

**Analisis Kinerja Mesin Induksi Tiga Fasa sebagai Generator Induksi Satu
Fasa dengan Variasi Beban**

SKRIPSI

oleh

**Aliflah Felen Diana Rosi
NIM 121910201005**

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK ELEKTRO
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2016**



**Analisis Kinerja Mesin Induksi Tiga Fasa sebagai Generator Induksi Satu
Fasa dengan Variasi Beban**

SKRIPSI

**diajukan guna melengkapi skripsi dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi S1 Teknik Elektro
dan mencapai gelar Sarjana Teknik**

oleh

**Aliflah Felen Diana Rosi
NIM 121910201005**

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK ELEKTRO
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2016**

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan kepada :

1. Orang tua saya bapak Fahrur Rozi dan ibu Andris Diana yang telah memberikan dukungan materi dan dorongan moral untuk menyelesaikan skripsi ini.
2. Adik-adikku tercinta, Rendi Athabatul Ghulam, Tedi Fathur Ghulam dan Arika Lailatul Rosi yang telah memberikan semangat agar skripsi ini dapat terselesaikan.
3. Saudara-saudraku yang ngedukung aku selalu selama masa perkuliahan di fakultas teknik elektro.
4. Pacarku yang bernama Hendra AgusSupriyadi yang selalu ngedukung aku tiada henti hingga kuliahku selesai.

MOTO

“Pendidikan merupakan perlengkapan paling baik untuk hari tua.”

(Aristoteles)

“Maka sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan. Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan. Maka apabila engkau telah selesai (dari sesuatu urusan), tetaplah bekerja keras (untuk urusan yang lain). Dan hanya kepada Tuhanmulah engkau berharap.”

(QS. Al-Insyirah,6-8)

“Ilmu itu diperoleh dari lidah yang gemar bertanya serta akal yang suka berpikir.”

(Abdullah bin Abbas)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Aliflah Felen Diana Rosi

NIM : 121910201005

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul “Analisis Kinerja Mesin Induksi Tiga Fasa sebagai Generator Induksi Satu Fasa dengan Variasi Beban” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan dalam institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 14 Oktober 2016

Yang menyatakan,

Aliflah Felen Diana Rosi
NIM 121910201005

SKRIPSI

Analisis Kinerja Mesin Induksi Tiga Fasa sebagai Generator Induksi Satu Fasa dengan Variasi Beban

oleh

Aliflah Felen Diana Rosi
NIM 121910201005

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Dr. Triwahju Hardianto, S.T., M.T.

Dosen Pembimbing Anggota : Prof. Dr. Ir. Bambang Sujanarko M.M.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Analisis Mesin Induksi Tiga Fasa sebagai Generator Induksi Satu Fasa dengan Variasi Beban” telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal : Jumat, 14 Oktober 2016

tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember.

Tim Penguji:

Ketua,

Sekretaris,

Dr. Triwahju Hardianto, S.T., M.T.
NIP 19700826 199702 1 001

Prof. Dr. Ir. Bambang Sujanarko M.M.
NIP 19631201199402 1 002

Anggota 1,

Anggota 2,

Ir. Widyono Hadi, M.T.
NIP 19610414 198902 1 001

Suprihadi Prasetyono, S.T., M.T.
NIP 19700404 199601 1 001

Mengesahkan
Dekan Fakultas Teknik,

Dr. Ir. Entin Hidayah, M.UM
NIP 19661215 199503 2 001

Analisis Mesin Induksi Tiga Fasa sebagai Generator Induksi Satu fasa dengan
Variasi Beban

Aliflah Felen Diana Rosi

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember

ABSTRAK

Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMh) merupakan pembangkit yang memanfaatkan air sebagai pengganti energy konvensional yang semakin menipis. PLTMh umumnya menggunakan generator induksi tiga fasa karena harga relative murah sedangkan beban yang digunakan ialah beban satu fasa. Oleh karena itu dilakukannya analisis kinerja mesin induksi tiga fasa sebagai generator induksi satu fasa dengan beban bervariasi, dengan penambahan dua buah kapasitor dengan besar kapasitor masing-masing 22 μF . Kapasitor sebagai perbaikan faktor daya ketika generator tiga fasa dijadikan satu fasa. Efisiensi daya yang dihasilkan ialah 14,4% ketika beban 100 Watt, 22,7% ketika beban 200 Watt, 26,4% ketika beban 300 Watt, 28,6% ketika beban 400 Watt, 31,9% ketika beban 500 Watt dan 35,0% ketika beban 600 Watt.

