untuk beban 120 watt

$$I_{dc} = \frac{3 \cdot I_s}{2 \sqrt{2}}$$

$$3 \cdot I_s = I_{dc} \cdot 2 \sqrt{2}$$

$$I_s = \frac{I_{dc} \cdot 2 \sqrt{2}}{3}$$

$$I_s = \frac{0,30 \cdot 2 \sqrt{2}}{3}$$

$$I_s = 0,28 \text{ A}$$

Daya rata rata yang dipakai dalam pengereman dinamik pada konfigurasi F

dengan tegangan injeksi 6 Volt adalah :

$$P_{injeksi} = V_{injeksi} \times I_{injeksi \text{ dc}}$$

$$P_{injeksi} = 6 \text{ volt} \times 0,327 \text{ A}$$

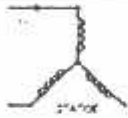
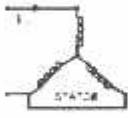
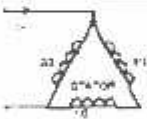
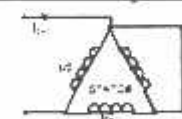
$$P_{injeksi} = 1,96 \text{ Watt}$$

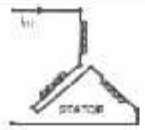
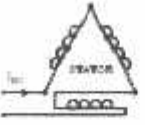
4.7.2 Data Hasil Perhitungan

Tabel 4.9 Data hasil perhitungan arus stator (I_s)

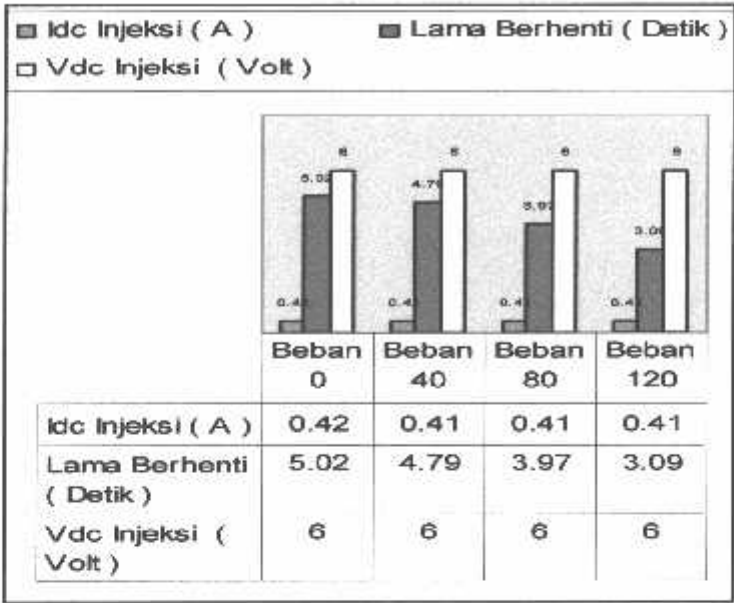
Dengan Tegangan Stator Motor 110 Volt 3 fasa 50 Hz

Vdc Injeksi 6 Volt

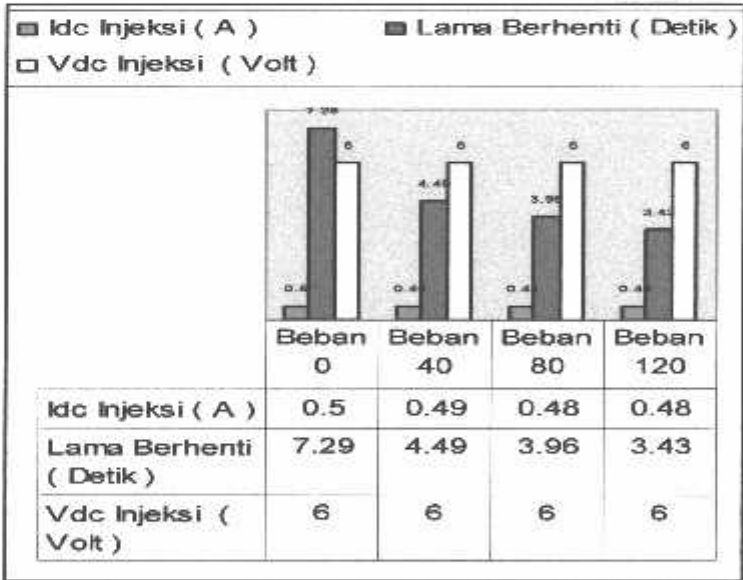
| No. | Hub.konfigurasi rangk stator | I_{dc} Injeksi A | Lama Waktu Berhenti rotor (Detik) | Arus pada stator (I_{ac}) | Beban (watt) |
|-----|---|-----------------------|---|-------------------------------------|-------------------|
| A. |  | 0,42 | 5,02 | 0,50 | 0 |
| | | 0,41 | 4,79 | 0,50 | 40 |
| | | 0,41 | 3,97 | 0,50 | 80 |
| | | 0,41 | 3,09 | 0,50 | 120 |
| B. |  | 0,50 | 7,29 | 0,35 | 0 |
| | | 0,49 | 4,49 | 0,34 | 40 |
| | | 0,48 | 3,96 | 0,34 | 80 |
| | | 0,48 | 3,43 | 0,33 | 120 |
| C. |  | 0,76 | 5,83 | 0,35 | 0 |
| | | 0,76 | 4,71 | 0,35 | 40 |
| | | 0,76 | 3,89 | 0,35 | 80 |
| | | 0,76 | 3,44 | 0,35 | 120 |
| D. |  | 0,94 | 6,64 | 0,81 | 0 |
| | | 0,92 | 4,81 | 0,80 | 40 |
| | | 0,92 | 3,94 | 0,80 | 80 |
| | | 0,92 | 3,43 | 0,80 | 120 |

| | | | | | |
|----|---|------|------|------|-----|
| E. |  | 0,35 | 7,19 | 0,32 | 0 |
| | | 0,33 | 5,32 | 0,31 | 40 |
| | | 0,33 | 4,16 | 0,31 | 80 |
| | | 0,30 | 3,32 | 0,28 | 120 |
| F. |  | 0,35 | 7,45 | 0,32 | 0 |
| | | 0,33 | 4,80 | 0,31 | 40 |
| | | 0,33 | 3,98 | 0,31 | 80 |
| | | 0,30 | 3,52 | 0,28 | 120 |

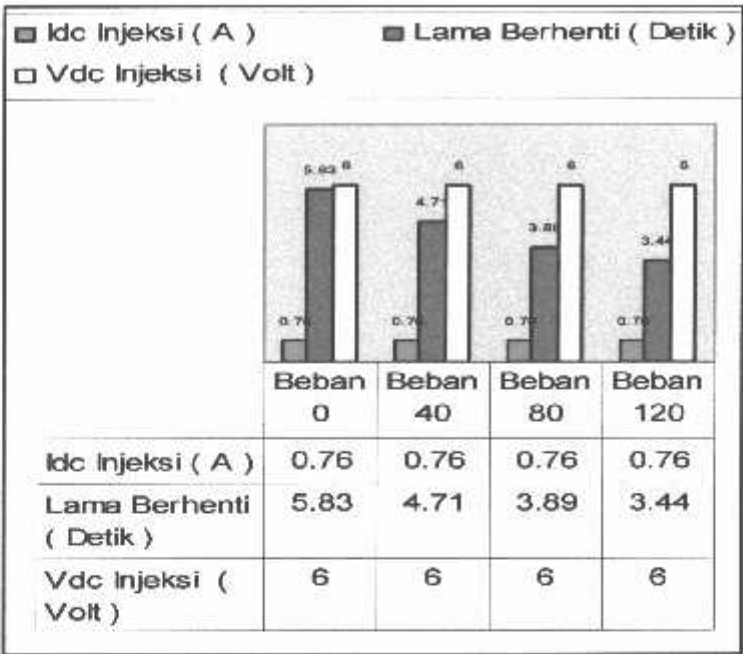
4.7.3 Grafik Hasil Pengujian Pengereman Dinamik Pada Motor Induksi Tiga Fasa
Dengan Tegangan Injeksi 6 Volt



