

SKRIPSI

ANALISA GENERATOR INDUKSI 3 FASA MENGGUNAKAN MOTOR INDUKSI 3 FASA DI LABORATORIUM KONVERSI ENERGI ELEKTRIK ITN MALANG MENGGUNAKAN SOFTWARE MATLAB 7.0



Disusun oleh:
DICKI IMANSYAH
02.12.084



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

OKTOBER 2008

LEMBAR PERSETUJUAN

**ANALISA GENERATOR INDUKSI TIGA FASA MENGGUNAKAN
MOTOR INDUKSI TIGA FASA DENGAN MENGGUNAKAN
MATLAB 7.0.**

SKRIPSI

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

Disusun Oleh :

DICKI IMANSYAH

02.12.084

Diperiksa dan disetujui,

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II



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

(Bambang Prio H, ST, MT)
NIP. Y. 102 8400 082

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Elektro



(Ir. F. Yudi Lampraptono, MT)
NIP.Y. 103 9500 274

**KONSENTRASI TEKNIK ENERGI LISTRIK
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
2008**



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

Nama Mahasiswa : Dicki Imansyah
N.I.M : 02.12.084
Jurusan : Teknik Elektro S-1
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik
Judul Skripsi : Analisa Motor Induksi 3 Phasa Sebagai Generator
Induksi 3 Phasa Menggunakan *Software Matlab Simulink* Di Lab Konversi Energi Elektrik Teknik
Elektro ITN Malang

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

Hari : Rabu
Tanggal : 24 September 2008
Dengan hasil : 77,7 (B+) *Fuy*



Ketua

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

PANITIA UJIAN SKRIPSI

Sekretaris

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

ANGGOTA PENGUJI

Penguji I

Ir. H. Choirul Saleh, MT
NIP.Y. 101 8800 190

Penguji II

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

ABSTRAK

ANALISA GENERATOR INDUKSI TIGA FASA MENGGUNAKAN MOTOR INDUKSI TIGA FASA DENGAN MENGGUNAKAN MATLAB 7.0.

Dicki Imansyah
Ir.M. Abdul Hamid, MT
Bambang Prio H, ST, MT

Pada umumnya motor induksi dioperasikan sebagai motor penggerak beban yang banyak digunakan dalam bidang industri. Tetapi motor induksi juga dapat digunakan untuk pembangkit daya listrik. Untuk melihat unjuk kerja motor ini dilakukan analisis tentang kinerja motor induksi tiga fasa yang dioperasikan sebagai generator yang bekerja terhubung paralel dengan jala-jala.

Analisis perhitungan kinerja generator induksi tiga fasa menggunakan program komputer matlab. Dari hasil analisis diketahui bahwa agar mampu beroperasi sebagai generator, rotor motor induksi harus diputar diatas kecepatan sinkronnya

Pada generator induksi tiga fasa saat tanpa beban tegangan outputnya 220 V dan saat diberi beban $R_1 = 809,09 \Omega$ maka tegangan output menurun menjadi 178 V dan arusnyz 0,30 ampere, dan saat diberi beban $R_2 = 592,85 \Omega$ maka tegangannya menurun menjadi sebesar 166 V dan arusnya 0,39 Amp. Sedangkan Pada generator induksi tiga fasa saat tanpa beban tegangan outputnya 300 V dan saat diberi behan L_1 maka tegangan output menurun menjadi 272 V dan arusnyz 0,43 ampere, dan saat diberi beban L_2 maka tegangannya menurun menjadi sebesar 251 V dan arusnya 0,54 Ampere

Kata kunci ; *Generator induksi tiga fasa, Kapasitor, Motor induksi 3 fasa*

Abstract

In general induction motor operated as motor activator of burden which used many in the field of industry. But motor induce also can be used for the generating of electricity. To see performance this motor analyse about motor performance induce three operated phasa as parallel laboring generator in circuit with source.

Analyse calculation of generator performance inductions three phasa use computer program of matlab. From result of analysis known that can be operate as generator, induction motor rotor have to be turned around above speed synchronize him .

On generator inductions moment three phase without its tension burden at 220 V and moment give burden of $R1 = 809,09 \Omega$ hence tension of output downhill become 178 V and of current at 0,30 ampere, and moment give burden of $R2 = 592,85 \Omega$ hence its downhill tension become equal to 166 V and this current 0,39 Amp. While At generator induction moment three phase without its tension burden of 300 V and moment give burden of L1 hence tension of output downhill become 272 V and of current at 0,43 ampere, and moment give burden of L2 hence its downhill tension become equal to 251 V and this current 0,54 Ampere.

Keyword: Motor Induction, Generator Induction

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan karunia-Nya, sehingga penyusun dapat menyelesaikan skripsi ini tepat pada waktunya. Skripsi ini disusun untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar sarjana teknik elektro di Institut Teknologi Nasional Malang. Penyusun menyadari bahwa penyusunan skripsi ini mungkin masih jauh dari kesempurnaan, sehingga sangat diharapkan adanya saran dan masukan yang bersifat membangun dari semua pihak untuk membantu penyelesaian penyusunan skripsi ini.

Atas segala bimbingan, pengarahan dan bantuan yang diberikan, sehingga tersusunnya skripsi ini, maka penulis menyampaikan terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Abraham Lomi, MSEE, selaku Rektor ITN Malang.
2. Bapak Ir. F. Yudi Limpraptono, MT, selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro S-1 ITN Malang.
3. Bapak Ir. M. Abdul Hamid, MT, selaku Dosen Pembimbing Utama
4. Bapak Bambang Prio, H,ST, MT, selaku Dosen Pembimbing Kedua
5. Orang Tua yang tercinta yang selalu memberikan semangat, motivasi dan do'anya serta kakak dan adikku thank's ya atas do'anya.
6. Rekan-rekan elektro energi listrik yang saling membantu dan saling mengisi dalam pengerjaan skripsi ini.

Akhirnya penulis mengharapkan skripsi dapat berguna dan bermanfaat bagi rekan-rekan mahasiswa khususnya pada jurusan Teknik Elektro konsentrasi Teknik Energi Listrik.

Malang, oktober 2008

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
ABSTRAK	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xi
BAB I Pendahuluan	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Pembahasan	2
1.4. Batasan Masalah	2
1.5. Metodologi Penelitian	3
1.6. Sistematika Penulisan	4
BAB II Mesin Induksi Tiga Fasa	6
2.1. Pengertian Umum	6
2.2. Motor Induksi Tiga Fasa	7
2.2.1. Prinsip Kerja Motor Induksi	8
2.3. Rangkaian Ekuivalen Motor Induksi	12
2.3.1. Rangkaian Ekuivalen stator	13
2.3.2. Rangkaian Ekuivalen rotor	14
2.4. Generator Induksi	18
2.4.1. Prinsip Kerja	20
2.4.2. Rangkaian Ekuivalen Generator Induksi	21
2.4.3. Penentuan Nilai kapasitor	22

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Mesin Induksi dengan rotor belitan (<i>wound-rotor</i>) dan mesin induksi dengan rotor sangkar (<i>squirrel-cage rotor</i>).....	7
Gambar 2.2	Perputaran Tegangan Tiga Phasa	9
Gambar 2.3	Proses Perputaran Motor pada saat t_1	10
Gambar 2.4	Proses Perputaran Motor pada saat t_2	10
Gambar 2.5	Proses Perputaran Motor pada saat t_3	11
Gambar 2.6	Proses Putaran Motor Saat Satu Kali Putaran Penuh.....	12
Gambar 2.7	Rangkaian Ekuivalen Kumputaran Stator Motor.....	13
Gambar 2.8	Rangkaian Ekuivalen Kumputaran Rotor Motor	14
Gambar 2.9	Rangkaian Ekuivalen Kumputaran Stator-Rotor Motor	16
Gambar 2.10	Rangkaian Ekuivalen Kumputaran Stator-Rotor Motor Yang Disederhanakan.....	18
Gambar 2.11	Karakteristik Motor Induksi Sebagai Generator	20
Gambar 2.12	Rangkaian Ekuivalen Per-Phasa Generator Induksi	21
Gambar 2.13.	Penyambungan kapasitor pada generator asinkron hub Delta ...	23
Gambar 2.14.	Diagram Pengawatan Kapasitor pada MISG	24
Gambar 2.15	Pengujian Arus Searah (<i>DC Test</i>)	25
Gambar 2.16	Rangkaian Pengujian Tanpa Beban (<i>No-Load Test</i>).....	26
Gambar 2.17	Rangkaian Pengujian Rotor Tertahan (<i>Blocked-Rotor Test</i>)	29
Gambar 2.18	Rangkaian Ekuivalen Pengujian Rotor Tertahan.....	30
Gambar 3.1	Karakteristik Motor Induksi Sebagai Generator	32
Gambar 3.2	Rangkaian Ekuivalen Per-Phasa Generator Induksi	33
Gambar 3.3.	Penyambungan kapasitor pada generator asinkron hub Delta ...	35
Gambar 3.4.	Diagram Pengawatan Kapasitor pada MISG	36
Gambar 3.5	Motor Induksi 3 Fasa	42
Gambar 3.6	Rangkaian Motor Induksi 3 Fasa	43
Gambar 3.7	Rangkaian Motor Induksi 3 Fasa Bagian Rotor.....	43

Gambar 3.8	Rangkaian Motor Induksi 3 Fasa Bagian Stator.....	44
Gambar 3.9	<i>mutual Fluxes</i>	44
Gambar 3.10	<i>Primemover</i>	46
Gambar 3.11	Gambar Blok Stator dan Rotor.....	46
Gambar 3.12	Gambar Diagram Pengaturan Kecepatan <i>Primemover</i>	46
Gambar 3.13	Gambar Blok Diagram <i>fourier</i>	48
Gambar 3.14	Gambar <i>Voltage measurement</i>	48
Gambar 3.15	Rangkaian Simulasi Program Pada <i>Matlab Simulink</i>	49
Gambar 3.16	<i>Flow Chart</i> MISG Pada <i>matlab simulink</i>	51
Gambar 4.1	Rangkaian Simulasi Program Pada <i>Matlab Simulink</i>	55
Gambar 4.2	Parameter Motor Induksi 3 fasa.....	55
Gambar 4.3	Gambar Tegangan pada saat beban R_0	56
Gambar 4.3	Gambar Tegangan pada saat beban R_1	57
Gambar 4.5	Gambar Tegangan pada saat R_2	57
Gambar 4.6	Gambar Arus pada saat beban R_0	58
Gambar 4.7	Gambar Arus pada saat beban R_1	58
Gambar 4.8	Gambar Arus pada saat beban R_2	59
Gambar 4.9	Gambar Tegangan pada saat L_1	60
Gambar 4.10	Gambar Tegangan pada saat L_2	61
Gambar 4.11	Gambar Arus pada saat beban L_1	61
Gambar 4.12	Gambar Arus pada saat beban L_2	62
Gambar 4.13	Gambar Putaran pada saat beban L_1	62
Gambar 4.14	Gambar Putaran pada saat beban L_2	63
Gambar 4.14	Rangkaian Ekuivalen Per-Phasa Generator Induksi.....	64
Gambar 4.15	Penyambungan kapasitor pada generator asinkron hub Delta.....	64

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Dengan semakin meluasnya penerapan peralatan yang menggunakan energi listrik, maka kadang-kadang di tempat-tempat tertentu tidak dapat atau tidak cukup diperoleh persediaan generator sinkron sebagai pembangkit listrik. Untuk konversi energi ini dapat dilakukan dengan menggunakan generator induksi. Ditinjau dari segi ekonomis, pembangkit dengan motor induksi sampai daya tertentu (khususnya untuk daya-daya kecil) dapat menjadi lebih murah⁽²⁾.

Pada umumnya motor induksi dioperasikan sebagai motor penggerak beban yang banyak digunakan dalam bidang industri. Tetapi motor induksi juga dapat digunakan untuk pembangkit daya listrik. Untuk melihat unjuk kerja motor ini dilakukan analisis tentang kinerja motor induksi tiga fasa yang dioperasikan sebagai generator yang bekerja terhubung paralel dengan jala-jala. Analisis perhitungan kinerja generator induksi tiga fasa menggunakan program komputer matlab. Dari hasil analisis diketahui bahwa agar mampu beroperasi sebagai generator, rotor motor induksi harus diputar diatas kecepatan sinkronnya⁽²⁾.

Pengendali ini berteknologi sederhana sehingga sesuai untuk diterapkan pada PLTMh. Penelitian dilakukan dengan menentukan karakteristik tegangan keluaran MISG fungsi besar beban pada daya masukan yang konstan. Perancangan pengendali didasarkan pada karakteristik tersebut. Penelitian dilakukan di Laboratorium Konversi Energi Elektrik Teknik elektro ITN Malang.

1.2. Rumusan Masalah

Dengan latar belakang tersebut maka terdapat permasalahan yang perlu dibahas yaitu:

1. Bagaimana rotor induksi harus diputar di atas kecepatan sinkronnya.
2. Menentukan penggerak (*Prime Over*) Generator.
3. Mengukur tegangan Generator Pada Saat Tanpa Beban dan berbeban.
4. Membuat Rangkaian Simulasi Pada *Software Matlab*

1.3. Tujuan Penelitian.

Menganalisa Motor Induksi 3 fasa Menjadi Generator Induksi 3 Fasa dalam hubungan SEIG yang berupa tegangan (V) dan manfaatnya dengan menggunakan *Software Matlab*.

1.4. Batasan Masalah

Agar pembahasan dalam skripsi ini lebih terarah sesuai dengan tujuan dan judul yang ada maka permasalahan dibatasi oleh beberapa hal sebagai berikut :

1. Pengambilan parameter generator dilakukan pada generator induksi tiga fasa Rotor Sangkar DE LORENZO/DL1022, 1,1 Kw, 220/380 (Δ/Y) Volt, 4,3/2,5 (Δ/Y) Ampere, $\cos \phi$ 0,83, 50Hz, 2820 rpm, 2 kutub
 2. Hanya membahas masalah Motor Induksi 3 Fasa Sebagai generator 3 Fasa.
-

3. Diasumsikan temperatur mesin tidak mempengaruhi harga parameter (Parameter dianggap konstan)
4. Analisa motor induksi 3 phasa sebagai Generator 3 Fasa disimulasikan menggunakan *Software Matlab*.
5. Motor induksi 3 phasa Sebagai Generator 3 Fasa dilakukan di Lab. Konversi Energi Listrik Teknik Elektro ITN Malang

1.5. Metodologi Penelitian

Dalam melaksanakan penulisan skripsi ini metodologi yang digunakan :

1. Studi Literatur.

Pengambilan parameter generator dilakukan pada generator induksi tiga fasa Rotor Sangkar DE LORENZO/DL1022, 1,1 Kw, 220/380 (Δ/Y) Volt, 4,3/2,5 (Δ/Y) Ampere, $\cos \varphi$ 0,83, 50Hz, 2820 rpm, 2 kutub.

2. Pengumpulan Data.

Penulis melakukan pengambilan data gambar *Single Line* dan data *Name Plate* motor induksi 3 phasa yang digunakan.

3. Analisa Data.

Setelah mendapatkan data, penulis akan memasukkan data yang telah didapat untuk memodelkan di dalam *Software Matlab*.

4. Pemodelan.

Setelah mendapatkan data, penulis akan memasukkan data yang telah didapat untuk dimodelkan di dalam *Software Matlab*.

5. Simulasi.

Data yang telah dimodelkan akan disimulasikan di dalam *Software matlab*.

6. Pembahasan.

Penulis membahas hasil simulasi pada *software matlab* dan analisa perhitungan.