Kata Kunci: Efisiensi Daya, Generator Induksi dan Kapasitor,

Performance Analysis of Three Phase Induction Machine as One-Phase Induction Generator with Load Variation

Aliflah Felen Diana Rosi

Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, University of Jember

ABSTRACT

Micro hydro power plant (PLTMh) is a plant that uses water as a substitute for conventional energy are dwindling . PLTMh generally use a three -phase induction generator because the prices are relatively cheap while the load used is the burden of a single phase. Therefore, for an analysis of three phase induction machine performance as a single phase induction generator with load varies , with the addition of two large capacitors with individual capacitor 22 μ F . Capacitor as a producer of excitation current when the three-phase generator used as a single phase. The resulting power efficiency is 14,4 % when a load of 100 Watt , 22,7% when a load of 200 Watts , 26,4 % when a load of 300 Watt , 28,6% when a load of 400 Watts , 31,9% when a load of 500 Watt and 35,0 % when a load of 600 Watts.

Keywords: *Capacitors , Induction Generator and Power Efficiency*

RINGKASAN

Analisis Kinerja Mesin Induksi Tiga Fasa sebagai Generator Induksi Satu Fasa dengan Variasi Beban; Aliflah Felen Diana Rosi, 121910201005; 2016: 60 Halaman; Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember.

Saat ini energi listrik sudah menjadi salah satu kebutuhan utama bagi manusia. Tingkat kebutuhan energi manusia juga semakin meningkat, energi ini sebagian berasal dari pembakaran bahan bakar fosil yang tidak dapat diperbaharui dan sebagian kecil saja menggunakan energi yang dapat diperbaharui. Di Indonesia energi terbarukan banyak ditemui sebagai energi alternatif untuk menggantikan energi konvensional, salah satunya ialah mikrohidro.

Pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMh) merupakan pembangkit listrik energi terbarukan yang belum banyak ditemui di Indonesia. Sedangkan potensi air di Indonesia memadai untuk dibangun pembangkit tenaga mikrohidro. Salah satu komponen utama pada mikrohidro ialah generator. Generator yang biasa dipakai pada pembangkit ini ialah generator induksi tiga fasa karena mudah perawatannya dan harga lebih murah akan tetapi mayoritas beban yang dipakai masyarakat ialah peralatan satu fasa sedangkan generator satu fasa harga relatif mahal. Generator induksi tiga fasa mudah ditemukan di pasaran dan harga relatif murah.

Generator induksi tiga fasa ketika dijadikan satu fasa maka dibutuhkan daya reaktif sebagai penghasil daya reaktif maka dibutuhkan kapasitor sebagai penghasil arus eksitasi.

Pengujian dengan kapasitor $22 \mu F$ 450 Vac diperoleh daya sebesar 97, 152, 179, 193, 211, 225 Watt dari beban 100 hingga 600 Watt, dengan ketidakstabilan tegangan. Frekuensi menurun saat beban yang terpakai semakin besar. Beban berpengaruh pada kecepatan generator, beban semakin besar kecepatan pada generator semakin menurun. Arus pada kapasitor dua lebih besar dari kapasitor satu

dikarenakan saat kapasitor terisi, arus pada kapasitor satu yang menyuplai lebih banyak arus eksitasinya.

Perolehan hasil efisiensi daya yang dihasilkan pada generator, ketika generator tiga fasa digunakan untuk menyuplai beban satu fasa. Efisiensi daya terbesar pada beban 600 Watt yakni 35.0%. Efisiensi daya yang dihasilkan ialah 14,4% ketika beban 100 Watt, 22,7% ketika beban 200 Watt, 26,4% ketika beban 300 Watt, 28,6% ketika beban 400 Watt, 31,9% ketika beban 500 Watt dan 35,0% ketika beban 600 Watt.

PRAKATA

Puji syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Analisis Mesin Induksi Tiga Fasa sebagai Generator Induksi Satu Fasa dengan Variasi Beban”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Ibu Dr. Ir. Entin Hidayah M.UM, selaku dekan Fakultas Teknik Universitas Jember;
2. Bapak Dr. Bambang Sri Kaloko, S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Jember;
3. Bapak Dr. Triwahju Hardianto, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing Utama dan juga Dosen Pembimbing Akademik yang telah meluangkan waktu, fikiran dan tenaga dalam kelancaran penyusunan skripsi dan selama perkuliahan;
4. Bapak Prof. Dr. Ir Bambang Sujanarko, M.M., selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah memberikan banyak masukan untuk penyempurnaan skripsi ini;
5. Bapak Ir Widyono Hadi, S.T., M.T., selaku dosen penguji utama dan Bapak Suprihadi Prasetyono, S.T., M.T., selaku dosen penguji anggota yang telah memberikan kritik dan saran yang membangun sehingga sangat membantu terhadap penyempurnaan skripsi ini;
6. Kedua orang tuaku tercinta, Ibu Andris Diana dan Ayah Fahrur Rozi yang telah memberikan motivasi, kepercayaan dan dukungan baik materi maupun moral selama penyusunan skripsi ini;