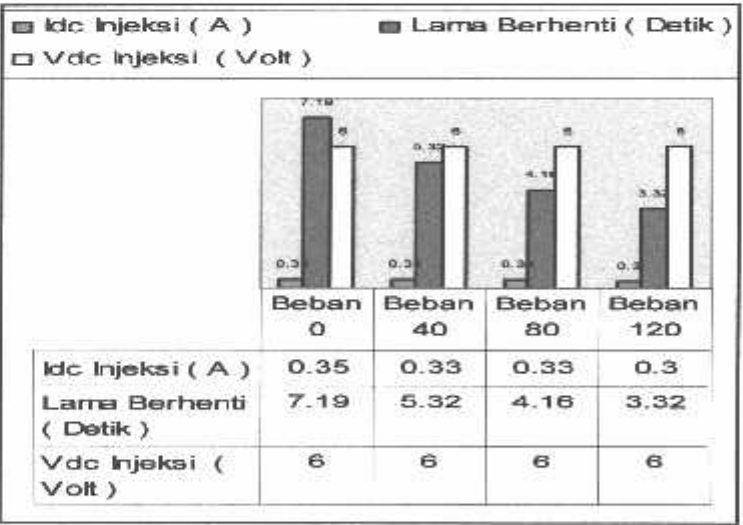
Grafik 4.3 Pengereman Dinamik Berbeban Pada Konfigurasi A
Dengan Tegangan Injeksi 6 Volt



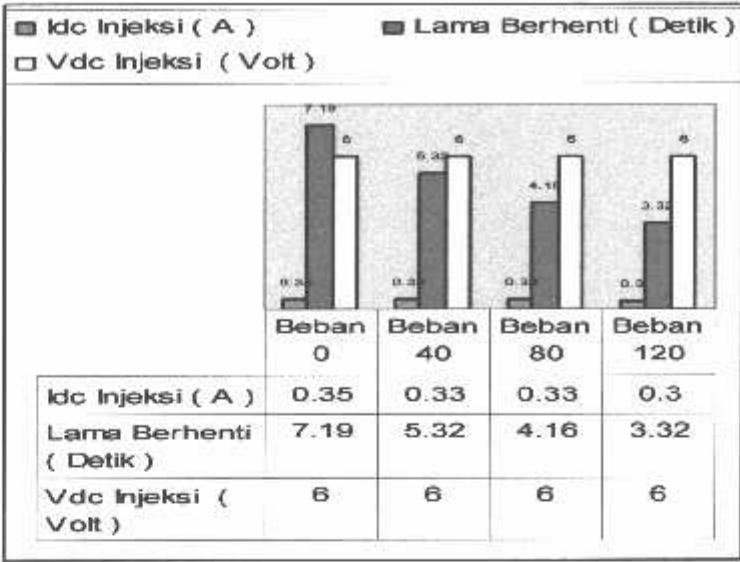
Grafik 4.4 Pengereman Dinamik Berbeban Pada Konfigurasi B
Dengan Tegangan Injeksi 6 Volt



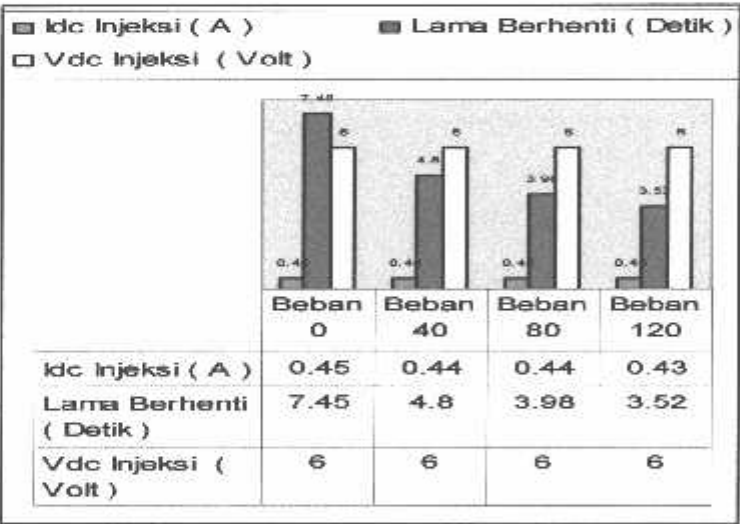
Grafik 4.5 Pengereman Dinamik Berbeban Pada Konfigurasi C
 Dengan Tegangan Injeksi 6 Volt



Grafik 4.6 Pengereman Dinamik Berbeban Pada Konfigurasi D
 Dengan Tegangan Injeksi 6 Volt



Grafik 4.7 Pengereman Dinamik Berbeban Pada Konfigurasi E
Dengan Tegangan Injeksi 6 Volt



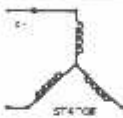
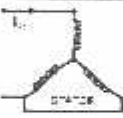

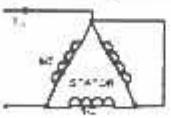
Grafik 4.8 Pengereman Dinamik Berbeban Pada Konfigurasi F
Dengan Tegangan Injeksi 6 Volt

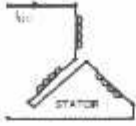
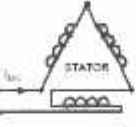
4.8 Data hasil pengujian Pengujian Pengereman Dinamik Pada Motor Induksi Tiga Fasa Dengan Tegangan DC Injeksi 12 Volt.

Tabel 4.10 Data hasil Percobaan

Pengujian Dengan Tegangan Stator Motor 110 Volt 3 fasa 50 Hz

Dengan Tegangan Injeksi 12 Volt

| No. | Hub.konfigurasi rangk stator | I_{dc} Injeksi A | Lama Waktu Berhenti rotor (Detik) | V_{dc} Injeksi (Volt) | Beban (Watt) |
|-----|---|-----------------------|---|------------------------------|-----------------|
| A. |  | 0,76 | 4,61 | 12 | 0 |
| | | 0,76 | 4,15 | 12 | 40 |
| | | 0,76 | 3,26 | 12 | 80 |
| | | 0,76 | 3,20 | 12 | 120 |
| B. |  | 1,87 | 5,98 | 12 | 0 |
| | | 1,66 | 4,81 | 12 | 40 |
| | | 1,61 | 3,94 | 12 | 80 |
| | | 1,59 | 3,39 | 12 | 120 |
| C. |  | 1,62 | 5,04 | 12 | 0 |
| | | 1,45 | 3,28 | 12 | 40 |
| | | 1,43 | 3,07 | 12 | 80 |
| | | 1,39 | 2,60 | 12 | 120 |
| D. |  | 0,95 | 5,20 | 12 | 0 |
| | | 0,92 | 3,84 | 12 | 40 |

| | | | | | |
|----|---|------|------|----|-----|
| | | 0,89 | 3,53 | 12 | 80 |
| | | 0,87 | 2,75 | 12 | 120 |
| E. |  | 0,44 | 7,53 | 12 | 0 |
| | | 0,42 | 5,16 | 12 | 40 |
| | | 0,40 | 4,02 | 12 | 80 |
| | | 0,39 | 3,57 | 12 | 120 |
| F. |  | 0,44 | 5,31 | 12 | 0 |
| | | 0,42 | 4,76 | 12 | 40 |
| | | 0,40 | 3,79 | 12 | 80 |
| | | 0,39 | 3,26 | 12 | 120 |

4.8.1 Analisa data

Berdasarkan data pengujian maka pada tegangan induksi 12Volt, arus yang diinjeksikan pada stator adalah :

A. Untuk konfigurasi hubungan belitan stator A :

i. Untuk beban 0 watt :

$$I_{dc} = \sqrt{\frac{3}{2}} I_s$$

$$I_s = \sqrt{\frac{3}{2}} I_{dc}$$

$$I_s = \sqrt{\frac{3}{2}} 0,83$$

$$I_s = 1,01 A$$

ii. Untuk beban 40 Watt

$$I_{dc} = \sqrt{\frac{3}{2}} I_s$$

$$I_s = \sqrt{\frac{3}{2}} I_{dc}$$

$$I_s = \sqrt{\frac{3}{2}} 0,76$$

$$I_s = 0,93 \text{ A}$$

iii. Untuk beban 80 Watt

$$I_{dc} = \sqrt{\frac{3}{2}} I_s$$

$$I_s = \sqrt{\frac{3}{2}} I_{dc}$$

$$I_s = \sqrt{\frac{3}{2}} 0,76$$

$$I_s = 0,93 \text{ A}$$

iv. Untuk beban 120 Watt

$$I_{dc} = \sqrt{\frac{3}{2}} I_s$$

$$I_s = \sqrt{\frac{3}{2}} I_{dc}$$

$$I_s = \sqrt{\frac{3}{2}} 0,76$$

$$I_s = 0,93 \text{ A}$$

Daya rata rata yang dipakai dalam pengereman dinamik pada konfigurasi A dengan tegangan injeksi 12 Volt adalah :