6. Mengambil Kesimpulan.

Setelah analisa dilakukan, maka penulis dapat menarik suatu kesimpulan

1.6. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan skripsi ini tersusun sebagai berikut :

- BABI : PENDAHULUAN, berisi tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan penulisan, batasan masalah, metodologi penelitian, sistematika penulisan dan kontribusi penulisan.
- BAB II : MESIN INDUKSI TIGA PHASA, berisi tentang teori mesin induksi
- BAB III : GENERATOR INDUKSI TIGA FASA, membahas tentang penguatan dalam hubung Delta beserta penurunan formulasi matematikanya untuk menentukan nilai kapasitor dan dasar – dasar teori matlab 7.0
- BAB IV : PERCOBAAN DAN ANALISA DATA, berisi tentang hasil pengujian yang di lakukan di lab serta menganalisa data hasil percobaan serta menampilkan hasil simulasi berdasarkan data
-

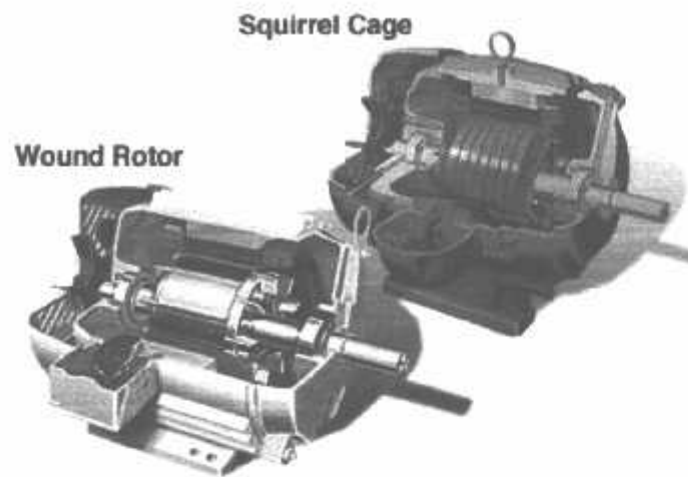
BAB II

MESIN INDUKSI TIGA PHASA

2.1. Pengertian Umum

Mesin Induksi merupakan mesin arus bolak-balik (AC) yang banyak digunakan. Penamaannya berasal dari kenyataan bahwa arus rotor diperoleh bukan dari sumber tertentu, tetapi merupakan arus yang terinduksi sebagai akibat adanya perbedaan relatif antara putaran rotor dengan medan putar (*rotating magnetic field*) yang dihasilkan oleh stator. Perbedaan putaran relatif antara stator dengan rotor disebut slip. Penempatan belitan masing-masing kumparan pada mesin induksi tiga phasa berbeda 120° ⁽⁵⁾.

Dikenal dua tipe mesin induksi tiga phasa, yaitu mesin induksi dengan rotor belitan (*wound-rotor*) dan mesin induksi dengan rotor sangkar (*squirrel-cage rotor*). Mesin induksi dengan rotor belitan (*wound-rotor*) mempunyai rotor dengan belitan kumparan tiga phasa sama seperti kumparan stator. Sedangkan mesin induksi dengan rotor sangkar (*squirrel-cage rotor*) mempunyai rotor dengan kumparan yang terdiri atas beberapa batang konduktor yang disusun sedemikian rupa hingga menyerupai sangkar tupai. Dalam pembahasan skripsi ini hanya ditekankan pada mesin induksi dengan rotor sangkar⁽⁵⁾.



Gambar 2.1. Mesin induksi dengan rotor belitan (*wound-rotor*) dan mesin induksi dengan rotor sangkar (*squirrel-cage rotor*)

2.2. Motor Induksi Tiga Phasa

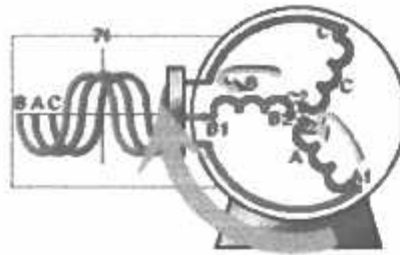
Motor arus bolak-balik (motor AC) adalah suatu mesin yang berfungsi untuk mengubah tenaga listrik arus bolak-balik menjadi tenaga mekanik atau tenaga gerak, dimana tenaga gerak ini berupa perputaran pada motor. Salah satu jenis motor AC ini adalah motor induksi atau motor *asinkron*. Disebut motor *asinkron* karena putaran riil motor yakni pada rotor tidak sama dengan putaran fluks magnet stator. Dengan kata lain, bahwa antara putaran rotor dan putaran fluks magnet terdapat selisih putaran yang disebut slip. Motor induksi *polyphase* banyak dipakai di kalangan industri. Ini berkaitan dengan beberapa keuntungan, yaitu⁽¹⁾:

1. Sangat sederhana dan daya tahan kuat (kontruksi hampir tak pernah mengalami kerusakan).

2. Harga relatif murah dan perawatan mudah.
3. Efisiensi tinggi. Pada kondisi berputar normal, tidak dibutuhkan sikat dan karena rugi daya yang timbul dapat dikurangi (khususnya motor induksi rotor belitan).

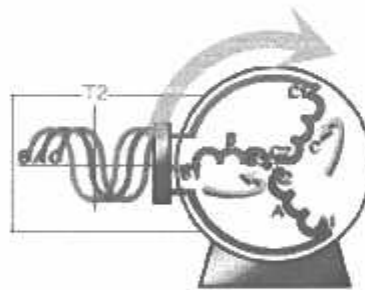
2.2.1. Prinsip Kerja Motor Induksi

Daya tiga phasa terdiri dari tiga tegangan yang berdiri sendiri. Tiap phasanya memiliki beda sudut fasa 120° . Disaat phasa yang pertama (A) berada pada titik nol, maka phasa yang kedua (B) berada pada titik yang mendekati maksimum dan mempunyai nilai positif, sedangkan untuk phasa yang ketiga (C) berada pada titik yang mendekati maksimum tetapi mempunyai nilai yang negatif. Tiap-tiap phasa ini akan berubah dari positif ke negatif sebagai perputaran daya arus bolak-balik. Oleh karena itu suatu perputaran medan magnet akan dihasilkan apabila kumparan stator dari sebuah motor induksi dihubungkan dengan sumber tiga phasa.



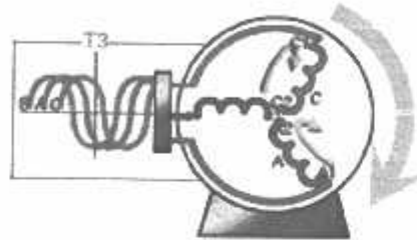
Gambar 2.3. Proses perputaran motor pada saat t_1 ^[3]

Pada t_2 (gambar 2.4), arus yang mengalir pada fasa C menjadi negatif, sehingga terbentuk kutub magnet pada kumparan ini yang mana C1 adalah selatan dan C2 adalah utara. Arus yang mengalir pada fasa B (biru) yang awalnya negatif menjadi positif, sehingga pada kumparan ini terbentuk kutub magnet yang mana B1 dan B2 adalah kutub utara dan selatan. Pada fasa A (hijau) adalah nol atau tidak ada arus yang mengalir pada kumparan ini. Perpindahan medan magnet pada tiap kumparan ditunjukkan oleh anak panah.



Gambar 2.4. Proses perputaran motor pada saat t_2 ^[3]

Akhirnya, pada saat t_3 (gambar 2.5), kita lihat bahwa fasa A (hijau) yang tadinya nol menjadi positif dan fasa C (merah) menjadi negatif. Pada masing-masing kutub timbul medan magnet yang menghasilkan suatu gaya medan putar yang berkelanjutan dan gaya inilah yang membuat pergerakan pada rotor.



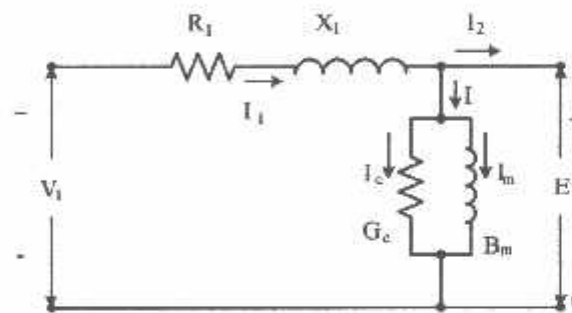
Gambar 2.5. Proses perputaran motor pada saat t_3 ⁽³⁾

Tegangan bolak-balik berputar 60 kali tiap detiknya antara negatif dan positif. Karena dalam kumparan stator motor terdapat medan magnetik, maka akan terjadi medan induksi magnetik dimana kutub-kutub yang berlainan antara stator dan rotor akan saling tarik-menarik, sehingga akan menyebabkan perubahan medan magnetik pada rotor akan mengikuti perubahan medan magnetik pada stator. Secara kontinyu rotor terus mengikuti perubahan medan magnet yang terjadi pada stator, tiap-tiap fasa akan selalu bergeser 60° dan ini akan menyebabkan perpindahan polaritas secara kontinyu pula yang berakibat pada berputarnya suatu motor (gambar 2.6).

2.3.1. Rangkaian Ekuivalen Stator^[2]

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

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



Gambar 2.7. Rangkaian Ekuivalen Stator

Dimana: V_1 = tegangan terminal per-fasa

R_1 = resistansi kumparan stator per-fasa

X_1 = reaktansi bocor kumparan stator per-fasa

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

G_c = konduktansi rugi-rugi inti stator per-fasa

B_m = suseptansi magnetisasi stator per-fasa

2.3.2. Rangkaian Ekivalen Rotor^[2]

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

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

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

dimana X_2 merupakan reaktansi rotor pada start atau diam.

Tegangan induksi pada rotor :

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

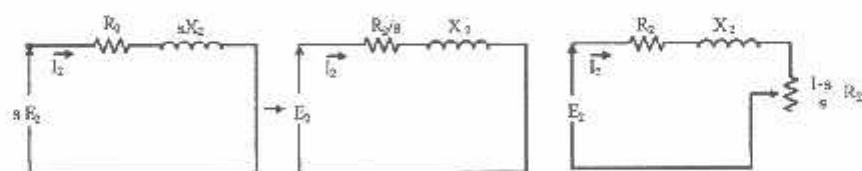
Pada slip, s , frekuensi rotor menjadi $s f_s$, maka tegangan induksi pada rotor

(E_2') pada slip, s , adalah :

$$E_2' = 4,44sf_1 N_2 \Phi_m \dots\dots\dots(2.13)$$

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

$$E_2' = s E_2 \dots\dots\dots(2.14)$$



Gambar 2.8. Rangkaian Ekivalen Rotor

Dimana :

S = Slip

E_2 = Tegangan induksi perphasa didalam rotor keadaan diam

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

X_2' = Reaktansi bocor rotor per-phasa berpatokan pada stator

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

Besar arus rotor (I_2) saat berputar adalah :

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

Atau

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

Sedangkan torsi untuk motor induksi dapat dihtung dengan menggunakan rumus:

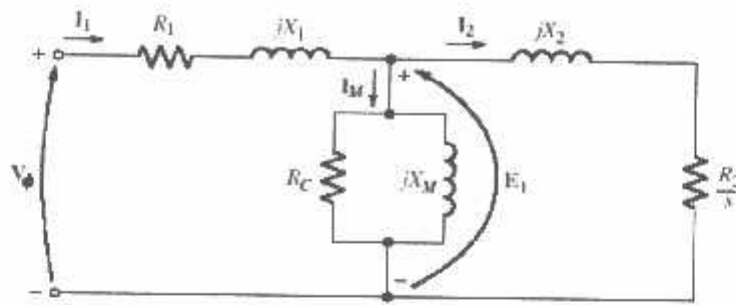
$$P_o = T_o \cdot \omega_r \dots\dots\dots(2.16)$$

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

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

$$P_{in} = \sqrt{3} \cdot V_L \cdot I \cdot \cos \varphi \dots\dots\dots(2.19)$$

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

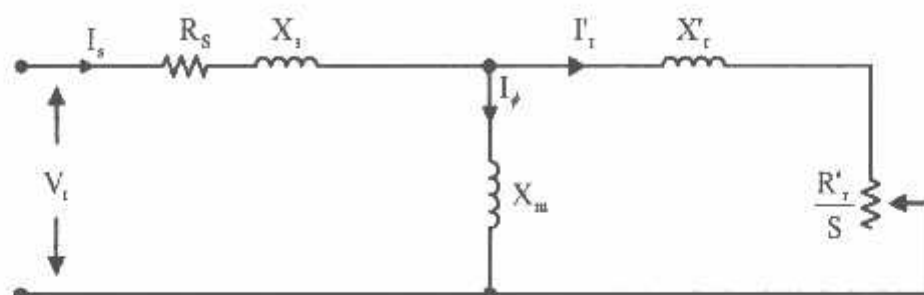


Gambar 2.9. Rangkaian Ekivalen Motor Induksi

Dimana:

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

rugi-rugi inti telah bercampur dengan rugi-rugi gesekan dan pelilitan, maka R_c dapat dihilangkan. Dari uraian diatas, maka gambar 2.9. dapat disederhanakan menjadi :



Gambar 2.10. Rangkaian ekvalen kumparan stator-rotor yang disederhanakan

2.4. Generator Induksi

Generator arus bolak-balik (Generator AC) adalah suatu mesin yang berfungsi untuk mengubah tenaga mekanik atau tenaga gerak menjadi tenaga listrik arus bolak-balik. Jenis generator AC ini pada umumnya adalah generator induksi atau generator *asinkron*. Pada kenyataannya banyak generator induksi yang digunakan diperoleh dari pengoperasian motor induksi sebagai generator penguatan sendiri (SEIG). SEIG (*Self-Excited Induction Generator*) ini banyak diterapkan pada Pembangkit Listrik Tenaga *Mikrohidro* (PLTMh). Digunakannya generator induksi dikarenakan harganya murah dan mudah perawatannya, serta banyak tersedia di pasaran.

Syarat-syarat dalam pengoperasian motor induksi sebagai sebuah generator adalah (2)(6).

1. Motor induksi harus diputar oleh penggerak mula (*prime mover*) pada kecepatan diatas kecepatan sinkronnya.

2. Kecepatan putar rotor lebih besar dari kecepatan medan putar stator / kecepatan sinkronnya ($n_r > n_s$)
3. Untuk membangkitkan medan magnet pada celah udara motor, maka terminal stator motor induksi harus dihubungkan dengan jala-jala listrik. Dalam hal ini jala-jala listrik berperan sebagai sumber daya reaktif pembangkit medan magnet celah udara motor, atau pada jala-jala telah tersedia kapasitor sebagai sumber daya reaktif.