7. Adiku tersayang Rendi Athabatul Ghulam, Tedi Fathur Ghulam dan Arika Lailatul Rosi, yang memberikan semangat dan setia mendengarkan keluh kesah selama penyusunan skripsi ini;
8. Hendra Agus Supriyadi, yang selalu memberikan kepercayaan untuk bisa melalui setiap masalah dan menemani berproses selama ini,
9. Sahabat dan tim suksesku, Farah Adibah, Rina Anggraeni dan Galuh Oktarani yang selalu membantu melewati masa-masa perjuanganku selama kuliah untuk memperoleh gelar sarjana;
10. Teman-teman seperjuangan, SATE UJ 2012 yang telah menjadi keluarga kedua selama kuliah;
11. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Jember, 14 Oktober 2016

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN MOTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
HALAMAN PEMBIMBINGAN	vi
HALAMAN PEMNGESAHAN	vii
ABSTRAK	viii
<i>ABSTRACT</i>	ix
RINGKASAN	x
PRAKATA	xii
DAFTAR ISI	xiv
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR GAMBAR	xviii
DAFTAR LAMPIRAN	xix
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan	2
1.5 Manfaat	2
1.6 Sistematika Penulisan	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Generator Induksi	4
2.1.1 Struktur Generator Induksi.....	6
2.1.2 Prinsip Kerja.....	7

2.1.3 Jenis-jenis Generator Induksi	8
2.1.3.1 Generator Induksi Penguat Sendiri	8
2.1.3.2 Generator Induksi Masukan Ganda.....	10
2.3 Pemodelan Generator Induksi Tiga Fasa Sebagai Penyuplai	
Beban Satu Fasa	10
2.3.1 Struktur dan Prinsip Kerja.....	10
2.3.1 Pemodelan Sistem	11
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	14
3.1 Waktu dan Tempat Pelaksanaan.....	14
3.2 Jadwal Perencanaan Penelitian	14
3.3 Teknik Pengumpulan Data	14
3.4 Alat dan Bahan.....	15
3.5 Diagram Alir Penelitian.....	16
3.6 Blok Diagram Sistem	16
3.7 Spesifikasi Motor Induksi.....	17
3.8 Analisis Pengambilan Data.....	18
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	19
4.1 Pengujian Penggerak Mula	19
4.2 Daya <i>Input</i> Generator	21
4.3 Penentuan Kapasitor	21
4.4 Pengujian Sistem	22
4.4.1 Data Kapasitor tanpa Beban.....	22
4.4.2 Data pada Beban.....	22
4.4.3 Perhitungan Generator Induksi pada Kondisi Berbeban	24
4.4.3 Perbandingan Frekuensi	26
4.5 Pengujian Sistem dengan Kapasitor Berbeda	26
4.6 Perbedaan Besar Kapasitor	29
4.7 Efisiensi Daya	31

BAB 5. PENUTUP.....	33
5.1 Kesimpulan	33
5.2 Saran.....	33
DAFTAR PUSTAKA	34
LAMPIRAN.....	35

DAFTAR TABEL

	Halaman
4.1 Pengujian Penggerak Mula.....	19
4.2 Daya <i>Input</i> Generator	21
4.3 Data kapasitor tanpa beban saat generator hubung delta	22
4.4 Data pada beban saat generator hubung delta	22
4.5 Perbandingan Frekuensi	26
4.6 Data kapasitor tanpa beban dengan kapasitor 40 μF	27
4.7 Data pada beban dengan kapasitor 40 μF	27
4.8 Efisiensi daya yang dihasilkan generator	31

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Karakteristik torka kecepatan pada motor induksi	5
2.2 Struktur generator induksi AC.....	6
2.3 Sebuah generator induksi beroperasi sendiri dengan Bank kapasitor untuk mesuplai daya reaktif	8
2.4 Generator induksi hubung delta	10
3.1 <i>Flowchart</i> Penelitian	16
3.2 Blok diagram sistem.....	17
4.1 Hubungan Beban dengan Daya Keluaran	24
4.2 Hubungan Beban dengan Kecepatan dan Tegangan.....	25
4.3 Hubungan Tegangan dengan Daya Keluaran.....	25
4.4 Grafik perbedaan tegangan dari besar kapasitor yang berbeda.....	29
4.5 Grafik perbedaan frekuensi dari besar kapasitor yang berbeda	29
4.6 Grafik perbedaan daya dari besar kapasitor yang berbeda.....	30
4.7 Grafik perbedaan efisiensi dari besar kapasitor yang berbeda.....	30

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
A. Perhitungan P_{in} Motor	35
B. Hubungan Kapasitor dengan Frekuensi	35
C. Perhitungan Rugi-Rugi	35
D. Perhitungan P_{in} Generator	36
E. Perhitungan Efisiensi Daya	36
F. Perhitungan Frekuensi	37
G. Dokumentasi	39

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Saat ini energi listrik sudah menjadi salah satu kebutuhan utama bagi manusia. Tingkat kebutuhan energi manusia juga semakin meningkat, energi ini sebagian berasal dari pembakaran bahan bakar fosil yang tidak dapat diperbaharui dan sebagian kecil saja menggunakan energi yang dapat diperbaharui. Di Indonesia energi terbarukan banyak ditemui sebagai energi alternatif untuk menggantikan energi konvensional, salah satunya ialah mikrohidro (Maulana Ardiansyah, 2010).

Pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMh) merupakan pembangkit listrik energi terbarukan yang belum banyak ditemui di Indonesia. Sedangkan potensi air di Indonesia memadai untuk dibangun pembangkit tenaga mikrohidro. Alasan adanya pembangkit mikrohidro ialah dapat menolong sumber energi konvensional yang semakin menipis serta pembangkit ini dapat membantu masyarakat yang belum mendapatkan energi listrik khususnya di daerah pedalaman dengan ukuran pembangkit skala kecil agar masyarakat Indonesia dapat menikmati energi listrik. Salah satu komponen utama pada mikrohidro ialah generator. Generator yang biasa dipakai pada pembangkit ini ialah generator induksi tiga fasa karena mudah perawatannya dan harga lebih murah akan tetapi mayoritas beban yang dipakai masyarakat ialah peralatan satu fasa sedangkan generator satu fasa harga relatif mahal. Generator induksi tiga fasa mudah ditemukan di pasaran dan harga relatif murah sehingga penelitian ini bisa dilakukan. Oleh karena itu penelitian ini membahas tentang analisis kinerja mesin induksi tiga fasa sebagai generator induksi satu fasa. Analisis kinerja dimasukkan dengan tujuan agar mengetahui seberapa mampu generator menyuplai sampai beban puncak dengan penambahan kapasitor.

Pada penelitian sebelumnya hanya menghitung besar kapasitor untuk mengubah motor induksi tiga fasa sebagai generator induksi tiga fasa dan generator dihubungkan secara delta. sedangkan pada penelitian ini menghitung keluar daya

yang dihasilkan generator induksi saat dihubungkan delta serta membandingkan tingkat efisiensi keluaran daya.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas maka dapat dirumuskan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana cara merancang mesin induksi tiga fasa sebagai generator induksi satu fasa ?
2. Bagaimana efisiensi keluaran daya generator induksi ketika digunakan satu fasa dengan beban bervariasi ?

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Menggunakan motor induksi 3 fasa.
2. Rugi inti pada generator induksi diabaikan.
3. Perhitungan motor diabaikan.
4. Hanya menganalisis efisiensi daya yang dihasilkan.
5. Generator dihubungkan delta.
6. Beban yang digunakan ialah beban resistif.

1.4 Tujuan

Adapun tujuan dari tugas akhir ini adalah untuk mengetahui efisiensi keluaran daya listrik yang dihasilkan generator untuk pembebanan satu fasa pada mikrohidro serta dapat menjadi acuan ketika mengimplemitasikan di suatu daerah yang sudah terdapat pembangkit listrik tenaga mikrohidro.

1.5 Manfaat

Adapun manfaat yang diperoleh dari penulisan tugas akhir ini adalah:

1. Untuk memanfaatkan generator induksi tiga fasa sebagai penyuplai pada beban satu fasa pada pembangkit listrik tenaga mikrohidro.
2. Untuk mengetahui daya yang dihasilkan pada aplikasi mesin induksi tiga fasa sebagai generator induksi satu fasa.

1.6 Sistematika Pembahasan

Secara garis besar penyusunan proposal skripsi ini adalah sebagai berikut:

BAB 1 PENDAHULUAN

Berisi tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan pembahasan, manfaat pembahasan dan sistematika pembahasan.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Berisi tentang tinjauan pustaka yang menguraikan pendapat-pendapat atau hasil-hasil penelitian terdahulu yang berkaitan dengan penelitian yang dilakukan, landasan teori merupakan penjabaran dari tinjauan pustaka.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Menjelaskan tentang metode kajian yang digunakan untuk menyelesaikan skripsi.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Generator Induksi

Generator induksi merupakan salah satu jenis generator AC yang menerapkan prinsip motor induksi untuk menghasilkan daya karena karakteristiknya yang sama dengan motor, maka kecepatan medan putar dalam motor induksi sebagai generator dinyatakan oleh persamaan :

$$N_s = 120 \cdot f \cdot P \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan :

N_s = Kecepatan putar medan magnet (Rpm)

f = frekuensi (Hz)