$$P_{injeksi} = V_{injeksi} \times I_{injeksi \text{ dc}}$$

$$P_{injeksi} = 12\text{volt} \times 0,76 \text{ A}$$

$$P_{injeksi} = 9,88 \text{ Watt}$$

B. Untuk konfigurasi hubungan belitan stator B :

i. Untuk beban 0

$$I_{dc} = \sqrt{2} \cdot I_s$$

$$I_s = \frac{I_{dc}}{\sqrt{2}}$$

$$I_s = \frac{1,87}{\sqrt{2}}$$

$$I_s = 1,322 \text{ A}$$

ii. Untuk beban 40 watt

$$I_{dc} = \sqrt{2} \cdot I_s$$

$$I_s = \frac{I_{dc}}{\sqrt{2}}$$

$$I_s = \frac{1,66}{\sqrt{2}}$$

$$I_s = 1,17 \text{ A}$$

iii. Untuk beban 80 watt

$$I_{dc} = \sqrt{2} \cdot I_s$$

$$I_s = \frac{I_{dc}}{\sqrt{2}}$$

$$I_s = \frac{1,61}{\sqrt{2}}$$

$$I_s = 1,13 \text{ A}$$

iv. Untuk beban 120 watt

$$I_{dc} = \sqrt{2} \cdot I_s$$

$$I_s = \frac{I_{dc}}{\sqrt{2}}$$

$$I_s = \frac{1,59}{\sqrt{2}}$$

$$I_s = 1,12 \text{ A}$$

Daya rata rata yang dipakai dalam pengereman dinamik pada konfigurasi B

dengan tegangan injeksi 12 Volt adalah :

$$P_{injeksi} = V_{injeksi} \times I_{injeksi \text{ dc}}$$

$$P_{injeksi} = 12 \text{ Volt} \times 1,68 \text{ A}$$

$$P_{injeksi} = 20,19 \text{ Watt}$$

C. Untuk konfigurasi hubungan belitan stator C :

i. Untuk beban 0 Watt :

$$I_{dc} = \frac{3}{\sqrt{2}} \cdot I_s$$

$$I_s = \frac{I_{dc}}{\frac{3}{\sqrt{2}}}$$

$$I_s = \frac{1,62}{\frac{3}{\sqrt{2}}}$$

$$I_s = 0,76 \text{ A}$$

ii. Untuk beban 40 watt

$$I_{dc} = \frac{3}{\sqrt{2}} \cdot I_s$$

$$I_s = \frac{I_{dc}}{\frac{3}{\sqrt{2}}}$$

$$I_s = \frac{1,45}{\frac{3}{\sqrt{2}}}$$

$$I_s = 0,68 \text{ A}$$

iii. Untuk beban 80 watt

$$I_{dc} = \frac{3}{\sqrt{2}} \cdot I_s$$

$$I_s = \frac{I_{dc}}{\frac{3}{\sqrt{2}}}$$

$$I_s = \frac{1,43}{\frac{3}{\sqrt{2}}}$$

$$I_s = 0,67 \text{ A}$$

iv. Untuk beban 120 watt

$$I_{dc} = \frac{3}{\sqrt{2}} \cdot I_s$$

$$I_s = \frac{I_{dc}}{\frac{3}{\sqrt{2}}}$$

$$I_s = \frac{1,39}{\frac{3}{\sqrt{2}}}$$

iii. Untuk beban 80 watt

$$I_{dc} = \frac{2}{\sqrt{3}} \cdot I_s$$

$$I_s = \frac{I_{dc}}{\frac{2}{\sqrt{3}}}$$

$$I_s = \frac{0,89}{\frac{2}{\sqrt{3}}}$$

$$I_s = 0,77 \text{ A}$$

iv. Untuk beban 120 watt

$$I_{dc} = \frac{2}{\sqrt{3}} \cdot I_s$$

$$I_s = \frac{I_{dc}}{\frac{2}{\sqrt{3}}}$$

$$I_s = \frac{0,85}{\frac{2}{\sqrt{3}}}$$

$$I_s = 0,75 \text{ A}$$

Daya rata rata yang dipakai dalam pengereman dinamik pada konfigurasi D

dengan tegangan injeksi 12 Volt adalah :

$$P_{injeksi} = V_{injeksi} \times I_{injeksi\ dc}$$

$$P_{injeksi} = 12 \text{ Volt} \times 0,9 \text{ A}$$

$$P_{injeksi} = 10,89 \text{ Watt}$$

E. Untuk Untuk konfigurasi hubungan belitan stator E :

i. Untuk beban 0 watt

$$I_{dc} = \frac{3 \cdot I_s}{2 \sqrt{2}}$$

$$3 \cdot I_s = I_{dc} \cdot 2 \sqrt{2}$$

$$I_s = \frac{I_{dc} \cdot 2 \sqrt{2}}{3}$$

$$I_s = \frac{0,44 \cdot 2 \sqrt{2}}{3}$$

$$I_s = 0,41 \text{ A}$$

ii. Untuk beban 40 watt

$$I_{dc} = \frac{3 \cdot I_s}{2 \sqrt{2}}$$

$$3 \cdot I_s = I_{dc} \cdot 2 \sqrt{2}$$

$$I_s = \frac{I_{dc} \cdot 2 \sqrt{2}}{3}$$

$$I_s = \frac{0,42 \cdot 2 \sqrt{2}}{3}$$

$$I_s = 0,39 \text{ A}$$

iii. Untuk beban 80 watt

$$I_{dc} = \frac{3 \cdot I_s}{2 \sqrt{2}}$$

$$3 \cdot I_s = I_{dc} \cdot 2 \sqrt{2}$$

$$I_s = \frac{I_{dc} \cdot 2 \sqrt{2}}{3}$$

$$I_s = \frac{0,40 \cdot 2 \sqrt{2}}{3}$$

$$I_s = 0,37 \text{ A}$$

iv. Untuk beban 120 watt

$$I_{dc} = \frac{3 \cdot I_s}{2 \sqrt{2}}$$

$$3 \cdot I_s = I_{dc} \cdot 2 \sqrt{2}$$

$$I_s = \frac{I_{dc} \cdot 2 \sqrt{2}}{3}$$

$$I_s = \frac{0,39 \cdot 2 \sqrt{2}}{3}$$

$$I_s = 0,36 \text{ A}$$

Daya rata - rata yang dipakai dalam pengereman dinamik pada konfigurasi E dengan tegangan injeksi 12 Volt adalah :

$$P_{injeksi} = V_{injeksi} \times I_{injeksi \text{ dc}}$$

$$P_{injeksi} = 12 \text{ Volt} \times 0,41 \text{ A}$$

$$P_{injeksi} = 4,95 \text{ Watt}$$

F. Untuk konfigurasi hubungan belitan stator F:

i. Untuk beban 0 watt

$$I_{dc} = \frac{3 \cdot I_s}{2 \sqrt{2}}$$

$$3 \cdot I_s = I_{dc} \cdot 2 \sqrt{2}$$

$$I_s = \frac{I_{dc} \cdot 2 \sqrt{2}}{3}$$

$$I_s = \frac{0,77 \cdot 2 \sqrt{2}}{3}$$

$$I_s = 0,72 \text{ A}$$

$$I_{dc} = \frac{3 \cdot I_s}{2 \sqrt{2}}$$

$$3 \cdot I_s = I_{dc} \cdot 2 \sqrt{2}$$

$$I_s = \frac{I_{dc} \cdot 2 \sqrt{2}}{3}$$

$$I_s = \frac{0,44 \cdot 2 \sqrt{2}}{3}$$

$$I_s = 0,41 \text{ A}$$

ii. Untuk beban 40 watt

$$I_{dc} = \frac{3 \cdot I_s}{2 \sqrt{2}}$$

$$3 \cdot I_s = I_{dc} \cdot 2 \sqrt{2}$$

$$I_s = \frac{I_{dc} \cdot 2 \sqrt{2}}{3}$$

$$I_s = \frac{0,42 \cdot 2 \sqrt{2}}{3}$$

$$I_s = 0,39 \text{ A}$$

iii. Untuk beban 80 watt

$$I_{dc} = \frac{3 \cdot I_s}{2 \sqrt{2}}$$

$$3 \cdot I_s = I_{dc} \cdot 2 \sqrt{2}$$

$$I_s = \frac{I_{dc} \cdot 2 \sqrt{2}}{3}$$

$$I_s = \frac{0,40 \cdot 2 \sqrt{2}}{3}$$

$$I_s = 0,37 \text{ A}$$

iv. Untuk beban 120 watt

$$I_{dc} = \frac{3 \cdot I_s}{2 \sqrt{2}}$$

$$3 \cdot I_s = I_{dc} \cdot 2 \sqrt{2}$$

$$I_s = \frac{I_{dc} \cdot 2 \sqrt{2}}{3}$$

$$I_s = \frac{0,39 \cdot 2 \sqrt{2}}{3}$$

$$I_s = 0,36 \text{ A}$$

Daya rata - rata yang dipakai dalam pengereman dinamik pada konfigurasi F

dengan tegangan injeksi 12 Volt adalah :

$$P_{injeksi} = V_{injeksi} \times I_{injeksi \text{ dc}}$$

$$P_{injeksi} = 12 \text{ Volt} \times 0,41 \text{ A}$$

$$P_{injeksi} = 4,95 \text{ Watt}$$

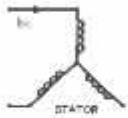
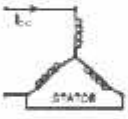
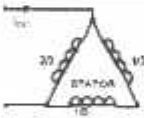