Keuntungan dari generator induksi bila dibandingkan dengan generator sinkron adalah sebagai berikut⁽²⁾ :

1. Mesin induksi terutama jenis sangkar bajing mempunyai konstruksi yang lebih kuat dan cukup sederhana.
 2. Motor induksi tersedia secara luas dan harganya lebih murah (untuk motor dengan kapasitas 0,5 sampai 50 kW). Untuk motor induksi kapasitas di atas 100 kW yang dioperasikan sebagai generator induksi, bila dibandingkan dengan generator sinkron maka generator sinkron lebih kompetitif. (Sen, 1976)
 3. Pada kondisi hubung singkat, generator induksi tidak mempunyai kontribusi terhadap arus hubung singkat. Hal ini diakibatkan karena pada motor induksi tidak ada tegangan internal yang dibangkitkan (EMF).
 4. Tidak memerlukan *instrument* sinkronisasi saat dimulai operasi paralel dengan jala-jala.
-

2.4.1. Prinsip Kerja

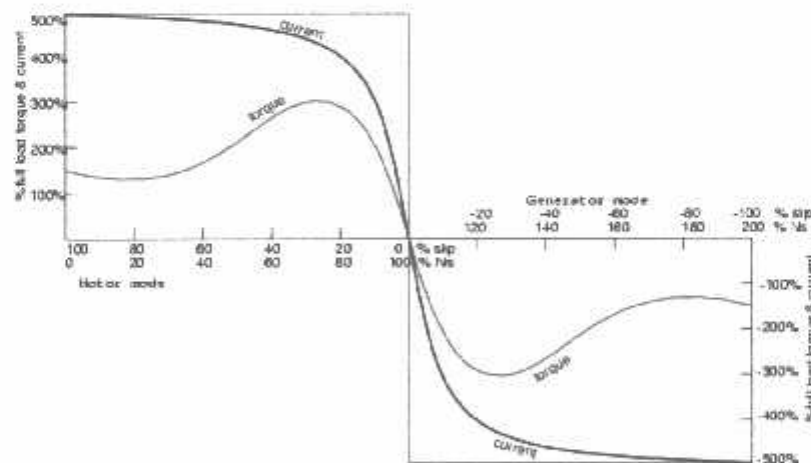
Dengan menghubungkan sumber tegangan pada kumparan stator, dihasilkan medan putar. Penggerak utama (*Prime Mover*) dipakai untuk memutar rotor searah dengan arah medan putar. Ketika putaran rotor dari mesin induksi (n_r) secara mekanis diputar lebih cepat dari pada kecepatan medan putar atau kecepatan sinkron (n_s), atau dengan kata lain slip (S) dibuat negative :

$$n_s = \frac{120 \times f}{p} \dots\dots\dots(1)$$

$$S = \frac{n_s - n_r}{n_s} \dots\dots\dots(1)$$

Dengan : S : slip
 n_s : kecepatan medan putar atau kecepatan sinkron
 n_r : kecepatan putar rotor

Dengan s negative maka mesin akan berfungsi sebagai generator dan energi listrik akan dikembalikan ke jala-jala.



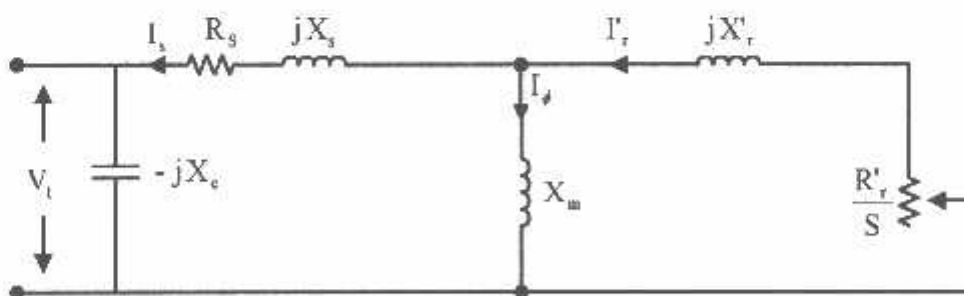
Gambar 2.11. Karakteristik Motor Induksi sebagai Generator. [7]

Berdasarkan hukum Faraday ($e = B.l.v$), apabila konduktor dengan panjang l digerakkan pada kecepatan v memotong medan magnet dengan kerapatan fluksi B , maka akan menghasilkan gaya gerak listrik (ggl) e . Dengan demikian agar operasi generator dapat berjalan dengan baik, maka dibutuhkan peralatan tambahan yaitu sumber penguatan (excitation source).

Apabila generator induksi dihubungkan dengan jala-jala (interkoneksi), maka sumber penguatan ini akan disuplai oleh jala-jala. Tetapi jika generator induksi digerakkan secara terpisah atau tidak interkoneksi, maka dibutuhkan sumber penguatan sendiri (self-excited), yaitu dengan memasang kapasitor sesuai dengan parameter-parameter mesin. Generator inilah yang sering disebut generator induksi penguatan sendiri (*self-excited induction generator*).

Generator induksi hanya menghasilkan daya aktif (kw), berbeda dengan alternator yang dapat menghasilkan daya aktif (kw) maupun daya reaktif (KVar) atau dengan kata lain generator induksi merupakan mesin pasif sedangkan alternator merupakan mesin aktif.

2.4.2. Rangkaian Ekuivalen Generator Induksi



Gambar 2.12. Rangkaian ekuivalen per-fasa generator induksi

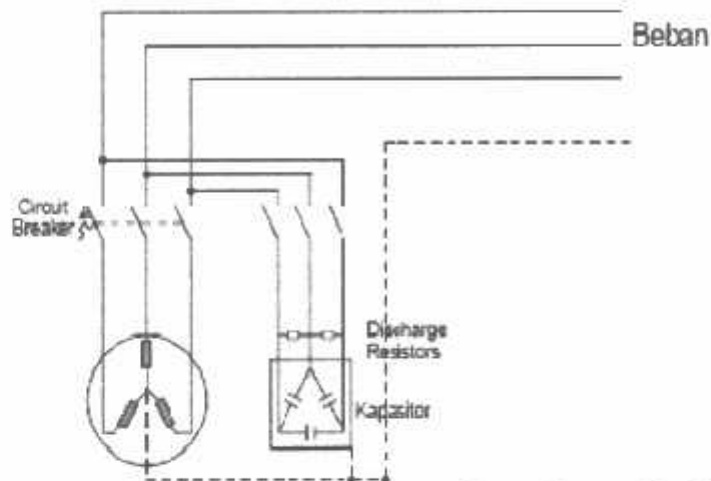
Karena mesin dioperasikan sebagai generator induksi, maka pada terminal stator dipasang kapasitor yang berfungsi sebagai sumber penguatan (gambar 2.13). Agar generator induksi dapat memberikan arus kerja, maka perlu diberikan arus reaktif untuk keperluan magnetisasi. Generator penguatan sendiri ini mendapatkan arus reaktif melalui kapasitor penguat yang dipasang pada terminal keluarannya.

Suatu generator induksi memperoleh daya reaktif magnetisasi dari suatu banku kapasitor. Dalam hal ini tidak diperlukan penguatan luar, frekuensi dan tegangan operasi ditentukan oleh kecepatan generator, beban dan nilai kapasitor penguatan. Generator induksi rotornya harus memiliki fluks remanensi. Pada gambar 2.13. adalah gambar rangkaian generator induksi tanpa beban. Pada kondisi tanpa beban tersebut I_{sb} , arus pengisian kapasitor, $I_c = V_1/X_c$, harus sama dengan arus magnetisasi $I_m = V_1/X_m$ sebab V_1 merupakan fungsi dari I_m . Reaktansi kapasitif $X_c = 1/\omega C = 1/2\pi f C$ dan arus magnetisasi dapat ditulis $I_m = 2\pi f C V_1$ yang nilainya sama dengan I_c . Jadi pada keadaan beban nol besarnya reaktansi X_m sama dengan besarnya reaktansi X_c .

2.4.3. Penentuan Nilai Kapasitor.

Pemilihan ukuran kapasitor harus dilakukan dengan teliti untuk menjaga frekuensi dan tegangan output pada batasan yang di tentukan. Besarnya kapasitor yang disambungkan pada generator asinkron sangat menentukan frekuensi dan tegangan output. Adapun parameter yang diperhitungkan dalam menentukan ukuran

Gambar di bawah ini memperlihatkan diagram pengawatan kapasitor pada motor induksi yang dioperasikan sebagai generator.



Gambar 2.14. Diagram Pengawatan Kapasitor pada MISG

2.5. Menentukan Parameter Generator Induksi

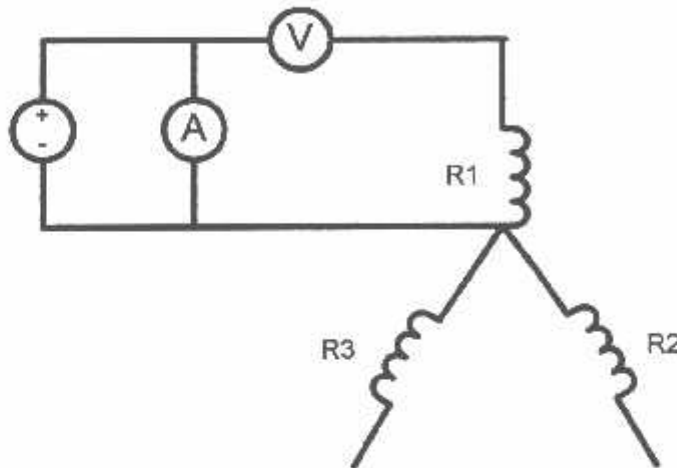
Karena pada umumnya parameter suatu mesin induksi belum diketahui, maka terlebih dahulu dilakukan pengujian parameter terhadap mesin induksi yang akan dioperasikan sebagai generator induksi. Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui parameter-parameter (R_s, R_r, X_s, X_r, X_m) dari generator induksi yang akan dianalisis. Pengujian ini dibagi atas tiga macam, yaitu pengujian arus searah (*DC Test*), pengujian tanpa beban (*No-Load Test*) dan pengujian rotor tertahan (*Blocked-Rotor Test*).

2.5.1. Pengujian Arus Searah (*DC Test*)

Selama pengujian arus searah ini, terminal stator generator induksi diberikan tegangan searah (dc), sehingga dalam stator mengalir arus searah. Tujuan dari

pengujian arus searah (*DC Test*) adalah untuk memperoleh besarnya nilai resistansi stator (R_s). Rangkaian pengujian ditunjukkan pada gambar 3.1. Besarnya R_s dapat diperoleh dengan persamaan berikut :

$$R_s = R_{dc} = \frac{V}{I} \dots\dots\dots(3.1)$$



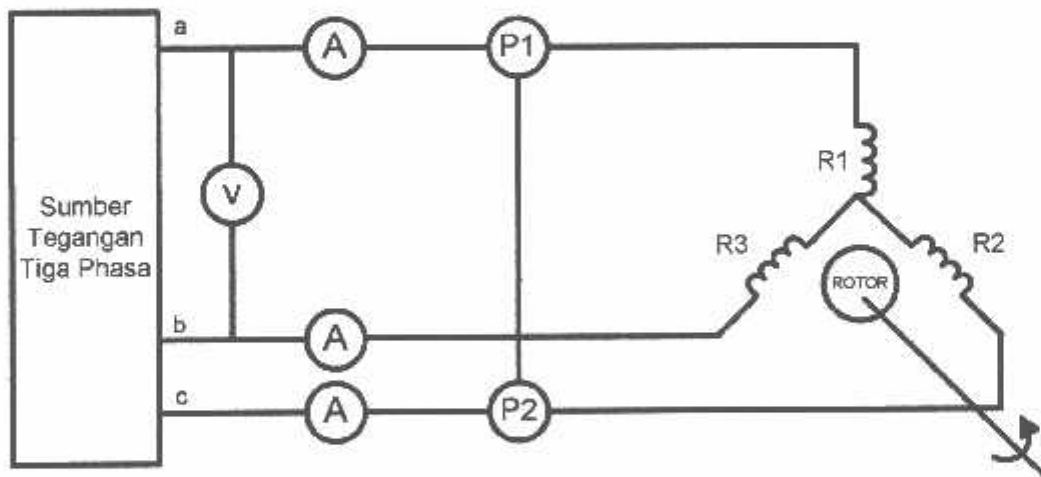
Gambar 2.15. Pengujian Arus Searah (*DC Test*)

Langkah-langkah Pengujian Arus Searah (*DC Test*)

1. Kumaran Stator dihubung bintang
2. Sumber tegangan DC dihubungkan dengan alat ukur (Voltmeter dan Amperemeter)
3. Sumber Tegangan DC dari alat ukur dihubungkan pada kumaran stator yaitu pada titik A dan titik N
4. Atur sumber tegangan dari yang paling kecil sampai arus yang terbaca pada alat ukur amperemeter mendekati arus nominal dari data name plate motor.
5. Catat hasil pengukuran dari arus dan tegangan dari alat ukur untuk dianalisa.

2.5.2. Pengujian Tanpa Beban (*no-Load Test*)

Pengujian tanpa beban mesin induksi sama dengan pengujian rangkaian terbuka. Pada keadaan tanpa beban, besarnya arus rotor sangat kecil dan hanya diperlukan untuk menghasilkan torsi yang cukup untuk mengatasi gesekan dan perlilitan, sehingga rugi-rugi I^2R rotor tanpa beban sangat kecil dan dapat diabaikan. Sedangkan rugi-rugi I^2R stator pada keadaan tanpa beban tidak dapat diabaikan karena besarnya cukup berarti yang disebabkan arus peneralannya lebih besar. Pengujian Tanpa Beban (*no-Load Test*) bertujuan untuk menentukan nilai resistansi rugi-rugi inti (R_c) dan reaktansi pemagnetan (X_m). Pada pengujian ini motor induksi disuplai pada tegangan dan frekuensi nominalnya, serta rotor berputar tanpa terhubung dengan peralatan beban dimana harga slip mendekati nol ($s=0$).



Gambar 2.16. Rangkaian Pengujian Tanpa Beban (*No-Load Test*)

Rugi-rugi tahanan stator :

$$PI^2R_s = 3I_{nl}R_s \dots\dots\dots(3.2)$$

dengan I_{nl} adalah arus tanpa beban.

Maka total rugi daya :

$$P_{loss} = P_{nl} - PI^2R_s \dots\dots\dots(3.3)$$

Reaktansi diri stator :

$$X_{bs} = X_s + X_m = X_{nl} \dots\dots\dots(3.4)$$

Untuk setiap mesin tiga fasa yang terhubung bintang besarnya impedansi tanpa beban (Z_{nl}) tiap fasa adalah :

$$Z_{nl} = \frac{1}{\sqrt{3}} \frac{V_{nl}}{I_{nl}} \dots\dots\dots(3.5)$$

Besarnya resistansi tanpa beban :

$$R_{nl} = \frac{P_{nl}}{3I_{nl}^2} \dots\dots\dots(3.6)$$

Dan reaktansi tanpa beban :

$$X_{nl} = \sqrt{Z_{nl}^2 - R_{nl}^2} \dots\dots\dots(3.7)$$

Langkah-langkah Pengujian Tanpa Beban (*No-Load Test*)

1. Sumber tegangan tiga fasa dihubungkan pada alat ukur (Voltmeter, amperemeter dan wattmeter)
2. Sumber tegangan tiga fasa dari alat ukur dihubungkan pada kumparan stator
3. Kumparan stator motor dirangkai hubungan bintang

BAB III

ANALISA GENERATOR INDUKSI TIGA FASA MENGUNAKAN MOTOR INDUKSI TIGA FASA DENGAN MATLAB 7.0.

3.1. Generator Induksi

Generator arus bolak-balik (Generator AC) adalah suatu mesin yang berfungsi untuk mengubah tenaga mekanik atau tenaga gerak menjadi tenaga listrik arus bolak-balik. Jenis generator AC ini pada umumnya adalah generator induksi atau generator *asinkron*. Pada kenyataannya banyak generator induksi yang digunakan diperoleh dari pengoperasian motor induksi sebagai generator penguatan sendiri (SEIG). SEIG (*Self-Excited Induction Generator*) ini banyak diterapkan pada Pembangkit Listrik Tenaga *Mikrohidro* (PLTMh). Digunakannya generator induksi dikarenakan harganya murah dan mudah perawatannya, serta banyak tersedia di pasaran⁽⁵⁾.