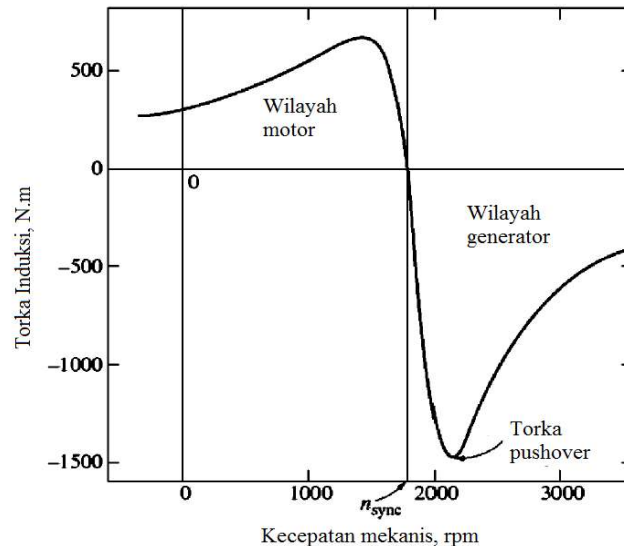
P = Jumlah kutub mesin induksi

Generator induksi dioperasikan dengan menggerakkan rotornya secara mekanis lebih cepat daripada kecepatan sinkron sehingga menghasilkan slip negatif. Motor induksi biasa umumnya dapat digunakan sebagai sebuah generator tanpa ada modifikasi internal. Generator induksi sangat berguna pada aplikasi-aplikasi seperti pembangkit listrik mikrohidro, turbin angin, atau untuk menurunkan aliran gas bertekanan tinggi ke tekanan rendah, karena dapat memanfaatkan energi dengan pengontrolan yang relatif sederhana (Wikipedia).

Generator induksi merupakan perubahan motor induksi menjadi sebuah generator induksi dengan ketentuan kecepatan pada putar porosnya lebih besar daripada kecepatan sinkron ($n > n_s$) sedangkan pada motor induksi kecepatan putar porosnya lebih kecil daripada kecepatan sinkron ($n < n_s$).

Generator induksi memiliki karakteristik sendiri bahwa jika kecepatan motor induksi lebih tinggi daripada besar n_{sync} maka arah torka induksinya semakin kecil

dan motor akan bekerja sebagai generator. Dengan bertambahnya torka maka besar daya yang dihasilkan generator induksi semakin besar. Seperti pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Karakteristik torka kecepatan pada motor induksi
(sumber: M. Khairul Amri Rosa, MT dalam Electric Machinery F., 2005)

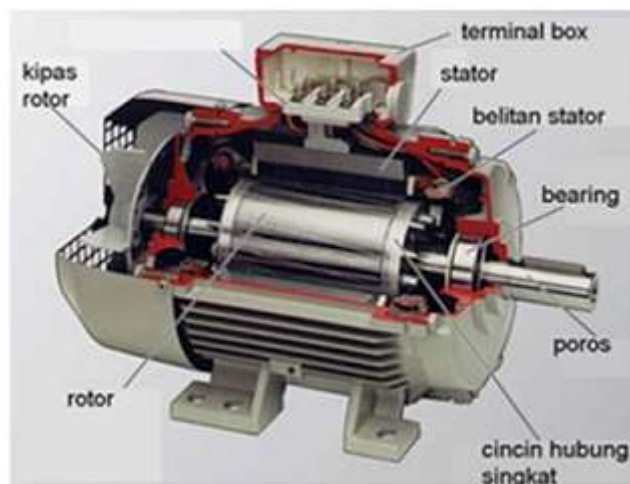
Pemakaian generator induksi banyak digunakan pada pembangkit listrik tenaga mikrohidro karena memiliki keuntungan seperti biaya perawatan yang relatif murah, lebih tahan terhadap beban lebih (*Overload*) dan kesederhanaannya dalam pengoperasiannya. Pada generator induksi tidak memerlukan rangkaian medan terpisah dan tidak harus diputar secara terus-menerus pada kecepatan yang tetap. Sebuah generator induksi memiliki keterbatasan dalam pengoperasiannya, generator induksi dipengaruhi oleh beban dan tidak dapat menghasilkan daya reaktif tetapi membutuhkan daya reaktif sehingga diperlukan sebuah kapasitor yang sesuai dengan daya reaktif yang dibutuhkan.

Generator induksi tentu saja memiliki konstruksi sama dengan motor induksi yang terdiri atas rotor dan stator. Rotor merupakan bagian yang bergerak sedangkan stator adalah bagian yang diam (statis) dan memiliki kumparan yang dapat menginduksikan medan elektromagnet pada kumparan rotor. Rotor merupakan bagian mesin induksi yang bergerak akibat adanya induksi magnet dari kumparan kemudian diinduksikan ke rotor. Kontruksi rotor mesin induksi terdiri dari beberapa bagian diantaranya yakni :

- 1) Inti rotor yaitu bahannya dari besi lunak dan baja silikon sama dengan inti stator.
- 2) Alur yaitu bahannya dari besi lunak atau baja silikon sama dengan inti. Alur merupakan tempat meletakkan belitan (kumparan) rotor.
- 3) Belitan rotor yaitu bahannya dari tembaga.

Stator adalah bagian yang terluar dari motor merupakan bagian yang diam dan mengalirkan arus fase. Stator terdiri atas tumpukan laminasi inti yang memiliki alur yang menjadi tempat kumparan dililitkan yang berbentuk silindris.