4.8.2 Data Hasil Perhitungan

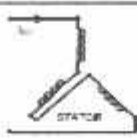
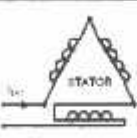
Tabel 4.11

Data hasil perhitungan arus stator (I s)

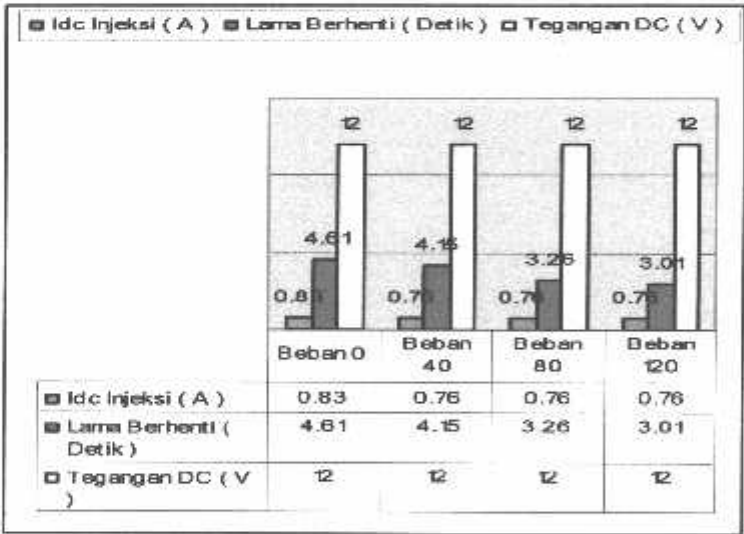
Dengan Tegangan Stator Motor 110 Volt 3 fasa 50 Hz

Vdc 12 Vdc

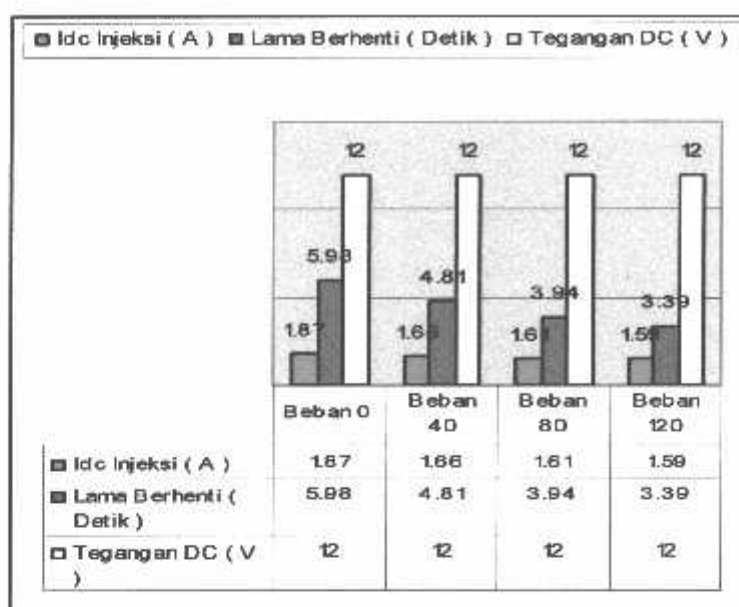
| No. | Hub.konfigurasi rangk stator | I _{dc} Injeksi A | Lama Waktu Berhenti rotor (Detik) | Hasil Perhitungan Is | Beban Watt |
|-----|---|------------------------------|---|----------------------------|---------------|
| A. |  | 0,83 | 4,61 | 1,01 | 0 |
| | | 0,76 | 4,15 | 0,93 | 40 |
| | | 0,76 | 3,26 | 0,93 | 80 |
| | | 0,76 | 3,20 | 0,93 | 120 |
| B. |  | 1,87 | 5,98 | 1,32 | 0 |
| | | 1,66 | 4,81 | 1,17 | 40 |
| | | 1,61 | 3,94 | 1,13 | 80 |
| | | 1,59 | 3,39 | 1,12 | 120 |
| C. |  | 1,62 | 5,04 | 0,76 | 0 |
| | | 1,45 | 3,28 | 0,68 | 40 |
| | | 1,43 | 3,07 | 0,67 | 80 |
| | | 1,39 | 2,60 | 0,65 | 120 |
| D. |  | 0,95 | 5,20 | 0,82 | 0 |
| | | 0,92 | 3,84 | 0,80 | 40 |

| | | | | | |
|----|---|------|------|------|-----|
| | | 0,89 | 3,53 | 0,77 | 80 |
| | | 0,87 | 2,75 | 0,75 | 120 |
| E. |  | 0,44 | 7,53 | 0,41 | 0 |
| | | 0,42 | 5,16 | 0,39 | 40 |
| | | 0,40 | 4,02 | 0,37 | 80 |
| | | 0,39 | 3,57 | 0,36 | 120 |
| F. |  | 0,44 | 5,31 | 0,41 | 0 |
| | | 0,42 | 4,76 | 0,39 | 40 |
| | | 0,40 | 3,79 | 0,37 | 80 |
| | | 0,39 | 3,26 | 0,36 | 120 |

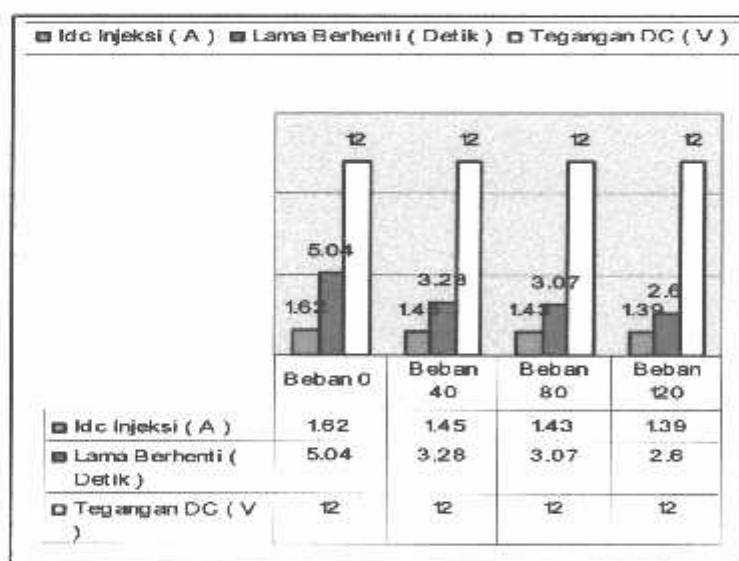
4.8.3 Grafik Hasil Pengujian Pengereman Dinamik Pada Motor Induksi Tiga Fasa
 Dengan Tegangan Injeksi 12 Volt



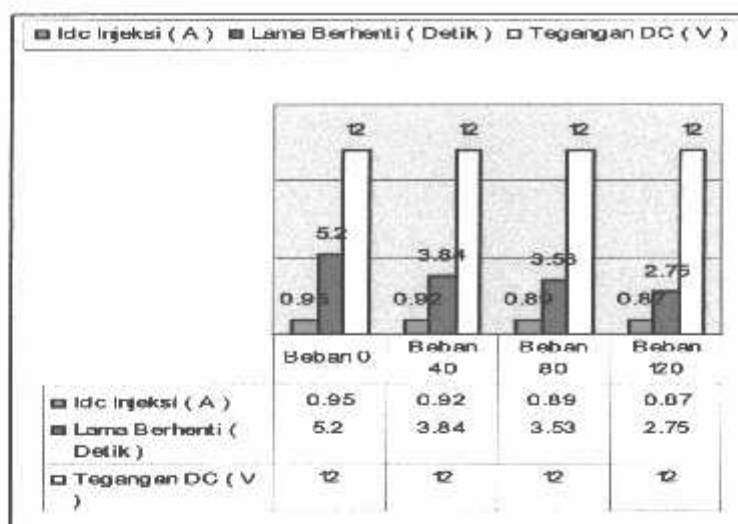
Grafik 4.9 Pengereman Dinamik Berbeban Pada Konfigurasi A
 Dengan Tegangan Injeksi 12 Volt