3.1.1. Prinsip Kerja

Dengan menghubungkan sumber tegangan pada kumparan stator, dihasilkan medan putar. Penggerak utama (*Prime Mover*) dipakai untuk memutar rotor searah dengan arah medan putar. Ketika putaran rotor dari mesin induksi (n_r) secara mekanis diputar lebih cepat dari pada kecepatan medan putar atau kecepatan sinkron (n_s), atau dengan kata lain slip (S) dibuat negative :

$$n_s = \frac{120 \times f}{p} \dots\dots\dots(1)$$

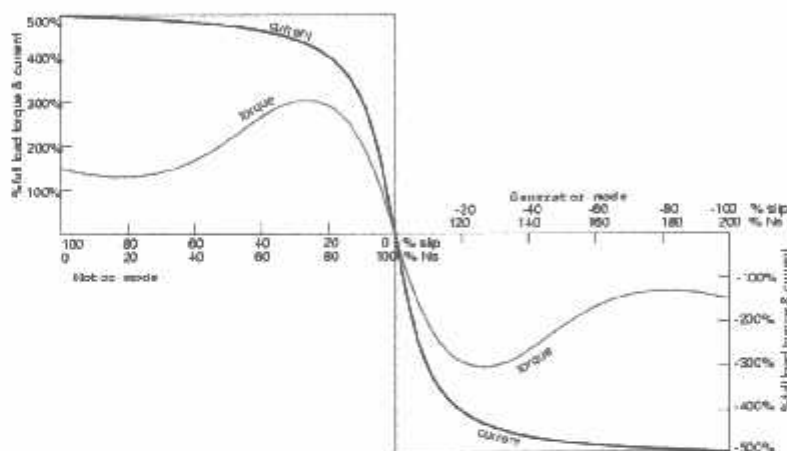
$$S = \frac{n_s - n_r}{n_s} \dots\dots\dots(2)$$

Dengan : S : slip

n_s : kecepatan medan putar atau kecepatan sinkron

n_r : kecepatan putar rotor

Dengan s negative maka mesin akan berfungsi sebagai generator dan energi listrik akan dikembalikan ke jala-jala.



Gambar 3.1. Karakteristik Motor Induksi sebagai Generator. ⁽⁵⁾

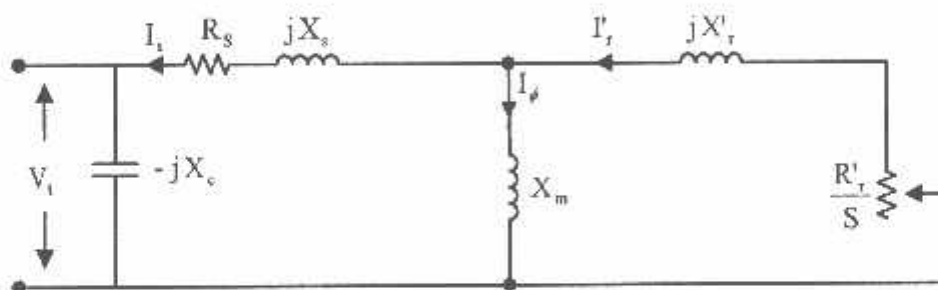
Berdasarkan hukum Faraday ($e = B.l.v$), apabila konduktor dengan panjang l digerakkan pada kecepatan v memotong medan magnet dengan kerapatan fluksi B , maka akan menghasilkan gaya gerak listrik (ggl) e . Dengan demikian agar operasi generator dapat berjalan dengan baik, maka dibutuhkan peralatan tambahan yaitu sumber penguatan (*excitation source*).

Apabila generator induksi dihubungkan dengan jala-jala (interkoneksi), maka sumber penguatan ini akan disuplai oleh jala-jala. Tetapi jika generator induksi digerakkan secara terpisah atau tidak interkoneksi, maka dibutuhkan sumber

penguatan sendiri (*self-excited*), yaitu dengan memasang kapasitor sesuai dengan parameter-parameter mesin. Generator inilah yang sering disebut generator induksi penguatan sendiri (*self-excited induction generator*)⁽⁵⁾.

Generator induksi hanya menghasilkan daya aktif (kw), berbeda dengan alternator yang dapat menghasilkan daya aktif (kw) maupun daya reaktif (KVar) atau dengan kata lain generator induksi merupakan mesin pasif sedangkan alternator merupakan mesin aktif.

3.1.2. Rangkaian Ekuivalen Generator Induksi



Gambar 3.2. Rangkaian ekuivalen per-fasa generator induksi⁽⁵⁾.

Karena mesin dioperasikan sebagai generator induksi, maka pada terminal stator dipasang kapasitor yang berfungsi sebagai sumber penguatan (gambar 3.2). Agar generator induksi dapat memberikan arus kerja, maka perlu diberikan arus reaktif untuk keperluan magnetisasi. Generator penguatan sendiri ini mendapatkan arus reaktif melalui kapasitor penguat yang dipasang pada terminal keluarannya.

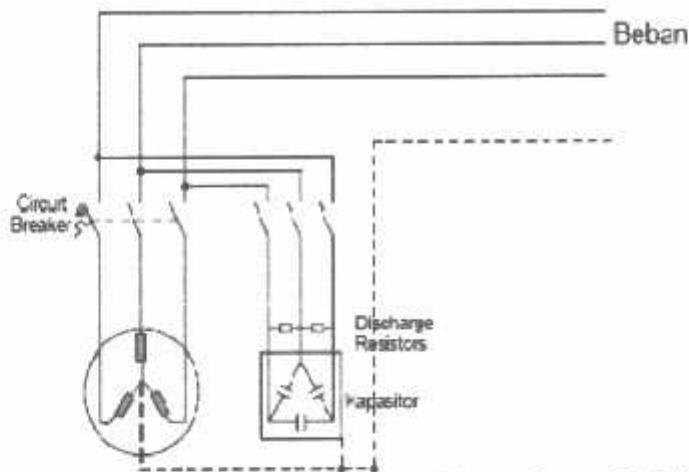
Suatu generator induksi memperoleh daya reaktif magnetisasi dari suatu bank kapasitor. Dalam hal ini tidak diperlukan penguatan luar, frekuensi dan tegangan operasi ditentukan oleh kecepatan generator, beban dan nilai kapasitor penguatan.

Generator induksi rotornya harus memiliki fluks remanensi. Pada gambar 3.2, adalah gambar rangkaian generator induksi tanpa beban. Pada kondisi tanpa beban tersebut I_{ab} , arus pengisian kapasitor, $I_c = V_1/X_c$, harus sama dengan arus magnetisasi $I_m = V_1/X_m$ sebab V_1 merupakan fungsi dari I_m . Reaktansi kapasitif $X_c = 1/\omega C = 1/2\pi f C$ dan arus magnetisasi dapat ditulis $I_m = 2\pi f C V_1$ yang nilainya sama dengan I_c . Jadi pada keadaan beban nol besarnya reaktansi X_m sama dengan besarnya reaktansi X_c .

3.1.3. Penentuan Nilai Kapasitor⁽³⁾.

Pemilihan ukuran kapasitor harus dilakukan dengan teliti untuk menjaga frekuensi dan tegangan output pada batasan yang di tentukan. Besarnya kapasitor yang disambungkan pada generator asinkron sangat menentukan frekuensi dan tegangan output. Adapun parameter yang diperhitungkan dalam menentukan ukuran kapasitor didapatkan dari data generator yang diberikan manufacturer, seperti berikut ini:

1. Daya motor (*Rated Output power*)
 2. Arus beban penuh (*Full-load Current*)
 3. Tegangan nominal (*Rated Voltage*)
 4. *Power factor*
-



Gambar 3.4. Diagram Pengawatan Kapasitor pada MISG

3.1.4. Dari data yang diperoleh dari nameplate motor induksi 3 fasa adalah sebagai berikut :

Tegangan	: 220/380 (Δ/Y) Volt
Arus	: 4.3/2.5 (Δ/Y) Ampere
Cos ϕ	: 0.85
Frekuensi	: 50 Hz
Daya	: 1.1 Kw
Putaran	: 2820 rpm
Kutub	: 2 Kutub
Kelas Isolasi	: F

Untuk menghitung slip pada motor induksi 3 fasa adalah sebagai berikut :

Full Load Speed motor $n_r = 2820 \text{ rpm}$

Kecepatan sinkron $n_s = \frac{120 \times f}{p}$

$$n_s = \frac{120 \times 50}{2} = 3000 \text{ rpm}$$

$$\text{Slip} \quad S = \frac{n_s - n_r}{n_s}$$

$$S = \frac{3000 - 2820}{3000} = 0.06$$

Karena slip *full load* pada saat beroperasi sebagai generator adalah sama dengan nilai slip motor tetapi negative, maka $S = -0.06$

$$S = \frac{n_s - n_r}{n_s} \quad \text{maka } n_r = n_s (1 - S)$$

$$n_r = 3000 (1 - (-0.06)) = 3180 \text{ rpm}$$

Dan menghitung besarnya nilai kapasitor adalah sebagai berikut

$$C = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot v}$$

$$C = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 220} = 14,48 \mu\text{F}$$

3.2. Analisa Parameter Generator Induksi

A. Dari pengujian arus searah besarnya resistansi stator adalah:

Dengan menggunakan persamaan

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

$$\text{Maka} \quad R_{dc(1)} = \frac{4}{0,75} = 5,33 \Omega$$

$$R_{dc(2)} = \frac{6}{1,12} = 5,35 \Omega$$

$$R_{dc(3)} = \frac{8}{1,44} = 5,55 \Omega$$

$$R_{d\alpha(4)} = \frac{10}{1.78} = 5.61\Omega$$

$$R_{d\alpha(5)} = \frac{12}{2.14} = 5.61\Omega$$

$$R_s = \frac{5.33 + 5.35 + 5.55 + 5.61 + 5.61}{5} = 5.49\Omega/\text{phasa}$$

B. Dari pengujian Tanpa Beban (*No-load Test*)

$$I_{0b} = \frac{I_{0a} + I_{0b} + I_{0c}}{3}$$

$$I_{0b} = \frac{0.59 + 0.68 + 0.59}{3} = 0.62\text{A}$$

$$Z_{0b} = \frac{V}{\sqrt{3}I_{0b}} = \frac{220}{\sqrt{3} \times 0.62} = 205\Omega$$

$$R_{0b} = \frac{P_{(3\phi)}}{3I_{0b}^2} = \frac{90}{3 \cdot (0.62^2)} = 78\Omega$$

$$\begin{aligned} X_{0b} &= \sqrt{Z_{0b}^2 - R_{0b}^2} \\ &= \sqrt{205^2 - 78^2} = 189.58\Omega \end{aligned}$$

C. Dari Rotor tertahan (*Blocked Rotor Test*)

$$I_{br} = \frac{I_{bra} + I_{brb} + I_{brc}}{3}$$

$$I_{br} = \frac{2.5 + 2.5 + 2.5}{3} = 2.5\text{A}$$

$$Z_{br} = \frac{V}{\sqrt{3}I_{br}} = \frac{78}{\sqrt{3} \times 2.5} = 18.01\Omega$$

$$R_r = \frac{P_{(3\phi)}}{3I_r^2} = \frac{230}{3 \cdot (2.5^2)} = 12.267 \Omega$$

$$\begin{aligned} X_{br} &= \sqrt{Z_{br}^2 - R_{br}^2} \\ &= \sqrt{18.01^2 - 12.267^2} = 13.08 \Omega \end{aligned}$$

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

Generator induksi yang dipakai adalah generator induksi dengan model generator induksi rotor sangkar tunggal kelas A, maka secara umum X_s dan X'_r diasumsikan sama, sehingga :

$$X_s = X'_r = \frac{1}{2} X_{br} = \frac{1}{2} \cdot 13.08 = 6.54 \Omega$$

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

$$X_{zs} = X_{tb} = X_s + X_m$$

$$\begin{aligned} X_m &= X_{tb} - X_s \\ &= 189.58 - 6.54 \\ &= 183.04 \Omega \end{aligned}$$

Resistansi stator dapat dipandang sebagai harga DC-nya maka resistansi rotor dapat ditentukan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} R &= R_{br} - R_s \\ &= 12.267 - 5.49 \\ &= 6.78 \end{aligned}$$

$$X_{\sigma} = X_r + X_m$$

$$X_{\sigma} = 6.54 + 183.04 = 189.58 \Omega$$

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

$$= 6.17 \cdot \left(\frac{189.58}{183.04} \right)^2 = 7.27 \Omega$$

Setelah mendapatkan data parameter generator induksi berdasarkan pengujian tersebut maka dapat dilakukan perhitungan parameter tersebut dirubah dalam bentuk PU (perunit).

Untuk melakukan perhitungan dalam PU maka

Untuk Mva

$$VA = \frac{P}{\cos\theta}$$

$$VA = \frac{1100}{0.85} = 1294.11 \text{ w}$$

$$Z_{\text{dasar}} = \frac{KV^2}{MVA}$$

$$Z_{\text{dasar}} = \frac{(220 \times 10^{-3})^2}{1294.11 \times 10^{-6}} = 37.40 \Omega$$

Untuk parameter generator dapat dihitung sebagai berikut :

$$R_s(\text{pu}) = \frac{R_s}{Z_{\text{dasar}}}$$

$$R_s(\text{pu}) = \frac{5,44}{37,40} = 0,146 \Omega$$

$$R_r(\text{pu}) = \frac{R_r}{Z_{\text{dasar}}}$$

$$R_r(\text{pu}) = \frac{7,27}{37,40} = 0,194 \Omega$$

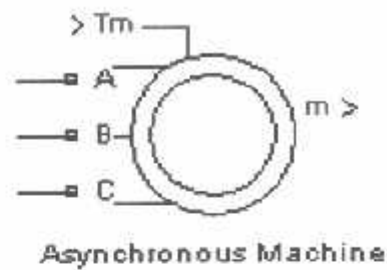
$$X_s(\text{pu}) = \frac{6,54}{37,40} = 0,174 \Omega$$

$$X_r(\text{pu}) = \frac{6,54}{37,40} = 0,174 \Omega$$

Untuk pemodelan motor induksi 3 fasa sebagai generator induksi 3 fasa adalah sebagai berikut

3.3. Pemodelan Motor Induksi 3 fasa.

Di dalam library matlab sudah tersedia blok motor induksi 3 fasa (*asynchron motors*), kita tinggal menginputkan para meter-parameter yang di butuhkan oleh blok tersebut. Untuk mengontrol motor induksi 3 fasa dengan pengendali thyristor anti paralel maka motor induksi harus dimodelkan dalam bentuk persamaan dynamics motor induksi 3 fasa. Untuk memodelkan motor induksi 3 fasa tersebut harus diubah dalam bentuk Dq .

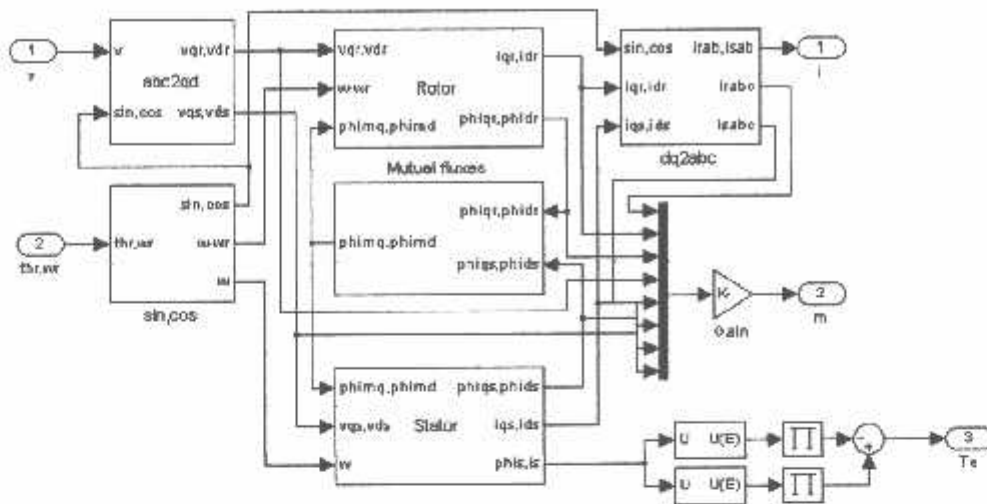


Gambar 3.5.
Contoh Motor Induksi 3 Fasa.