2.1.1 Struktur Generator Induksi



Gambar 2.2 Struktur generator induksi AC
(sumber: Azzuhra Khumairah, 2013)

Generator Induksi tentu saja memiliki konstruksi sama dengan motor induksi yang terdiri atas rotor dan stator. Rotor merupakan bagian yang bergerak sedangkan stator adalah bagian yang diam (statis) dan memiliki kumparan yang dapat menginduksikan medan elektromagnet pada kumparan rotor. Pada umumnya terdapat dua tipe karakteristik rotor pada mesin induksi yang dapat diletakkan di dalam stator. Yang pertama disebut sangkar rotor (Cage Rotor) dan lilit (Wound Rotor). Konstruksi sangkar rotor tersusun atas beberapa batangan logam yang dimasukkan melewati slot-slot yang ada pada rotor mesin induksi kemudian setiap bagian disatukan oleh cincin sehingga membuat batangan logam terhubung singkat dengan batangan logam yang lain. Sedangkan konstruksi rotor lilit adalah tipe rotor yang memiliki rotor terbuat dari lilitan yang sama dengan lilitan statornya.

2.1.2 Prinsip kerja

Generator induksi dioperasikan dengan menggerakkan rotornya secara mekanis lebih cepat daripada kecepatan sinkron sehingga menghasilkan slip negatif. Untuk mengoperasikannya generator induksi membutuhkan eksitasi menggunakan tegangan yang leading, itu biasanya dilakukan dengan menghubungkan generator pada sistem tenaga eksiting. Pada operator induksi yang bekerja *stand-alone*, bank kapasitor harus digunakan untuk menyuplai daya reaktif. Daya reaktif yang diberikan harus sama atau lebih besar dari daya reaktif yang diperlukan mesin induksi ketika bekerja sebagai motor. Tegangan terminal generator akan bertambah dengan penambahan kapasitansi (Khoirul Amri, 2005).

Generator induksi sering dipasang guna mencukupi suplai daya tambahan untuk beban di daerah terpencil dimana layanan saluran transmisinya terbatas. Dengan segala keunggulan yang disebutkan diatas adalah pilihan yang tepat pada kasus ini digunakan mesin induksi sebagai generator. Penggunaan generator induksi pada sistem pembangkit tenaga angin dimana turbin yang memutar generator tidak

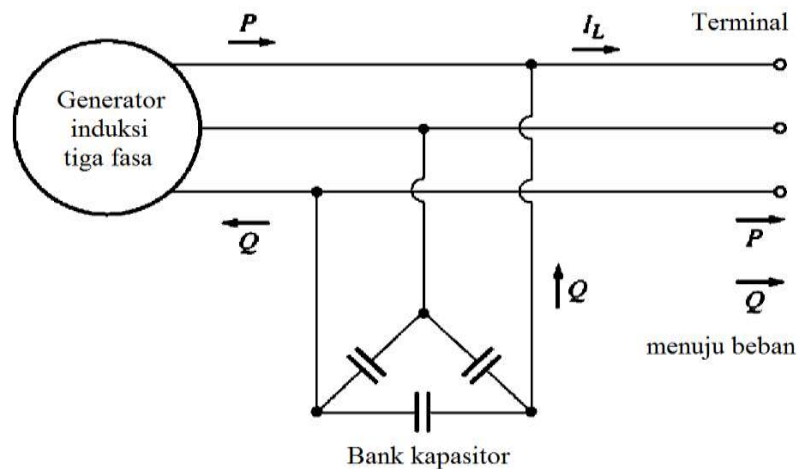
mengharuskan pada kecepatan sinkronnya. Dengan demikian, jika daya yang dibangkitkan tidak mensyaratkan frekuensi dan tegangan tetap maka generator dapat dioperasikan *stand alone*, atau terisolasi, terlepas dari saluran publik (Chan, 1993: 2-3).

Mesin DC sebagai *prime mover* yang dikopel dengan mesin induksi diputar secara perlahan memutar rotor mesin induksi hingga mencapai putaran sinkronnya ($n_r = n_s$). Saklar sumber tegangan tiga fasa untuk stator dilepas dan kapasitor yang sudah *discharge* akan bekerja dan akan mempertahankan besar n_s . Motor dc diputar hingga melewati kecepatan putaran sinkronnya mesin induksi ($n_r > n_s$), sehingga slip yang timbul antara putaran rotor dan putaran medan magnet menghasilkan slip negatif ($s < 0$) dan akan menghasilkan tegangan sehingga motor induksi akan berubah fungsi menjadi generator induksi.

2.1.3 Jenis-Jenis Generator Induksi

2.1.3.1 Generator Induksi Penguat Sendiri

Pada generator penguat sendiri arus eksitasi berasal dari kapasitor yang dipasang paralel pada terminal keluaran generator. Kapasitor itu sendiri berfungsi sebagai sumber daya reaktif untuk menghasilkan tegangan keluaran generator. Hubungan antara kapasitor dan tegangan generator ditunjukkan pada gambar 2.2.