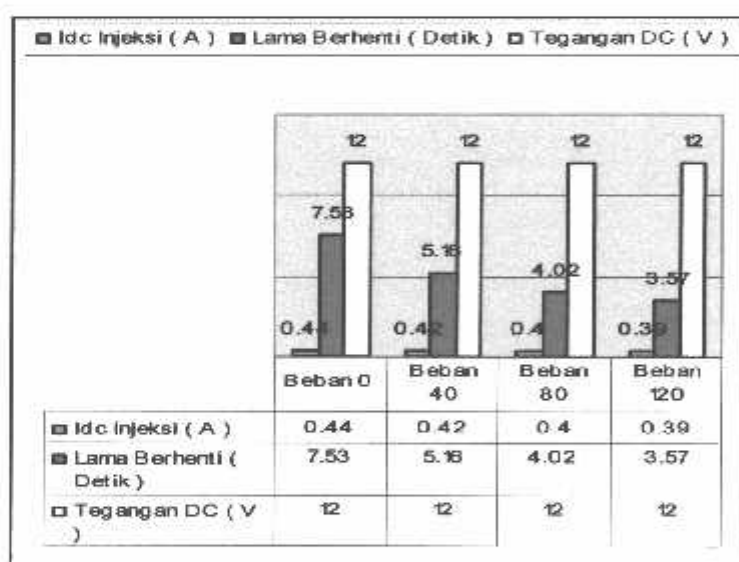
Grafik 4.10 Pengereman Dinamik Berbeban Pada Konfigurasi B
Dengan Tegangan Injeksi 12 Volt



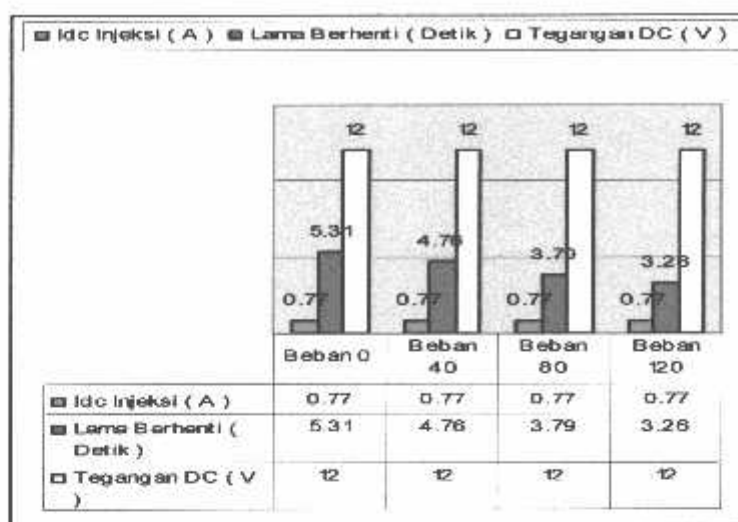
Grafik 4.11 Pengereman Dinamik Berbeban Pada Konfigurasi A
Dengan Tegangan Injeksi 12 Volt



Grafik 4.12 Pengereman Dinamik Berbeban Pada Konfigurasi A
Dengan Tegangan Injeksi 12 Volt



Grafik 4.13 Pengereman Dinamik Berbeban Pada Konfigurasi A
Dengan Tegangan Injeksi 12 Volt



Grafik 4.14 Pengereman Dinamik Berbeban Pada Konfigurasi A
 Dengan Tegangan Injeksi 12 Volt

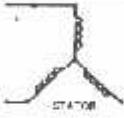
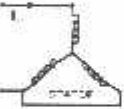
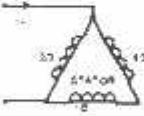
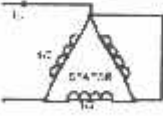
4.8.2 Data Hasil Perhitungan

Tabel 4.11

Data hasil perhitungan arus stator (I s)

Dengan Tegangan Stator Motor 110 Volt 3 fasa 50 Hz

Vdc 12 Vdc

| No. | Hub.konfigurasi rangk stator | I _{dc} Injeksi A | Lama Waktu Berhenti rotor (Detik) | Hasil Perhitungan Is | Beban Watt |
|-----|---|------------------------------|---|----------------------------|---------------|
| A. |  | 0,83 | 4,61 | 1,01 | 0 |
| | | 0,76 | 4,15 | 0,93 | 40 |
| | | 0,76 | 3,26 | 0,93 | 80 |
| | | 0,76 | 3,20 | 0,93 | 120 |
| B. |  | 1,87 | 5,98 | 1,32 | 0 |
| | | 1,66 | 4,81 | 1,17 | 40 |
| | | 1,61 | 3,94 | 1,13 | 80 |
| | | 1,59 | 3,39 | 1,12 | 120 |
| C. |  | 1,62 | 5,04 | 0,76 | 0 |
| | | 1,45 | 3,28 | 0,68 | 40 |
| | | 1,43 | 3,07 | 0,67 | 80 |
| | | 1,39 | 2,60 | 0,65 | 120 |
| D. |  | 0,95 | 5,20 | 0,82 | 0 |
| | | 0,92 | 3,84 | 0,80 | 40 |

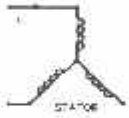
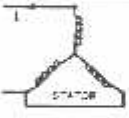
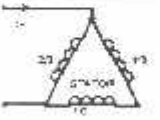
4.9 Data Hasil Pengujian Pengereman Dinamik Pada Motor Induksi Tiga Fasa Dengan Tegangan DC Injeksi 18 Volt.

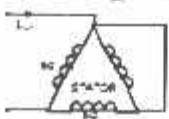
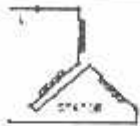
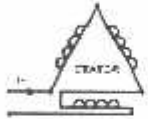
Tabel 4.12

Data hasil Percobaan

Pengujian Dengan Tegangan Stator Motor 110 Volt 3 fasa 50 Hz

Dengan Tegangan Injeksi 12 Volt

| No. | Hub.konfigurasi rangk stator | I_{dc} Injeksi A | Lama Waktu Berhenti rotor (Detik) | V_{dc} Injeksi (Volt) | Beban Watt |
|-----|---|-----------------------|---|------------------------------|---------------|
| A. |  | 1,07 | 4,29 | 18 | 0 |
| | | 1,07 | 3,56 | 18 | 40 |
| | | 1,07 | 3,02 | 18 | 80 |
| | | 1,07 | 2,57 | 18 | 120 |
| B. |  | 1,29 | 4,85 | 18 | 0 |
| | | 1,30 | 3,69 | 18 | 40 |
| | | 1,31 | 2,87 | 18 | 80 |
| | | 1,30 | 2,72 | 18 | 120 |
| C. |  | 1,97 | 3,63 | 18 | 0 |
| | | 1,97 | 3,37 | 18 | 40 |
| | | 1,97 | 2,98 | 18 | 80 |
| | | 1,97 | 2,68 | 18 | 120 |

| | | | | | |
|----|---|------|------|----|-----|
| D. |  | 2,24 | 4,26 | 18 | 0 |
| | | 2,25 | 3,41 | 18 | 40 |
| | | 2,24 | 3,25 | 18 | 80 |
| | | 2,24 | 2,50 | 18 | 120 |
| E. |  | 0,52 | 5,34 | 18 | 0 |
| | | 0,50 | 4,72 | 18 | 40 |
| | | 0,47 | 3,99 | 18 | 80 |
| | | 0,49 | 3,64 | 18 | 120 |
| F. |  | 1,11 | 4,65 | 18 | 0 |
| | | 1,11 | 4,00 | 18 | 40 |
| | | 1,11 | 3,14 | 18 | 80 |
| | | 1,11 | 3,02 | 18 | 120 |

4.9.1 Analisa data.

Berdasarkan data pengujian maka pada tegangan induksi 18 Volt, arus yang diinjeksikan pada stator adalah :

A. Untuk konfigurasi hubungan belitan stator A :

i. Untuk beban 0 :