Blok motor induksi ini dapat beroperasi sebagai motor ataupun generator, T_m pada gambar diatas adalah sebagai inputan untuk beban berupa nilai torsi mekanik. A,B,C, adalah inputan sumber tegangan 3 fasa, sedangkan untuk m di gunakan sebagai penghubung terhadap alat ukur untuk mengukur putaran, torsi motor. Blok motor induksi yang dibentuk berdasarkan rangkaian DQ terdiri dari beberapa bagian penting yaitu:

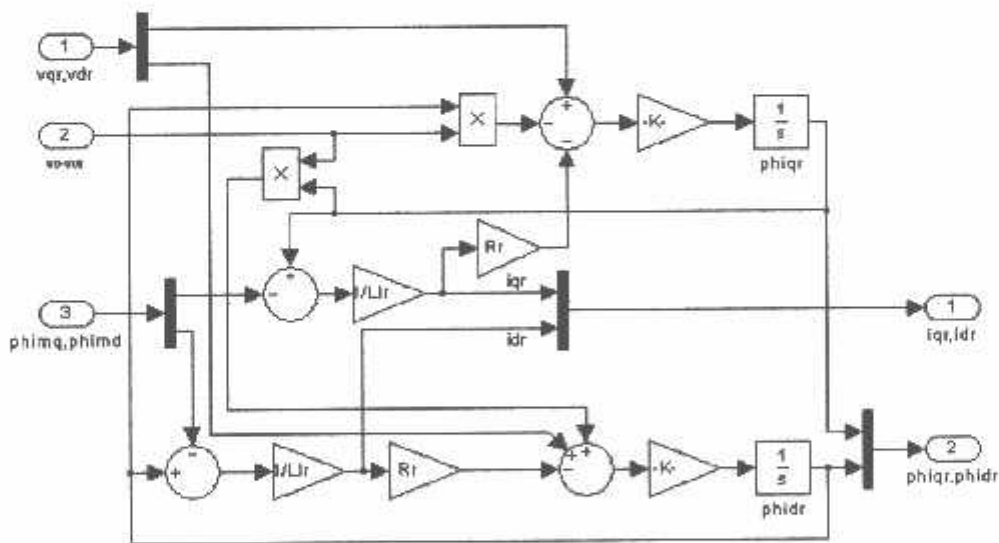
- Blok untuk Sumbu Q
- Blok untuk Sumbu D
- Blok Rotor
- Blok Zero Sequence

Secara umum rangkaian motor induksi tiga fasa yang di gunakan untuk generator induksi 3 fasa adalah seperti pada gambar di bawah ini :



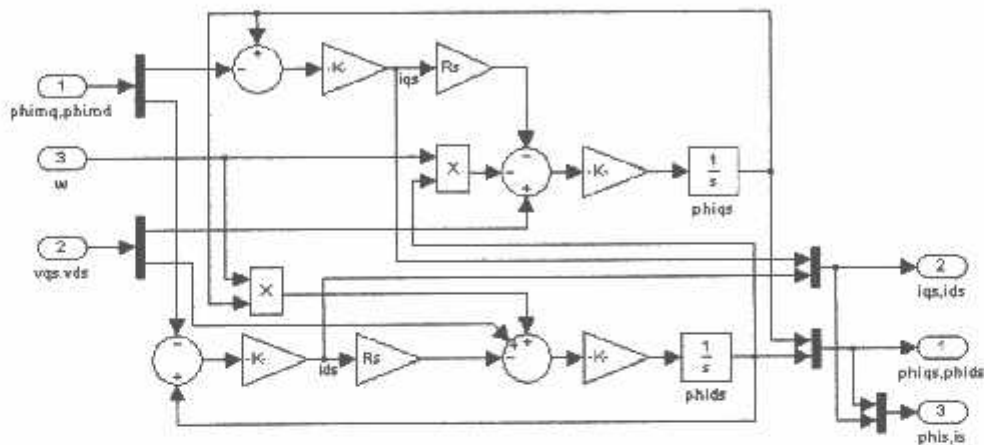
Gambar3.6. Rangkaian motor induksi tiga fasa⁽⁷⁾.

Gambar di atas adalah merupakan bagian yang ada di dalam tampilan blok motor induksi 3 fasa yang telah di masukan ke dalam fisik model komponen yang terdiri dari model rangkaian rotor, stator, abc to dq dan dq to abc.



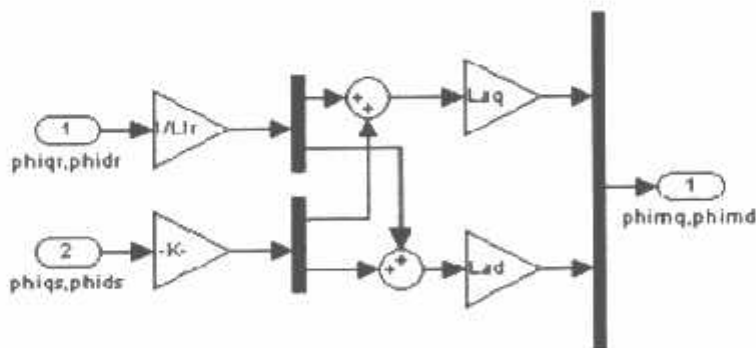
Gambar3.7. Bagian rotor⁽⁷⁾.

Rangkaian di atas adalah tampilan yang ada di dalam blok rotor. Di dalam blok rotor ini terdapat Vq axis rotor, Vd axis rotor, yang di gunakan sebagai inputan untuk menghitung Iq axis rotor, Id axis rotor dan fluks idr, fluks iqr.



Gambar 3.8. Bagian stator⁽⁷⁾.

Rangkaian di atas adalah tampilan yang ada di dalam blok stator. Di dalam blok stator ini terdapat Vq axis stator, Vd axis stator, yang di gunakan sebagai inputan untuk menghitung Iq stator, Id axis stator dan fluks ids, fluks iqs.



Gambar 3.9
Tampilan pada Mutual Fluxes⁽⁷⁾

Rangkaian di atas adalah tampilan yang ada di dalam blok *Mutual Fluxes*. Di dalam blok *Mutual Fluxes* ini terdapat *Fluxes iqr*, *idr* dan *Fluxes iqs*, *ids* yang di gunakan sebagai inputan untuk menghitung *Mutual Fluxes iq* dan *Mutual Fluxes id*.

3.3.3.prime Mover

Untuk membangkitkan tegangan yang keluar pada motor induksi yang di gunakan sebagai generator di perlukan sebuah *prime Mover*, Penggerak utama (*Prime Mover*) dipakai untuk memutar rotor searah dengan arah medan. Untuk persamaan yang di gunakan adalah⁽⁷⁾

CMEF sebanding dengan kecepatan motor

$$K = K_E \omega \dots \dots \dots (3.14)$$

Di mana K_E adalah tegangan konstan dan ω merupakan kecepatan motor. Untuk pemodelan motor

$$DC, K_E = L_{af} I_f \dots \dots \dots (3.15)$$

Untuk putaran elektromekanik yang diperoleh motor DC sebanding dengan I_a

$$T_e = K_T I_a \dots \dots \dots (3.16)$$

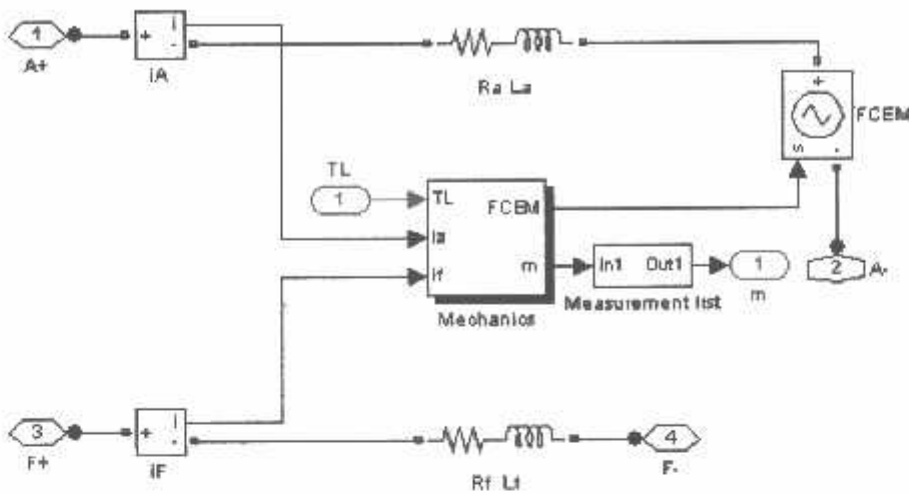
Dimana K_T adalah kecepatan konstan. Untuk Persamaan dari T_e dan T_L adalah sebagai berikut

$$T_e - T_L > 0 : \text{model motor} \dots \dots \dots (3.17)$$

Sehingga pada saat tegangan dan kecepatan konstad diperoleh

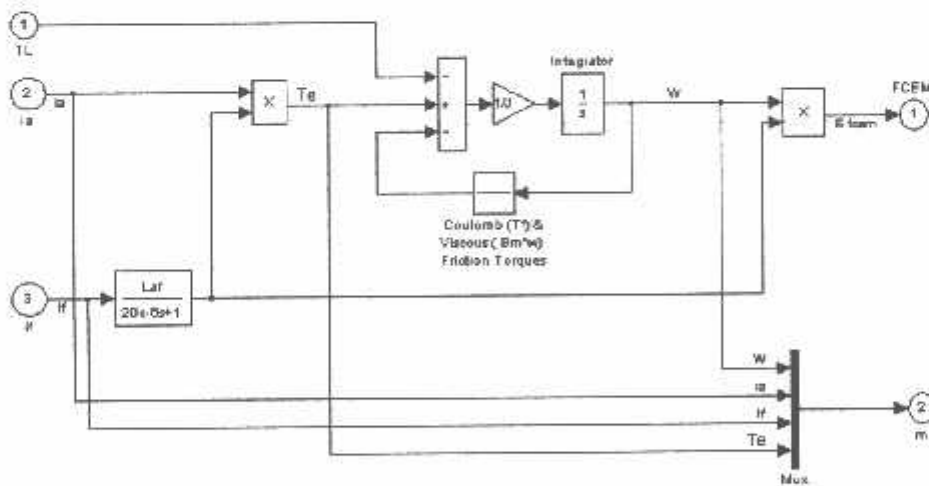
$$K_T = K_E \dots \dots \dots (3.18)$$

Sehingga diperoleh pemodelan simulasi untuk Penggerak utama (*Prime Mover*) adalah seperti pada blok diagram dibawah ini

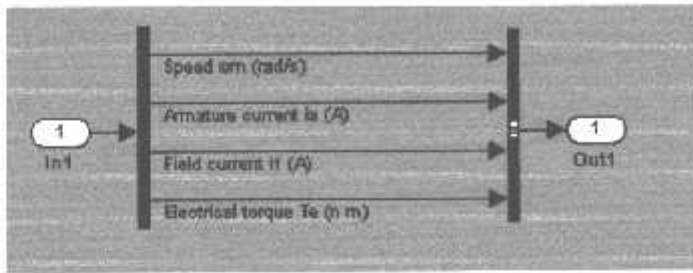


Gambar 3.10. Primemover⁽⁷⁾.

Gambar di atas adalah merupakan bagian yang ada di dalam tampilan blok *primemover* yang telah di masukan ke dalam fisik model komponen yang terdiri dari model rangkaian rotor, stator dan pada gambar 3.10 merupakan tampilan blok rotor dan stator pada bagian *primemover*.



Gambar 3.11 Rangkaian blok stator dan rotor⁽⁷⁾.



Gambar 3.12. diagram pengaturan kecepatan primeMover⁽⁷⁾.

3.3.4 Fourier

Rangkaian blok Fourier digunakan untuk kalkulasi frekuensi yang di gunakan pada blok simulasi pada komponen DC untuk mengetahui seberapa besar frekuensi yang di gunakan pada motor generator atau berbagai macam komponen harmonisa sebagai sinyal inputan seperti pada persamaan di bawah ini⁽⁷⁾.

$$f(t) = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} a_n \cos(n\omega t) + b_n \sin(n\omega t) \dots\dots\dots(3.19)$$

Dimana n adalah sinyal atau frekuensi yang akan dikeluarkan seperti pada persamaan berikut ini

$$|H_n| = \sqrt{a_n^2 + b_n^2} \quad < H_n = a \tan \frac{b_n}{a_n} \dots\dots\dots(3.20)$$

Sehingga

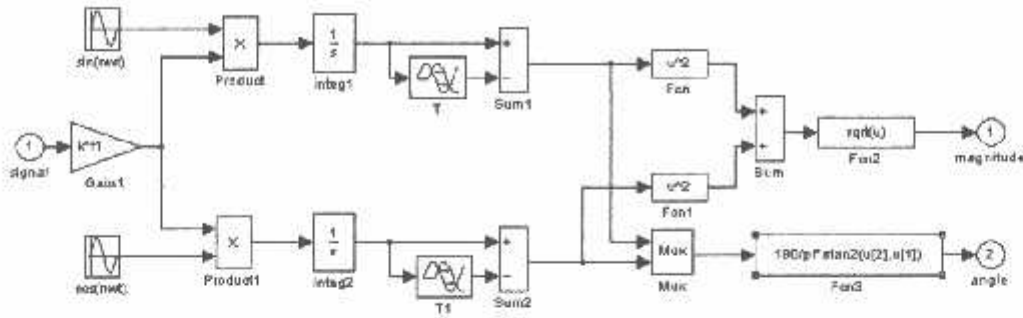
$$a_n = \frac{2}{T} \int_{(t-T)}^t f(t) \cos(n\omega t) dt \dots\dots\dots(3.21)$$

$$b_n = \frac{2}{T} \int_{(t-T)}^t f(t) \sin(n\omega t) dt \dots\dots\dots(3.22)$$

Dan

$$T = \frac{1}{f_t} \dots\dots\dots(3.23)$$

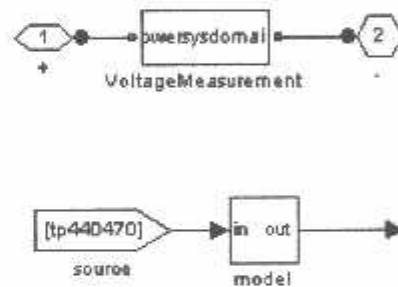
Seperti yang terlihat pada blok diagram di bawah ini



Gambar 3.13. blok diagram *fourier*⁽⁷⁾.

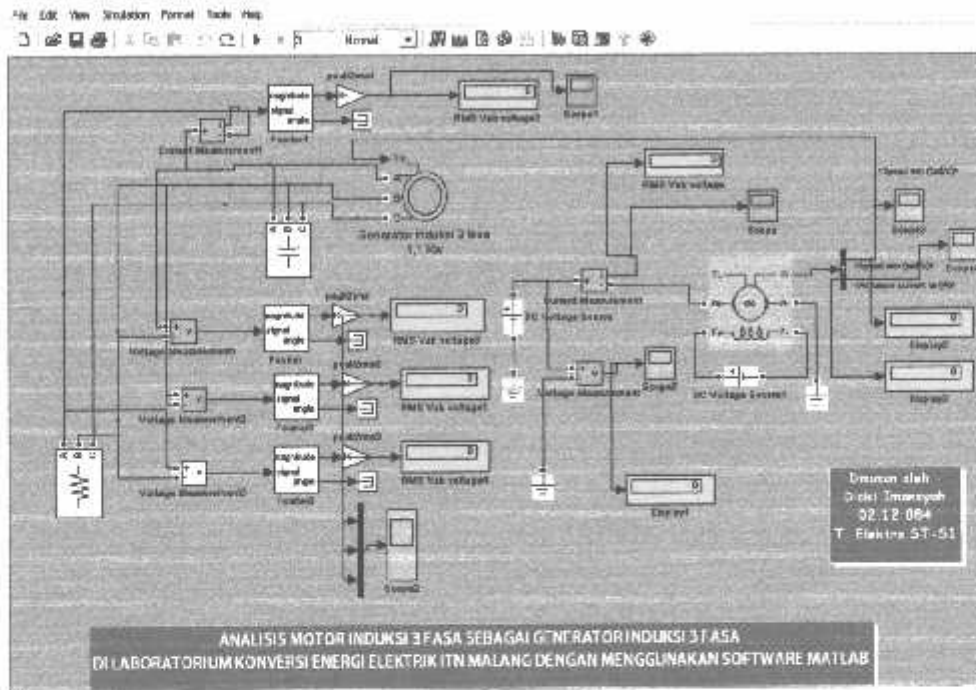
3.3.5 Voltage measurement

Digunakan untuk mengukur tegangan yang diperoleh dari hasil simulasi pada blok diagram



Gambar 3.14. *Voltage measurement*⁽⁷⁾.