Gambar 2.3 Sebuah generator induksi beroperasi sendiri dengan bank kapasitor untuk mensuplai daya reaktif

(sumber: sumber: M. Khairul Amri Rosa, MT dalam Electric Machinery F., 2005)

Generator induksi jenis bekerja seperti mesin induksi pada daerah saturasinya hanya saja terdapat bank kapasitor yang dipasang pada terminal statornya. Keuntungan dari generator jenis ini ialah harga relatif murah, desain peralatan sangat tidak rumit dan tidak memerlukan inventer. (dokumen.tips;jenis generator induksi;2015).

Mesin induksi sebagai generator juga dimungkinkan untuk beroperasi sebagai generator terisolasi yang tidak terhubung pada sistem tenaga maupun jaringan listrik luar selama terdapat kapasitor yang dapat mensuplai daya reaktif yang dibutuhkan generator dan beban-beban lainnya yang dihubungkan. seperti diperlihatkan pada Gambar 2.3.

Arus magnetisasi I_m yang dibutuhkan mesin induksi sebagai fungsi tegangan terminal dapat dicari dengan menjalankan mesin sebagai motor pada keadaan tanpa beban dan mengukur tegangan kangkarnya sebagai fungsi tegangan terminal. Untuk mencapai level tegangan yang diberikan pada generator induksi, kapasitor eksternal harus mensuplai arus magnetisasi yang sesuai dengan level tersebut karena arus reaktif yang dihasilkan oleh sebuah kapasitor berbanding lurus dengan tegangan yang diberikan, lokus dari semua kemungkinan kombinasi tegangan dan arus yang melalui kapasitor berupa garis lurus. Jika sekelompok kapasitor tiga fasa dihubungkan kepada terminal generator induksi, tegangan tanpa beban generator induksi adalah perpotongan kurva magnetisasi generator dengan garis beban kapasitor (Khoirul Amri, 2005).

Permasalahan paling utama pada generator induksi adalah tegangannya yang berubah drastis ketika beban berubah, terutama pada beban reaktif. Pada kasus pembebanan induktif, tegangan jatuh sangat cepat. Ini terjadi karena kapasitor yang konstan harus mensuplai semua daya reaktif yang dibutuhkan baik oleh beban maupun generator. Dan semua daya reaktif yang dialihkan ke beban mengembalikan generator kembali ke kurva magnetisasinya, menyebabkan penurunan besar pada tegangan generator.

2.1.3.2 Generator Induksi Masukan Ganda

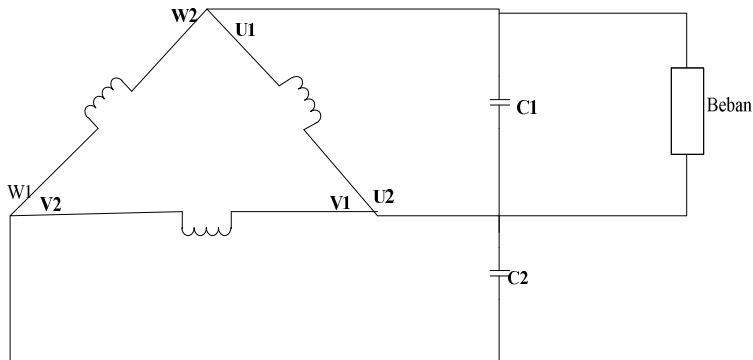
Pada generator induksi ganda eksitasi diperoleh dari jaringan listrik yang telah terpasang. Generator induksi jenis ini menyerap daya reaktif dari jaringan listrik untuk membangkitkan medan magnet yang dibutuhkan. Pada generator jenis ini, terminal keluaran generator dihubungkan dengan inverter yang kemudian dihubungkan dengan bagian generator.

Keuntungan dari generator jenis ini ialah tegangan dan frekuensi yang dihasilkan tetap walaupun kecepatan putarnya berubah-ubah. Namun generator jenis ini membutuhkan inverter sebagai pengatur tegangan pada rotor dan juga rotor jenis kumparan karena generator ini membutuhkan sumber pada rotornya sehingga tidak semua jenis mesin induksi dapat digunakan sebagai generator induksi jenis ini. (dokumen.tips;jenis generator induksi;2015)

Generator jenis ini membutuhkan adanya jaringan listrik untuk dapat beroperasi, karena sumber daya reaktif yang dibutuhkan generator berasal dari jaringan sehingga apabila tidak ada jaringan listrik maka generator ini tidak dapat beroperasi. Selain itu jika terjadi gangguan pada jaringan atau blackout jaringan generator ini juga tidak dapat beroperasi.

2.2 Pemodelan Generator Induksi Tiga Fasa Sebagai Penyuplai Beban Satu Fasa

2.2.1 Struktur dan Prinsip Kerja



Gambar 2.4 Pemodelan generator induksi hubung delta

2.2.2 Pemodelan Sistem

Dari gambar diatas dijelaskan dua lilitan dihubungkan dengan kapasitor, satu kapasitor digunakan untuk satu beban.