$I_{dc} = \sqrt{\frac{3}{2}} I_s$

$I_s = \sqrt{\frac{3}{2}} I_{dc}$

$I_s = \sqrt{\frac{3}{2}} 1,07$

$$I_s = 1,31 \text{ A}$$

ii. Untuk beban 40 Watt

$$I_{dc} = \sqrt{\frac{3}{2}} I_s$$

$$I_s = \sqrt{\frac{3}{2}} I_{dc}$$

$$I_s = \sqrt{\frac{3}{2}} 1,07$$

$$I_s = 1,31 \text{ A}$$

iii. Untuk beban 80 Watt

$$I_{dc} = \sqrt{\frac{3}{2}} I_s$$

$$I_s = \sqrt{\frac{3}{2}} I_{dc}$$

$$I_s = \sqrt{\frac{3}{2}} 1,07$$

$$I_s = 1,31 \text{ A}$$

iv. Untuk beban 120 Watt

$$I_{dc} = \sqrt{\frac{3}{2}} I_s$$

$$I_s = \sqrt{\frac{3}{2}} I_{dc}$$

$$I_s = \sqrt{\frac{3}{2}} 1,07$$

$$I_s = 1,31 \text{ A}$$

Daya rata rata yang dipakai dalam pengereman dinamik pada konfigurasi A dengan tegangan injeksi 18 Volt adalah :

$$P_{injeksi} = V_{injeksi} \times I_{injeksi\ dc}$$

$$P_{injeksi} = 18\ \text{Volt} \times 1,07\ \text{A}$$

$$P_{injeksi} = 19,26\ \text{Watt}$$

B. Untuk konfigurasi hubungan belitan stator B :

i. Untuk beban 0

$$I_{dc} = \sqrt{2} \cdot I_s$$

$$I_s = \frac{I_{dc}}{\sqrt{2}}$$

$$I_s = \frac{1,29}{\sqrt{2}}$$

$$I_s = 0,91\ \text{A}$$

ii. Untuk beban 40 watt

$$I_{dc} = \sqrt{2} \cdot I_s$$

$$I_s = \frac{I_{dc}}{\sqrt{2}}$$

$$I_s = \frac{1,29}{\sqrt{2}}$$

$$I_s = 0,91\ \text{A}$$

iii. Untuk beban 80 watt

$$I_{dc} = \sqrt{2} \cdot I_s$$

$$I_s = \frac{I_{dc}}{\sqrt{2}}$$

$$I_s = \frac{1,31}{\sqrt{2}}$$

$$I_s = 0,92 \text{ A}$$

iv. Untuk beban 120 watt

$$I_{dc} = \sqrt{2} \cdot I_s$$

$$I_s = \frac{I_{dc}}{\sqrt{2}}$$

$$I_s = \frac{1,30}{\sqrt{2}}$$

$$I_s = 0,91 \text{ A}$$

Daya rata rata yang dipakai dalam pengereman dinamik pada konfigurasi B

dengan tegangan injeksi 18 Volt adalah :

$$P_{injeksi} = V_{injeksi} \times I_{injeksi \text{ dc}}$$

$$P_{injeksi} = 18 \text{ Volt} \times 1,30 \text{ A}$$

$$P_{injeksi} = 15,6 \text{ Watt}$$

C. Untuk konfigurasi hubungan stator C :

i. Untuk beban 0 Watt

$$I_{dc} = \frac{3}{\sqrt{2}} \cdot I_s$$

$$I_s = \frac{I_{dc}}{\frac{3}{\sqrt{2}}}$$

$$I_s = \frac{1,97}{\frac{3}{\sqrt{2}}}$$

$$I_s = 0,92 \text{ A}$$

ii. Untuk beban 40 watt

$$I_{dc} = \frac{3}{\sqrt{2}} . I_s$$

$$I_s = \frac{I_{dc}}{\frac{3}{\sqrt{2}}}$$

$$I_s = \frac{1,97}{\frac{3}{\sqrt{2}}}$$

$$I_s = 0,92 \text{ A}$$

iii. Untuk beban 80 watt

$$I_{dc} = \frac{3}{\sqrt{2}} . I_s$$

$$I_s = \frac{I_{dc}}{\frac{3}{\sqrt{2}}}$$

$$I_s = \frac{1,97}{\frac{3}{\sqrt{2}}}$$

$$I_s = 0,92 \text{ A}$$

iv. Untuk beban 40 watt

$$I_{dc} = \frac{3}{\sqrt{2}} . I_s$$

$$I_s = \frac{I_{dc}}{\frac{3}{\sqrt{2}}}$$

$$I_s = \frac{1,97}{\frac{3}{\sqrt{2}}}$$

$$I_s = 0,92 \text{ A}$$

Daya rata rata yang dipakai dalam pengereman dinamik pada konfigurasi C dengan tegangan injeksi 18 Volt adalah :

$$P_{injeksi} = V_{injeksi} \times I_{injeksi \text{ dc}}$$

$$P_{injeksi} = 18 \text{ Volt} \times 1,97 \text{ A}$$

$$P_{injeksi} = 35,36 \text{ Watt}$$

D. Untuk Untuk konfigurasi hubungan belitan stator D;

i. Untuk beban 0

$$I_{dc} = \frac{2}{\sqrt{3}} \cdot I_s$$

$$I_s = \frac{I_{dc}}{\frac{2}{\sqrt{3}}}$$

$$I_s = \frac{2,24}{\frac{2}{\sqrt{3}}}$$

$$I_s = 1,94 \text{ A}$$

ii. Untuk beban 40 watt

$$I_{dc} = \frac{2}{\sqrt{3}} \cdot I_s$$

$$I_s = \frac{I_{dc}}{\frac{2}{\sqrt{3}}}$$

$$I_s = \frac{2,25}{\frac{2}{\sqrt{3}}}$$

$$I_s = 1,95 \text{ A}$$

iii. Untuk beban 80 watt

$$I_{dc} = \frac{2}{\sqrt{3}} \cdot I_s$$

$$I_s = \frac{I_{dc}}{\frac{2}{\sqrt{3}}}$$

$$I_s = \frac{2,24}{\frac{2}{\sqrt{3}}}$$

$$I_s = 1,94 \text{ A}$$

iv. Untuk beban 120 watt

$$I_{dc} = \frac{2}{\sqrt{3}} \cdot I_s$$

$$I_s = \frac{I_{dc}}{\frac{2}{\sqrt{3}}}$$

$$I_s = \frac{2,24}{\frac{2}{\sqrt{3}}}$$

$$I_s = 1,94 \text{ A}$$

Daya rata rata yang dipakai dalam pengereman dinamik pada konfigurasi D

dengan tegangan injeksi 18 Volt adalah :

$$P_{injeksi} = V_{injeksi} \times I_{injeksi \text{ dc}}$$

$$P_{injeksi} = 18 \text{ Volt} \times 2,24 \text{ A}$$

$$P_{\text{injeksi}} = 40,35 \text{ Watt}$$

E. Untuk konfigurasi hubungan belitan stator E :

i. Untuk beban 0 watt

$$I_{dc} = \frac{3 \cdot I_s}{2 \sqrt{2}}$$

$$3 \cdot I_s = I_{dc} \cdot 2 \sqrt{2}$$

$$I_s = \frac{I_{dc} \cdot 2 \sqrt{2}}{3}$$

$$I_s = \frac{0,52 \cdot 2 \sqrt{2}}{3}$$

$$I_s = 0,49 \text{ A}$$

ii. Untuk beban 40 watt

$$I_{dc} = \frac{3 \cdot I_s}{2 \sqrt{2}}$$

$$3 \cdot I_s = I_{dc} \cdot 2 \sqrt{2}$$

$$I_s = \frac{I_{dc} \cdot 2 \sqrt{2}}{3}$$

$$I_s = \frac{0,50 \cdot 2 \sqrt{2}}{3}$$

$$I_s = 0,47 \text{ A}$$

iii. Untuk beban 80 watt

$$I_{dc} = \frac{3 \cdot I_s}{2 \sqrt{2}}$$

$$3 \cdot I_s = I_{dc} \cdot 2 \sqrt{2}$$

$$I_s = \frac{I_{dc} \cdot 2\sqrt{2}}{3}$$

$$I_s = \frac{0,47 \cdot 2\sqrt{2}}{3}$$

$$I_s = 0,44 \text{ A}$$

iv. Untuk beban 120 watt

$$I_{dc} = \frac{3 \cdot I_s}{2\sqrt{2}}$$

$$3 \cdot I_s = I_{dc} \cdot 2\sqrt{2}$$

$$I_s = \frac{I_{dc} \cdot 2\sqrt{2}}{3}$$

$$I_s = \frac{0,49 \cdot 2\sqrt{2}}{3}$$

$$I_s = 0,46 \text{ A}$$

Daya rata rata yang dipakai dalam pengereman dinamik pada konfigurasi E dengan tegangan injeksi 18 Volt adalah :