Secara lengkap blok simulink dapat di lihat pada gambar berikut :



Gambar 3.15.

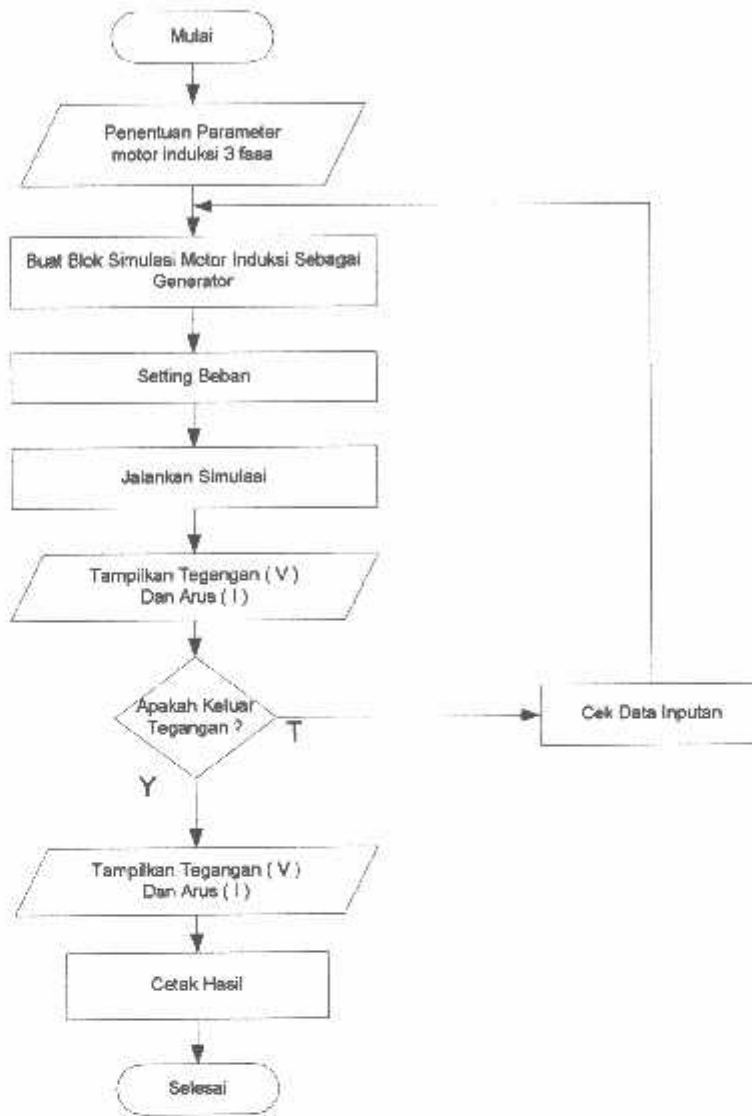
Simulasi Program analisis motor induksi 3 fasa sebagai generator induksi 3 fasa

3.4. ALGORITMA PROGRAM.

3.4.1. Algoritma Pemecahan Masalah Secara Umum.

1. Pengujian Parameter Generator Induksi tiga fasa
 - a. Dc Test
 - b. Beban Nol (*No Load Test*)
 - c. Rotor Tertahan (*Blocked Rotor Test*)
 2. Membuat analisa generator induksi tiga fasa dengan bantuan *software*
MATLAB: - Daya
 - Tegangan
 3. Memasukan parameter generator dan nilai kapasitor sebagai penguatan
 4. Menjalankan simulasi
 5. Menampilkan hasil simulasi Tegangan, arus dan putaran untuk masing-masing nilai beban.
-

3.4.2. Diagram Alir Percobaan.



Gambar 3.16. Flow Chart Motor Induksi 3 Phasa sebagai Generator 3 Phasa dengan Menggunakan Software Matlab.

BAB IV MENGHITUNG PARAMETER GENERATOR DAN ANALISA HASIL SIMULASI

Untuk menentukan parameter dari generator induksi yang akan dianalisa maka dapat dilakukan dengan mengambil parameter dengan melakukan pengujian.

4.1. Menentukan Parameter Generator Induksi

4.1.1. Alat-alat yang digunakan

- a. Generator induksi Tiga Fasa DE LORENZO / DL 1021

Data papan (*Name-Plate*)

TEGANGAN	: 220/380 (Δ/Y) VOLT
ARUS	: 4.3/2.5 (Δ/Y) AMPERE
COS ϕ	: 0.85
FREKUENSI	: 50 HZ
DAYA	: 1.1 KW
PUTARAN	: 2820 RPM
KUTUP	: 2 KUTUP
KELAS ISOLASI	: F

- b. Voltmeter : DE LORENZO DL 1031
- c. Amperemeter : DE LORENZO DL 1031
- d. Wattmeter 3 phasa : DE LORENZO DL 1031
- e. Tachometer : DE LORENZO 2026
- f. AC voltage Regulator : DE LORENZO 1013 M2
- g. DC Supply : DE LORENZO 1013 M2
- h. Current Break : DE LORENZO

4.1.2. Pengujian Arus Searah (*DC Test*)

Tabel 4.1
Data Hasil Pengujian Arus Searah

No	V_{dc} (Volt)	I (Ampere)
1	4	0.75
2	6	1.12
3	8	1.44
4	10	1.78
5	12	2.14

4.1.3. Pengujian Tanpa Beban (*No Load Test*)

Tabel 4.2
Data Hasil Pengujian Beban Nol

I_{stator} (Ampere)			$P_{3 \text{ Phase}}$ (Watt)	V_{L-L} (Volt)	Frekuensi (Hz)
R	S	T			
0.59	0.68	0.59	90	220	50

4.1.4. Pengujian Rotor Tertahan (*Blocked Rotor Test*)

Tabel 4.3
Data Hasil Pengujian Generator Rotor Tertahan

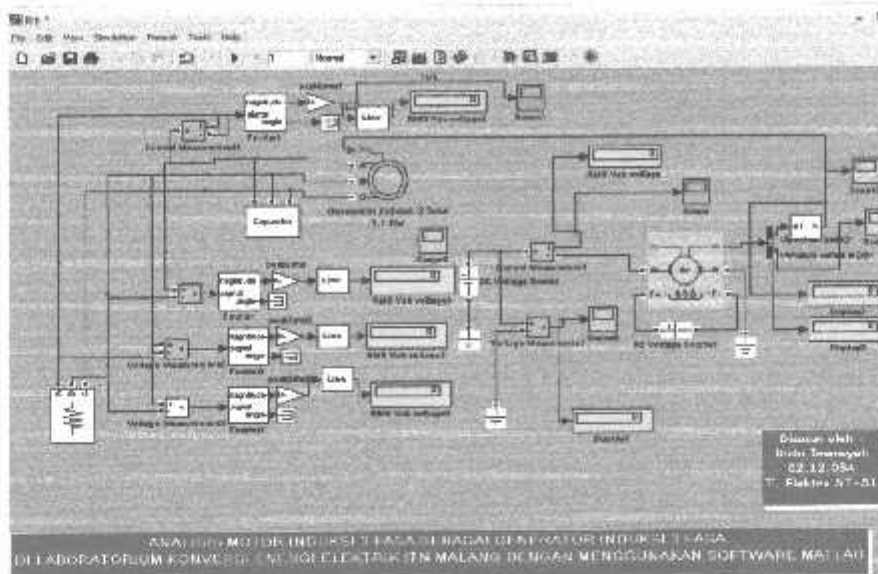
I _{stator} (Ampere)			P _{3 Phasa} (Watt)	V _{L-L} (Volt)	Frekuensi (Hz)
R	S	T			
2.5	2.5	2.5	230	78	50

Tabel 4.4
Hasil Perhitungan Pengujian Parameter Generator Induksi Tiga Fasa

R _s	R' _r	X _s	X' _r
5.49 Ω	7.27 Ω	6.54 Ω	6.54 Ω

4.2. Analisa Data Hasil Simulasi

Dengan bantuan matlab simulink maka blok analisis motor induksi 3 fasa sebagai generator induksi 3 fasa dapat di lihat gambar di bawah ini :



Gambar 4.1.

Blok diagram motor induksi 3 fasa sebagai generator induksi 3 fasa

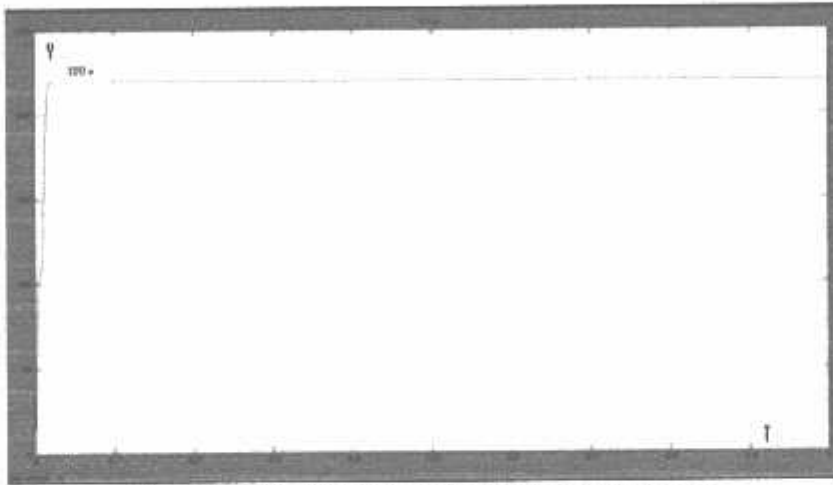
Dengan menggunakan parameter yang telah dihitung melalui pengujian dan *name plate* motor maka kita dapat melakukan analisa untuk mendapatkan Beberapa data dari simulasi motor induksi 3 fasa sebagai generator induksi 3 fasa. Matlab yang di gunakan pada skripsi ini adalah matlab versi 7.0. Berikut adalah bentuk hasil tampilan parameter motor induksi 3 fasa.



Gambar 4.2 Parameter Motor Induksi 3 fasa

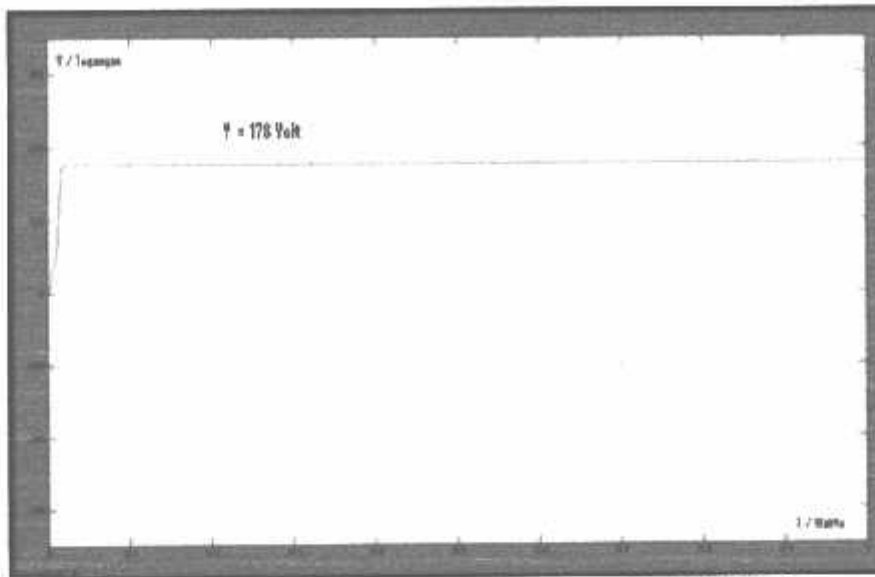
4.3.1. Hasil simulasi percobaan motor induksi 3 fasa di gunakan sebagai generator induksi 3 fasa SEIG (*Self-Excited Induction Generator*) dengan beban $R (\Omega)$.

Dari hasil pengujian pada saat beban nol (tanpa beban) atau $R = 0 \Omega$, tegangan yang di hasilkan oleh MISG adalah sebesar 220 volt seperti pada hasil simulasi pada gambar 4.3



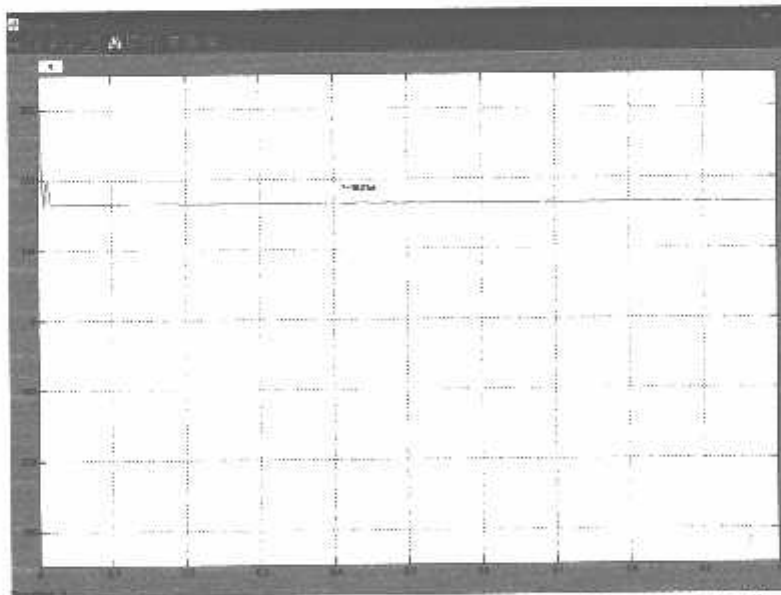
Gambar 4.3. Tegangan pada saat beban nol

Dari hasil pengujian pada saat beban $R = 809.09\Omega$, tegangan yang di hasilkan oleh MISG adalah sebesar 178 volt seperti pada hasil simulasi pada gambar 4.4



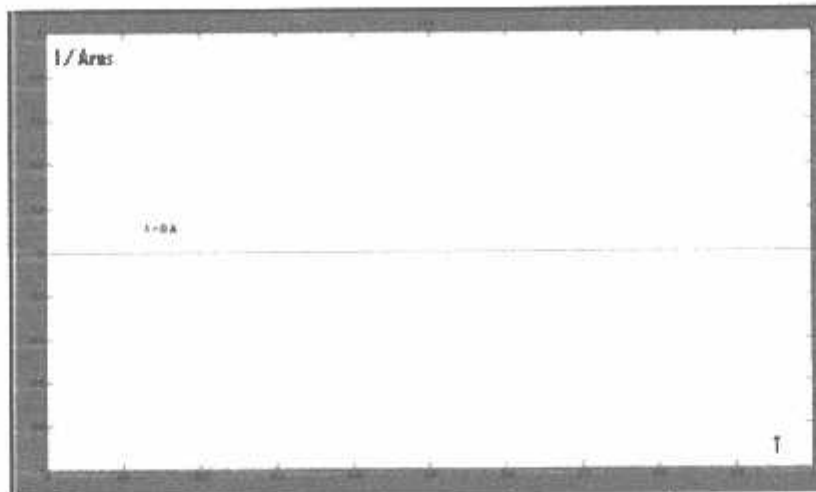
Gambar 4.4. Tegangan pada saat beban $R = 809.09 \Omega$

Gambar dibawah ini menunjukkan bentuk gelombang generator induksi 1.1 kw yang di beri beban berupa resistansi(R_2) dengan hasil keluaran karakteristik tegangan saat t_0 adalah $V = 380$ Volt dan pada saat $t = 0.025$ dtk tegangan yang di hasilkan mulai stabil yaitu sebesar 165,8 Volt.



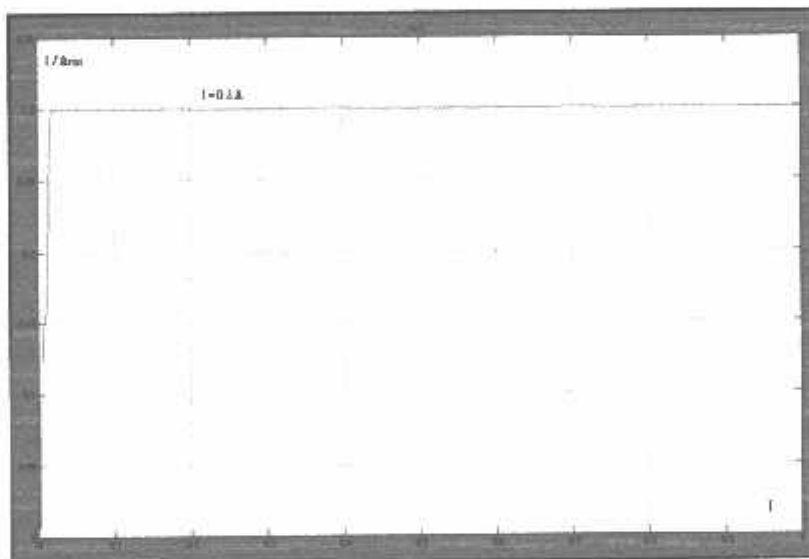
Gambar 4.5. Tegangan pada saat beban $R = 592.85 \Omega$

Pada saat beban nol (tanpa beban) atau $R = 0 \Omega$, Arus yang di hasilkan oleh MISG adalah sebesar 0 Ampere seperti pada hasil simulasi pada gambar 4.6

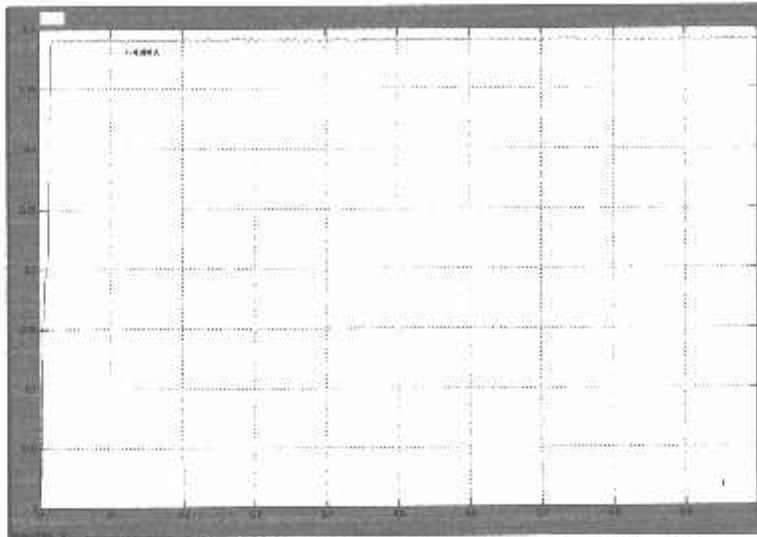


Gambar 4.6 Arus pada saat beban nol

Pada saat beban $R = 809.09\Omega$, Arus yang di hasilkan oleh MISG adalah sebesar 0.3 Ampere seperti pada hasil simulasi pada gambar 4.7



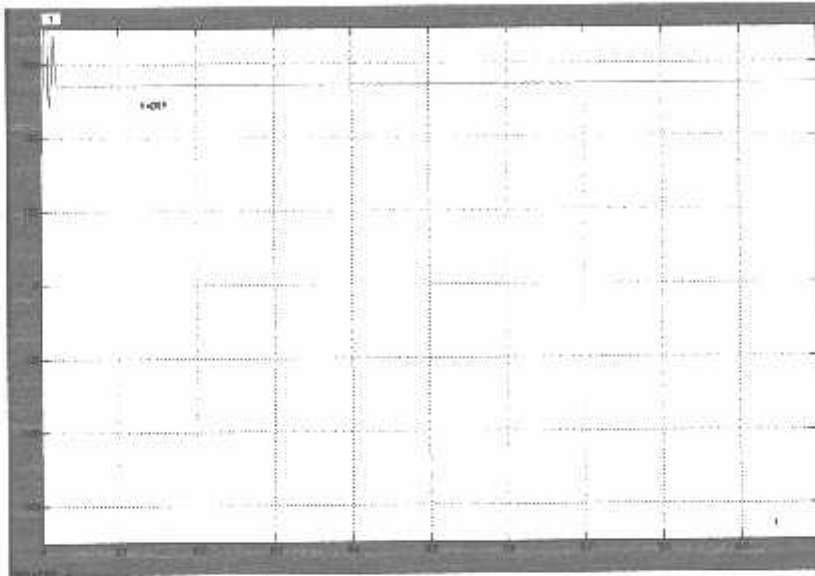
Gambar 4.7 Arus pada saat beban $R = 809.09 \Omega$



Gambar 4.8 Arus pada saat beban $R = 592.85 \Omega$

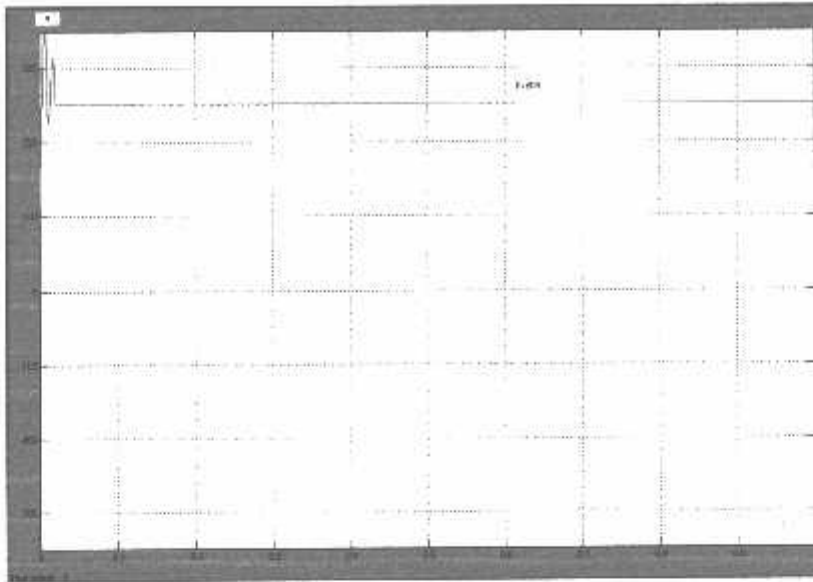
Pada saat beban R_2 , Arus yang di hasilkan oleh MISG adalah sebesar 0,389 Ampere seperti pada hasil simulasi pada gambar 4.8

4.3.2. Hasil simulasi percobaan motor induksi 3 fasa di gunakan sebagai generator induksi 3 fasa SEIG (*Self-Excited Induction Generator*) dengan beban L (H).



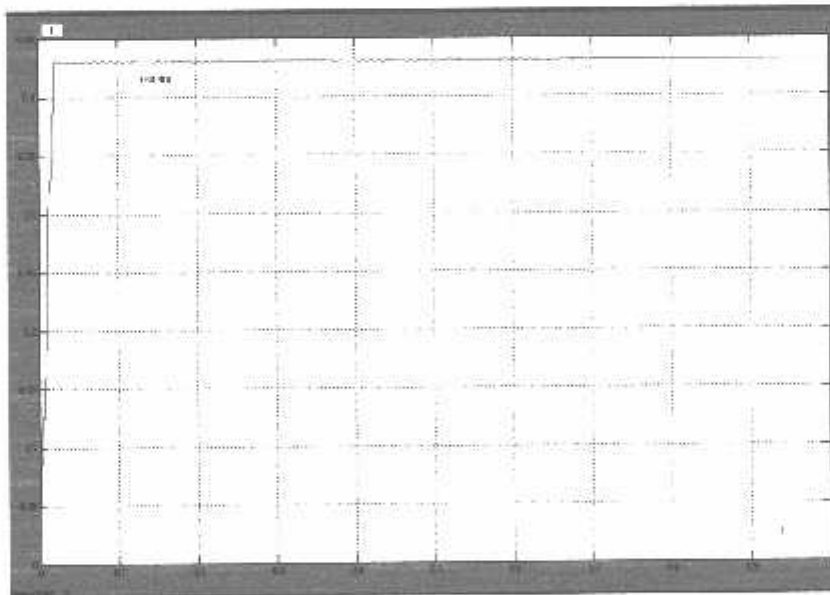
Gambar 4.9. Tegangan pada saat beban L_1

Gambar diatas menunjukkan bentuk gelombang generator induksi 1.1 kw yang di beri beban berupa induktansi (L_1) dengan hasil keluaran karakteristik tegangan saat t_0 adalah $V = 380$ Volt dan pada saat $t = 0.025$ dtk tegangan yang di hasilkan mulai stabil yaitu sebesar 272 Volt.



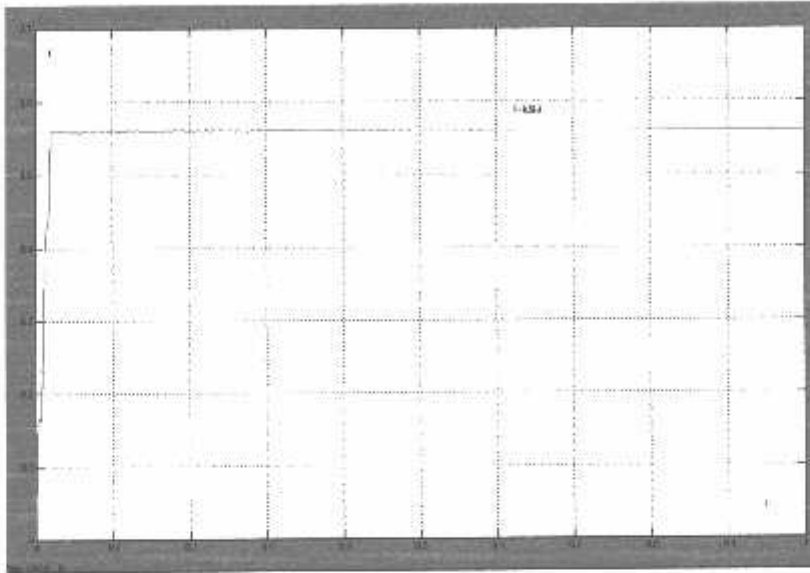
Gambar 4.10. Tegangan pada saat beban L_2

Gambar diatas menunjukkan bentuk gelombang generator induksi 1.1 kw yang di beri beban berupa induktansi (L_2) dengan hasil keluaran karakteristik tegangan saat t_0 adalah $V = 380$ Volt dan pada saat $t = 0.025$ dtk tegangan yang di hasilkan yaitu sebesar 251 Volt.



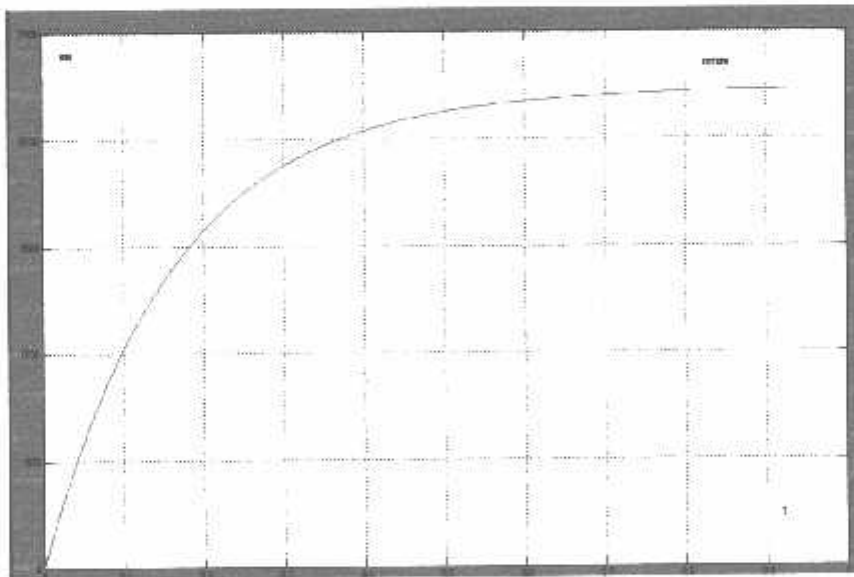
Gambar 4.11 Arus pada saat beban L_1

Pada saat beban L_1 , Arus yang di hasilkan oleh MISG adalah sebesar 0.43 Ampere seperti pada hasil simulasi pada gambar 4.11



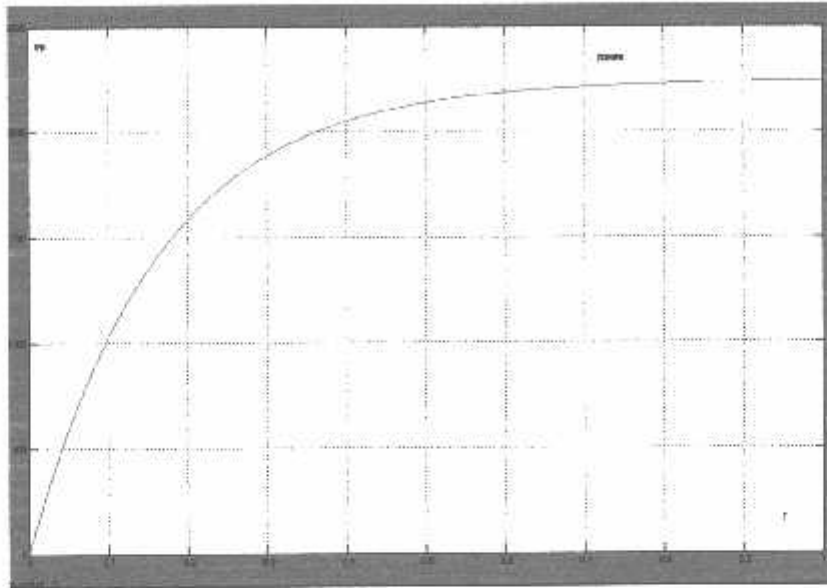
Gambar 4.12 Arus pada saat beban L_2

Pada saat beban L_2 , Arus yang di hasilkan oleh MISG adalah sebesar 0.54 Ampere seperti pada hasil simulasi pada gambar 4.12



Gambar 4.13 Putaran pada saat beban L_1

Dari gambar di atas menampilkan hasil unjuk kerja motor induksi 3 fasa berupa putaran sebesar 2227 rpm.



Gambar 4.14 Putaran pada saat beban L_2

Dari gambar 4.14 menampilkan hasil unjuk kerja motor induksi 3 fasa berupa putaran sebesar 2239 rpm.