$$P_{injeksi} = V_{injeksi} \times I_{injeksi \text{ dc}}$$

$$P_{injeksi} = 18 \text{ Volt} \times 0,495 \text{ A}$$

$$P_{injeksi} = 8,91 \text{ Watt}$$

F. Untuk konfigurasi hubungan belitan stator F:

i. Untuk beban 0 watt

$$I_{dc} = \frac{3 \cdot I_s}{2\sqrt{2}}$$

$$3 \cdot I_s = I_{dc} \cdot 2\sqrt{2}$$

$$I_s = \frac{I_{dc} \cdot 2\sqrt{2}}{3}$$

$$I_s = \frac{0,52 \cdot 2\sqrt{2}}{3}$$

$$I_s = 0,49 \text{ A}$$

ii. Untuk beban 40 watt

$$I_{dc} = \frac{3 \cdot I_s}{2\sqrt{2}}$$

$$3 \cdot I_s = I_{dc} \cdot 2\sqrt{2}$$

$$I_s = \frac{I_{dc} \cdot 2\sqrt{2}}{3}$$

$$I_s = \frac{0,50 \cdot 2\sqrt{2}}{3}$$

$$I_s = 0,47 \text{ A}$$

iii. Untuk beban 80 watt

$$I_{dc} = \frac{3 \cdot I_s}{2\sqrt{2}}$$

$$3 \cdot I_s = I_{dc} \cdot 2\sqrt{2}$$

$$I_s = \frac{I_{dc} \cdot 2\sqrt{2}}{3}$$

$$I_s = \frac{0,47 \cdot 2\sqrt{2}}{3}$$

$$I_s = 0,44 \text{ A}$$

iv. Untuk beban 120 watt

$$I_{dc} = \frac{3 \cdot I_s}{2 \sqrt{2}}$$

$$3 \cdot I_s = I_{dc} \cdot 2 \sqrt{2}$$

$$I_s = \frac{I_{dc} \cdot 2 \sqrt{2}}{3}$$

$$I_s = \frac{0,49 \cdot 2 \sqrt{2}}{3}$$

$$I_s = 0,46 \text{ A}$$

Daya rata rata yang dipakai dalam pengereman dinamik pada konfigurasi F dengan tegangan injeksi 18 Volt adalah :

$$P_{injeksi} = V_{injeksi} \times I_{injeksi \text{ dc}}$$

$$P_{injeksi} = 18 \text{ Volt} \times 0,495 \text{ A}$$

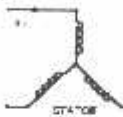
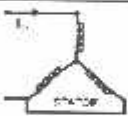
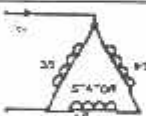

$$P_{injeksi} = 8,91 \text{ Watt}$$

4.9.2 Data hasil perhitungan.

Tabel 4.13

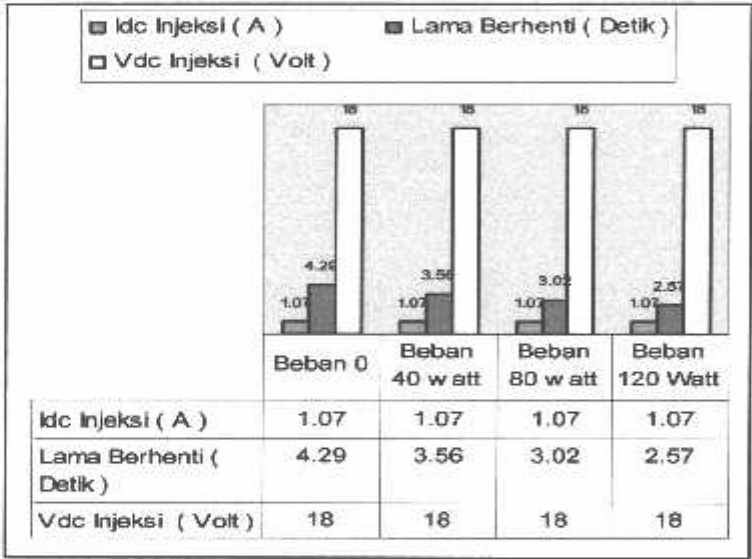
Data hasil perhitungan arus stator (I ac)

Dengan Tegangan Stator Motor 110 Volt 3 fasa 50 Hz Vdc 18 V

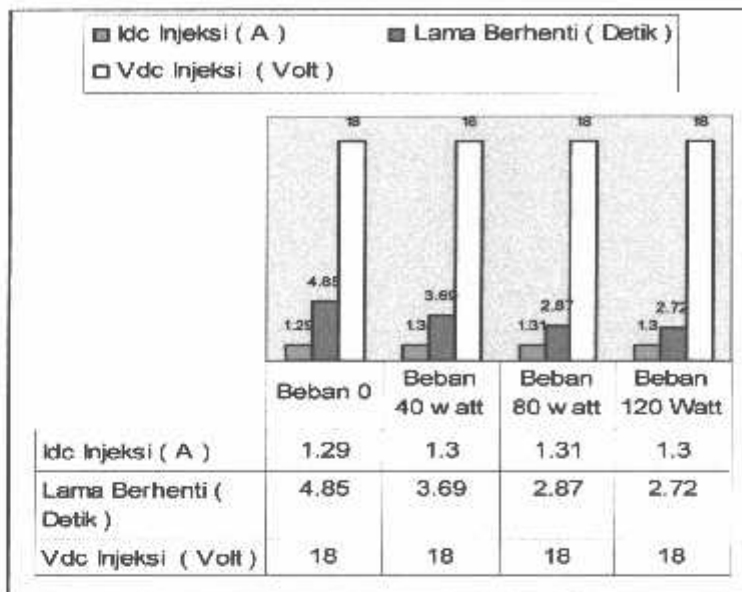
| No | Hub.konfigurasi rangk. stator | I _{dc} Injeksi A | Lama Waktu Berhenti rotor (Detik) | I ac A | Beban (Watt) |
|----|---|------------------------------|--|-----------|-----------------|
| A. |  | 1,07 | 4,29 | 0,87 | 0 |
| | | 1,07 | 3,56 | 0,87 | 40 |
| | | 1,07 | 3,02 | 0,87 | 80 |
| | | 1,07 | 2,57 | 0,87 | 120 |
| B. |  | 1,29 | 4,85 | 0,91 | 0 |
| | | 1,30 | 3,69 | 0,91 | 40 |
| | | 1,31 | 2,87 | 0,92 | 80 |
| | | 1,30 | 2,72 | 0,91 | 120 |
| C. |  | 1,97 | 3,63 | 1,94 | 0 |
| | | 1,97 | 3,37 | 1,95 | 40 |
| | | 1,97 | 2,98 | 1,94 | 80 |
| | | 1,97 | 2,68 | 1,94 | 120 |
| D. |  | 2,24 | 4,26 | 1,94 | 0 |
| | | 2,25 | 3,41 | 1,94 | 40 |
| | | 2,24 | 3,25 | 1,94 | 80 |
| | | 2,24 | 2,50 | 1,94 | 120 |

| | | | | | |
|----|---|------|------|------|-----|
| E. |  | 0,52 | 5,34 | 0,49 | 0 |
| | | 0,50 | 4,72 | 0,47 | 40 |
| | | 0,47 | 3,99 | 0,44 | 80 |
| | | 0,49 | 3,64 | 0,46 | 120 |
| F. |  | 0,52 | 4,65 | 0,49 | 0 |
| | | 0,50 | 4,00 | 0,47 | 40 |
| | | 0,47 | 3,14 | 0,44 | 80 |
| | | 0,49 | 3,02 | 0,46 | 120 |

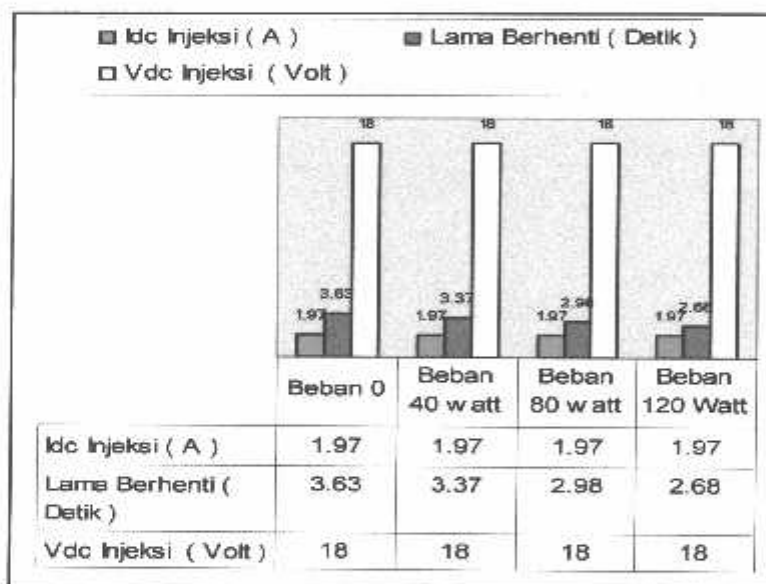
4.9.3 Grafik Hasil Pengujian Pengereman Dinamik Pada Motor Induksi Tiga Fasa
 Dengan Tegangan Injeksi 12 Volt



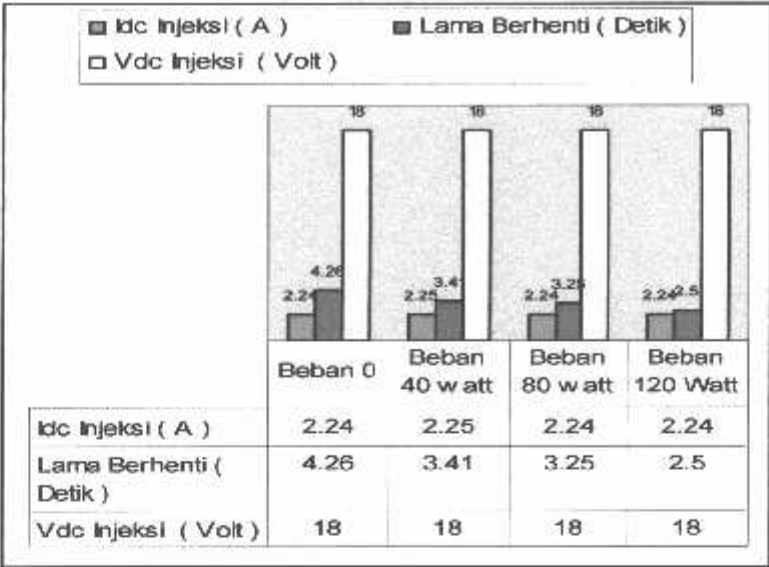
Grafik 4.15 Pengereman Dinamik Berbeban Pada Konfigurasi A
 Dengan Tegangan Injeksi 18 Volt



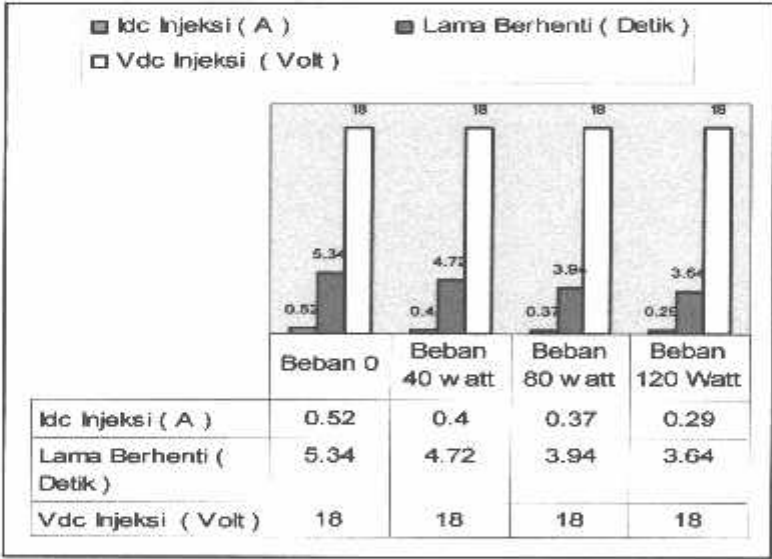
Grafik 4.16 Pengereman Dinamik Berbeban Pada Konfigurasi B
Dengan Tegangan Injeksi 18 Volt



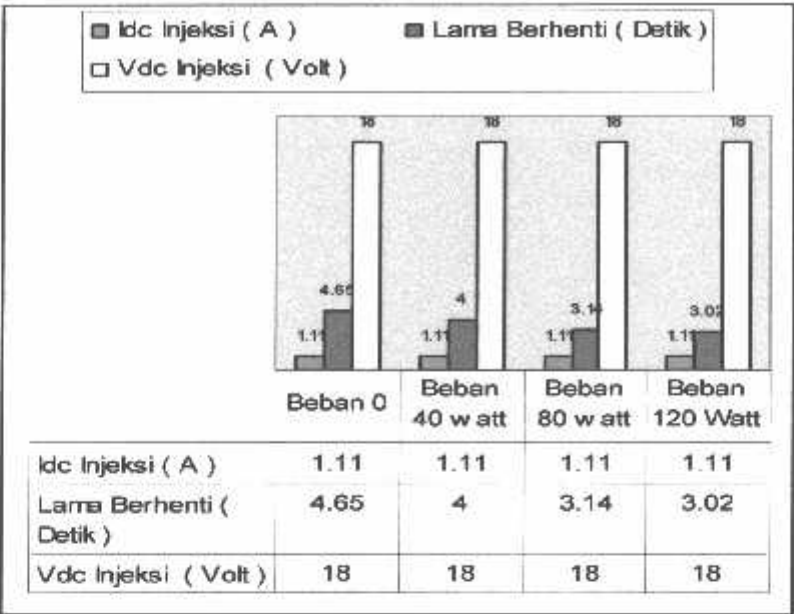
Grafik 4.17 Pengereman Dinamik Berbeban Pada Konfigurasi C
Dengan Tegangan Injeksi 18 Volt



Grafik 4.18 Pengereman Dinamik Berbeban Pada Konfigurasi D
 Dengan Tegangan Injeksi 18 Volt



Grafik 4.19 Pengereman Dinamik Berbeban Pada Konfigurasi E
 Dengan Tegangan Injeksi 18 Volt



Grafik 4.20 Pengereman Dinamik Berbeban Pada Konfigurasi F
Dengan Tegangan Injeksi 18 Volt

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari data hasil pengujian dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Waktu berhenti motor induksi tanpa pengereman dinamik relatif lebih lama dan berkurang apabila beban bertambah besar yaitu :
 - 11,57detik pada beban 0 watt, 11,07detik pada beban 40 watt, 9,22 detik pada beban 80 watt, 8,92 detik pada beban 120 watt pada hubungan bintang.
 - 11,1 detik pada beban 0 watt, 10,25 detik pada beban 40 watt, 9,01 detik pada beban 80 watt, 7,88 detik pada beban 120 watt pada hubungan segitiga.
2. Lama waktu berhenti motor induksi tiga fasa dengan pengereman dinamik relatif lebih cepat dibanding dengan tanpa pengereman dinamik .
3. Konfigurasi terbaik adalah apabila arus injeksi kecil dan waktu berhenti motor relatif cepat .
4. 1. Pada tegangan injeksi 6 Volt
 - Arus terendah terjadi pada konfigurasi F yaitu 0,33 A dengan lama berhenti pada saat beban 40 watt yaitu 4,80 detik.
 - Arus tertinggi terjadi pada konfigurasi D yaitu 0,92 A dengan lama berhenti pada saat beban 40 watt yaitu 4,81 detik.

2. Pada tegangan injeksi 12 Volt

- Arus terendah terjadi pada konfigurasi F yaitu 0,44 A dengan lama berhenti pada saat beban 40 watt yaitu 4,76 detik.
- Arus tertinggi terjadi pada konfigurasi B yaitu 1,87 A dengan lama berhenti pada saat beban 40 watt yaitu 4,81 detik.

3. Pada tegangan injeksi 18 Volt

- Arus terendah terjadi pada konfigurasi F yaitu 0,52 A dengan lama berhenti pada saat beban 40 watt yaitu 4,00 detik.
- Arus tertinggi terjadi pada konfigurasi D yaitu 2,24 A dengan lama berhenti pada saat beban 40 watt yaitu 3,41 detik.

5. Berdasarkan data hasil pengujian, konfigurasi yang sesuai dengan hal tersebut adalah konfigurasi F karena arus injeksi kecil dan waktu berhenti relatif lebih cepat.

5.2 Saran – saran

Berdasarkan hasil – hasil dari pengujian dan pentingnya pengeremandalam dunia industri maka :

1. Skripsi ini akan mudah dipahami oleh kalangan mahasiswa apabila dijadikan bahan acuan dalam praktikum di Laboratorium Konversi Energi Listrik Institut Teknologi Nasional Malang.
2. Supaya data hasil pengujian lebih valid dan optimal, maka alat – alat di Laboratorium Konversi Energi Listrik Institut Teknologi Nasional Malang harus dilengkapi .

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A.E. Fitzgerald, Charles Kingsley, Jr., Stephen D. Umans, Ir.Djoko Achyanto, M.Sc.EE., *Mesin-Mesin Listrik*, Penerbit Erlangga, Jakarta, 1997.
- [2] G K Dubay, *Fundamental of Elektrical Drive*, Toppan Company (S) Pte Lmd , Singapore,1995.
- [3] M. Rashid, *Power Elektronik Circuit* , Device, And Aplication 2nd ,Prentice – Hall International Inc,1988.
- [4] Sumanto , MA , *Motor Listrik Arus Bolak Balik*, Endi Offset, Yogyakarta,1993.
- [5] Vincen Del Toro, *Principles of Elektrical engineering*, 2nd Edition. Prentice-Hall Of India Private limited new Delhi. 1984
- [6] Warsito, Agung, M. Facta, *Pengereman Dinamik, Journal* ,Jurusan Teknik Elektro Universitas Diponegoro,Yogyakarta Juni , 2006.
- [7] Zuhail, *Dasar Tenaga Listrik dan Elektronika Daya* , Gramedia , Jakarta, 1995.

LAMPIRAN