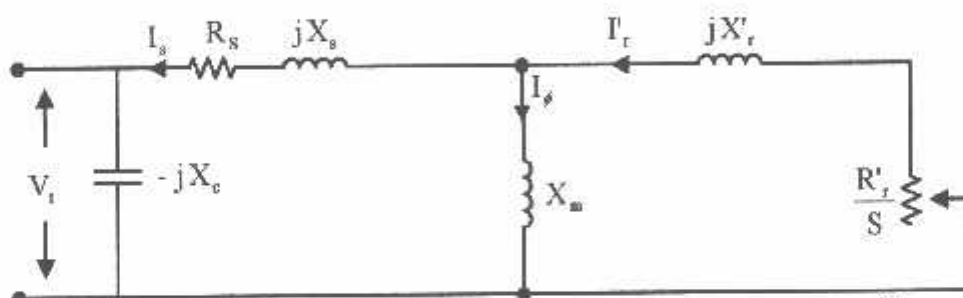
Tabel 4.5
PENGAMBILAN DATA PERCOBAAN SEIG (SELF-EXCITED INDUCTION GENERATOR) DENGAN BEBAN R (Ω)

Δ Kapasitor (μF)	Beban R (Ω)	Frekuensi (Hz)	Tegangan (Volt)	Arus (Ampere)			Cos ϕ	P out (Watt)	Putaran (Rpm)	Daya Reaktif (kVAR)
				I_{L1}	I_{L2}	I_{L3}				
C1=16	0	0	220	0	0	0	0	0	1867	0
C2=16	R_1	30	178	0.30	0.30	0.29	0.86	100	1829	0.028
C3=16	R_2	30	166	0.39	0.39	0.38	0.86	110	1822	0.032

Tabel 4.6
PENGAMBILAN DATA PERCOBAAN SEIG (SELF-EXCITED
INDUCTION GENERATOR) DENGAN BEBAN L (H)

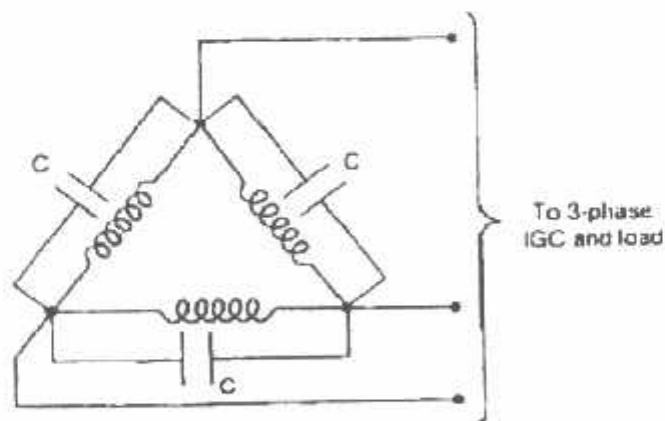
Δ Kapasitor (μF)	Beban L (H)	Frekuensi (Hz)	Tegangan (Volt)	Arus (Ampere)			Cos ϕ	P out (Watt)	Putaran (Rpm)	Daya Reaktif (kVAR)
				I_{L1}	I_{L2}	I_{L3}				
C1=16	0	31	380	0	0	0	0	0	1867	0
C2=16	L ₁	37	272	0.43	0.43	0.42	0.42	10	2227	0.106
C3=16	L ₂	37	251	0.56	0.56	0.54	0.44	10	2239	0.133

4.4. Rangkaian Ekuivalen Generator Induksi



Gambar 4.15. Rangkaian ekuivalen per-fasa generator induksi⁽⁵⁾.

4.4.1 Rangkaian penyambungan kapasitor hubungan Delta



Gambar 4.16. Penyambungan kapasitor pada generator asinkron hub Delta.

Dalam menganalisa suatu rangkaian maka tentukan bebannya dulu, berdasarkan tegangan yang dikeluarkan cukup besar maka kita menggunakan beban Resistansi dan Induktansi karena mempunyai tegangan maksimal sampai 380 V pada name plate nya dan juga digunakan dalam kehidupan sehari – hari.

Pada saat motor induksi 3 fasa di ubah menjadi generator induksi 3 fasa di putar dengan menggunakan motor dc seri dengan kecepatan putar yang lebih besar dari motor induksi tiga fasa maka :

1. Pada kapasitor berfungsi sebagai penguat dan mengeluarkan daya rektif.
2. Pada saat motor berputar diatas kecepatan sinkronnya maka akan mengeluarkan tegangan.
3. dan saat mengeluarkan tegangan pada kapasitor, maka beban kita nyalakan.

Untuk tegangan yang di keluarkan pada generator pada beban R yaitu sebesar 220 volt dan beban L yaitu 380 Volt dan Untuk tegangan yang di berikan pada motor dc sampai tegangan maksimal yaitu sebesar 220 volt

Manfaat dari generator induksi bila dibandingkan dengan generator sinkron adalah sebagai berikut⁽²⁾ :

1. Mesin induksi terutama jenis sangkar bajing mempunyai konstruksi yang lebih kuat dan cukup sederhana.
 2. Motor induksi tersedia secara luas dan harganya lebih murah (untuk motor dengan kapasitas 0,5 sampai 50 kW). Untuk motor induksi kapasitas di atas 100 kW yang dioperasikan sebagai generator induksi, bila dibandingkan dengan generator sinkron maka generator sinkron lebih kompetitif. (Sen, 1976)
-

3. Pada kondisi hubung singkat, generator induksi tidak mempunyai kontribusi terhadap arus hubung singkat. Hal ini diakibatkan karena pada motor induksi tidak ada tegangan internal yang dibangkitkan (EMF).
4. Tidak memerlukan *instrument* sinkronisasi saat dimulai operasi paralel dengan jala-jala.
5. Perawatan dilakukan pada stator, pendinginan, tetapi tidak diperlukan untuk rotor type squirrel cage.

Untuk besarnya nilai faktor daya ($\cos \phi$) tidak dapat di atur sesuai yang di inginkan karena besarnya ditentukan oleh output yang di hasilkan generator

4.5 Jadi Performa Dari generator Induksi tiga fasa dari pengujian adalah

4.5.1. Tegangan Regulasinya adalah

$$\frac{V_t - V_E}{V_t + V_E} \times 100\% = V_R$$

$$\frac{220 - 178}{220 + 178} \times 100 \% = 10.55 \text{ Volt}$$

4.5.2. Efisiensinya dari generator adalah

$$P_{out} = \sqrt{3} V_{out} I_t \cos Q$$

$$\sqrt{3} \cdot 178 \cdot 0,30 \cdot 0,86 = 79,54 \text{ Watt}$$

$$P_{in} = V_m \cdot I$$

$$219,8 \cdot 1,62 = 358,07$$

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

$$\frac{79,54}{358,07} \times 100 = 22,21$$

4.5.3 Menentukan kapasitor berdasarkan hasil perhitungan di sesuaikan dengan motor yang di gunakan adalah motor induksi tiga fasa.

Dari perhitungan kapasitansi yang di gunakan adalah

$$C = \frac{I_m}{V_1 \cdot 2 \cdot \pi \cdot f}$$

$$C = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 220} = 14,48 \mu F$$

Tabel 4.7
Tabel Performa Generator induksi 3 fasa beban R

Teg. Regulasi (Volt)	Efisiensi μ
10,55	22,21
13,98	25,03

Tabel 4.8
Tabel Performa Generator induksi 3 fasa beban L

Teg. Regulasi (Volt)	Efisiensi μ
4,89	17,65
8,56	22,04

BAB V PENUTUP

5.1. KESIMPULAN

Dari hasil analisa yang dilakukan pada motor induksi 3 fasa sebagai generator induksi 3 fasa dapat di tarik beberapa kesimpulan adalah:

1. Pada generator induksi tiga fasa saat tanpa beban tegangan outputnya 220 V dan saat diberi beban $R_1 = 809,09 \Omega$ maka tegangan output menurun menjadi 178 V dan arusnyz 0,30 ampere, dan saat diberi beban $R_2 = 592,85 \Omega$ maka tegangannya menurun menjadi sebesar 166 V dan arusnya 0,39 Amp.
2. Sedangkan Pada generator induksi tiga fasa saat tanpa beban tegangan outputnya 300 V dan saat diberi beban L_1 maka tegangan output menurun menjadi 272 V dan arusnyz 0,43 ampere, dan saat diberi beban L_2 maka tegangannya menurun menjadi sebesar 251 V dan arusnya 0,54 Ampere
3. Pada generator induksi tiga fasa, jika nilai kapasitor tambah besar maka tegangan output akan semakin meningkat.

5.2. Saran

Didalam prakteknya apabila kita ingin melakukan percobaan dan menganalisa motor induksi 3 fasa di operasikan sebagai generator 3 fasa, maka disarankan untuk Agar falidasi data lebih akurat, penginputan parameter dalam pembuatan program simulai hendaknya lebih teliti dan sebagai pengembangannya diberikan pengontrolan ELC (Electric Load Control) agar beban yang di keluarkan lebih seimbang.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Chapman, S.J. 1985. *Electric Machinery Fundamentals*. New York : McGraw-Hill *Book Company*.
 - [2]. Chapallaz, J.M., J.Dos Ghali, P. Eichenberger, G. Fisher, 1992, *Manual on Induction Motors Used as Generators*, GTZ, Eschborn.
 - [3]. Kusharbugiargi,P., 2003, Pengaruh Nilai Kapasitor terhadap Tegangan Frekuensi dan Efisiensi Motor Induksi Sebagai Generator pada Pembangkit Listrik Tenaga *Mikrohidro Stand Alone*.
 - [4]. Widmer, R., A. Arter, 1992, *Village Electrification*, SKAT, Switzerland.
 - [5]. Wildi, T., 2002, *Electrical Machines, Drives, and Power Systems*, Pearson Education, Inc., New Jersey.
 - [6]. Fitzgerald, A.E. Kingsley, C. Umans, D.S. dan Achyanto, D. 1986. **Mesin-mesin Listrik**. Edisi Keempat. Jakarta : Erlangga.
 - [7]. Chee-Mun Ong "Dynamic Simulation of Electric Machinery Using Matlab /Simulink".
-



LAMPIRAN



LEMBAR PERBAIKAN SKRIPSI

Nama Mahasiswa : Dicki Imansyah
NIM : 02.12.084
Jurusan : Teknik Elektro S-1
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik
Judul Skripsi : Analisa Motor Induksi 3 Fasa Sebagai Generator
Induksi 3 Fasa Menggunakan *Software Matlab
Simulink* Di Lab Konversi Energi Elektrik Teknik
Elektro ITN Malang

No.	Materi Perbaikan	Paraf
1.	Manfaat Motor 3 Fasa Menjadi Generator 3 fasa	
2.	Bagaimana Dengan Faktor Daya	

Telah Diperiksa dan Disetujui :

Dosen Penguji I

Ir. II. Choirul Saleh, MT
NIP.Y. 101 8800 190

Mengetahui,

Dosen Pembimbing I

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

Dosen Pembimbing II

Bambang Prio H, ST, MT
NIP.Y. 101 8400 082



LEMBAR PERBAIKAN SKRIPSI

Nama Mahasiswa : Dicki Imansyah
NIM : 02.12.084
Jurusan : Teknik Elektro S-1
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik
Judul Skripsi : Analisa Motor Induksi 3 Fasa Sebagai Generator
Induksi 3 Fasa Menggunakan *Software Matlab Simulink* Di Lab Konversi Energi Elektrik Teknik
Elektro ITN Malang

No.	Materi Perbaikan	Paraf
1.	Penunjukan Keluaran Generator Dan Pada Motor Berupa Tegangan	
2.	Kenapa Tegangan ketika Berbeban Naik Turun Dan Bandingkan Dengan Beban Nol	

Telah Diperiksa dan Disetujui :

Dosen Penguji II

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

Mengetahui,

Dosen Pembimbing I

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

Dosen Pembimbing II

Bambang Prio H, ST, MT
NIP.Y. 101 8400 082



FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : DICKI IMANSYAH
Nim : 02.12.084
Masa Bimbingan : 23 JUNI 2008 s/d 23 DESEMBER 2008
Judul Skripsi : ANALISIS MOTOR INDUKSI 3 FASA SEBAGAI
GENERATOR INDUKSI 3 FASA MENGGUNAKAN MATLAB SIMULINK DI
LABORATORIUM KONVERSI ENERGI ELEKTRIK ITN MALANG

No.	Tanggal	Uraian	Paraf Pembimbing
1.	12 juli 2008	Revisi bab I, II, III dan IV.	
2.	5 agustus 2008	Acc bab I, II, III dan Revisi bab IV	
3.	12 agustus 2008	Acc bab IV dan bab V.	
4.	8 september 2008	Acc Makalah Seminar Hasil	
5.	19 sep 2008	Acc Makalah Skripsi	
6.			
7.			
8.			
9.			
10.			

Malang, 2008
Dosen Pembimbing,

(Ir. M. ABDUL HAMID, MT)
NIP. Y. 101 8800 188

Form. S-4B



FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : DICKI IMANSYAH
Nim : 02.12.084
Masa Bimbingan : 23 JUNI 2008 s/d 23 DESEMBER 2008
Judul Skripsi : ANALISIS MOTOR INDUKSI 3 FASA SEBAGAI GENERATOR INDUKSI 3 FASA MENGGUNAKAN MATLAB SIMULINK DI LABORATORIUM KONVERSI ENERGI ELEKTRIK ITN MALANG

No.	Tanggal	Uraian	Paraf Pembimbing
1.	10 Juli 2008	Revisi bab I, II, III, IV dan V.	
2.	1 Agustus 2008	Acc bab I, II, III dan Penyempurnaan bab IV dan V.	
3.	10 sep 2008	Acc Makalah Seminar Hasil	
4.	20 sep 2008	Acc Makalah Skripsi	
5.			
6.			
7.			
8.			
9.			
10.			

Malang, 2008
Dosen Pembimbing,

(BAMBANG PRIO H. ST, MT)
NIP.Y.102 8400 082

Form.S-4B



SURAT PERMOHONAN

Dengan Hormat,

Yang bertandatangan sebagai pemohon, saya mahasiswa dengan Identitas sebagai berikut :

Nama : Dicki Imansyah
Nim : 02.12.084
Jurusan : Teknik Elektro Energi Listrik S1
Fakultas : Fakultas Teknologi Industri
Keperluan : Pengukuran Tegangan Motor Induksi Sbg generator
Waktu : Tgl 07 s/d 10 Juli 2008

Mengajukan permohonan peminjaman dan penggunaan alat untuk keperluan sebagaimana yang tercantum dibawah ini .

Daftar Peralatan Yang Dipinjam

No	Kode Alat	Nama Alat	Trade Mark
1	070107633	Clamp meter	Hioki 2007
2	DL 2026	Hand Tacometer	De Lorenzo
3	0171029	Tang Amperemeter	Kvoritsu
4	DT 9205 A	Voltmeter	Xiole
5	DL 1013 M2	Power Supply Turet	De Lorenzo
6	DL 1023	Motor DC Compound	De Lorenzo
7	DL 1021	Motor AC Induksi	De Lorenzo
8	DL 1017 RHE	Rheostat	De Lorenzo
9	DL 1017 RHD	Starting Rheostat	De Lorenzo
10	DL 1031	Power Dig Meas Unit Loren	De Lorenzo

Catatan : 1. Apabila terjadi kerusakan pada alat yang digunakan saya sanggup mengganti.
2. Bersedia mematuhi segala peraturan yang berlaku di Lab. Konversi Energi Elektrik

Demikian surat permohonan ini saya buat dengan sebenarnya dan dapat dipertanggung jawabkan, Terima Kasih.

Asisten Pendamping

Husen Sufianto
Nim. 02.12.010

Pemohon

Dicki Imansyah
Nim . 02.12.084

Ka. Lab. Konversi Energi Elektrik

Ir. M. Abdul Hamid, MT
Nip . 101 880 00188