Besar nilai kapasitor didapatkan dengan persamaan :

$$C/\text{fasa } \Delta = \frac{I_c}{2\pi f V_p \Delta} \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan :

C = Kapasitor (Farad)

Ic = Arus (Ampere)

F = Frekuensi (Hz)

V = Tegangan (Volt)

Daya reaktif per fasa dengan persamaan :

$$Q_{\text{fasa}} = \frac{\sum Q}{3} \dots\dots\dots (2)$$

Pada hubungan delta, dengan tidak adanya titik netral, maka besar tegangan saluran dihitung antar fasa, karena tegangan saluran dan tegangan fasa mempunyai besar magnitude yang sama maka :

$$V_{\text{line}} = V_{\text{fasa}} \dots\dots\dots (3)$$

tetapi arus saluran dan arus fasa tidak sama. Hubungan antara kedua arus tersebut dapat diperoleh dengan menggunakan hukum kirchoff, sehingga :

$$I_{line} = \sqrt{3} \cdot I_{fasa} = 1,73 I_{fasa} \dots\dots\dots (4)$$

Untuk menentukan besar daya reaktif yang diperlukan suatu mesin induksi sebagai generator, maka menggunakan persamaan dengan kriteria mesin induksi sebagai berikut :

$$S = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \dots\dots\dots (5)$$

Keterangan :

S = Daya Semu (Va)

V = Tegangan (Volt)

I = Arus (Ampere)

$$P = S \cos \theta \dots\dots\dots (6)$$

Keterangan :

P = Daya Aktif (Watt)

S = Daya Semu (Va)

Cos θ = Sudut Fasa

Dari persamaan segitiga daya dapat diperoleh nilai daya reaktif :

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2} \dots\dots\dots (7)$$

Keterangan :

Q = Daya Reaktif (Var)

S = Daya Semu (Va)

P = Daya Aktif (Watt)

Menentukan daya input generator dapat diketahui dengan persamaan :

$$P_{in} \text{ Generator} = P_{in} \text{ Motor} - R_{ugi}^2 \dots\dots\dots (8)$$

Keterangan :

$P_{in} \text{ Generator}$ = Daya *Input* Generator (Watt)

$P_{in} \text{ Motor}$ = Daya *Input* Motor (Watt)

Rugi = Rugi-Rugi Motor (Watt)

Rugi-rugi dapat diperoleh dengan persamaan :

$$Rugi^2 = I^2R \dots\dots\dots (9)$$

Keterangan :

I = Arus (Ampere)

R = Hambatan (Ohm)

Hubungan kapasitor dengan frekuensi dapat dinyatakan dengan persamaan :

$$C = \frac{T}{R} \dots\dots\dots (10)$$

Keterangan :

C = Kapasitor (Microfarad)

T = Waktu (Second)

R = Hambatan (Ohm)

Dimana T dapat dilihat dari persamaan :

$$T = \frac{1}{F} \dots\dots\dots (11)$$

Daya input generator untuk menghitung efisiensi keluaran generator, efisiensi daya dengan persamaan :

$$\eta = \left(\frac{P_{out}}{P_{in}} \right) \times 100\% \dots\dots\dots (12)$$

Keterangan :

η = Efisiensi daya (%)

P_{out} = Daya keluaran pada beban (Watt)

P_{in} = Daya input generator (Watt)

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Tempat penelitian akan dilakukan di Lab. Konversi Energi Listrik Jurusan Teknik Elektro Universitas Jember, yang beralamat di jalan patrang, Jember, Jawa Timur. Penelitian ini akan dilaksanakan pada bulan juni 2016 sampai dengan bulan Agustus 2016.

3.2 Jadwal Perencanaan Penelitian

No	Kegiatan	Bulan ke-/Minggu*											
		Bulan 1				Bulan 2				Bulan 3			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Studi Literatur	■	■	■	■								
2	Pembelian Bahan		■	■	■	■	■						
3	Pengujian Alat				■	■	■						
4	Pengambilan Data							■	■				
5	Analisa Data							■	■	■	■		
6	Penulisan Laporan									■	■	■	■

3.3 Teknik Pengumpulan Data

Adapun Teknik Pengumpulan data pada proses penelitian yang akan di lakukan yakni menggunakan dua metode di antaranya yaitu :

1. *Studi Literature* :

Mengumpulkan beberapa sumber literature yang di gunakan sebagai acuan dan landasan dalam melakukan prosedur penelitian

2. *Dokumentasi* :

Pengumpulan data berdasarkan dokumen-dokumen penelitian yang bersumber dari jurnal ilmiah tertulis ataupun elektronik dari lembaga/institusi yang telah di lakukan sebelumnya.

3. Observasi :

Pengumpulan data dari dari hasil observasi langsung di labolatorium guna memperoleh data penelitian yang akurat.

3.4 Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini, diantaranya ialah sebagai berikut :

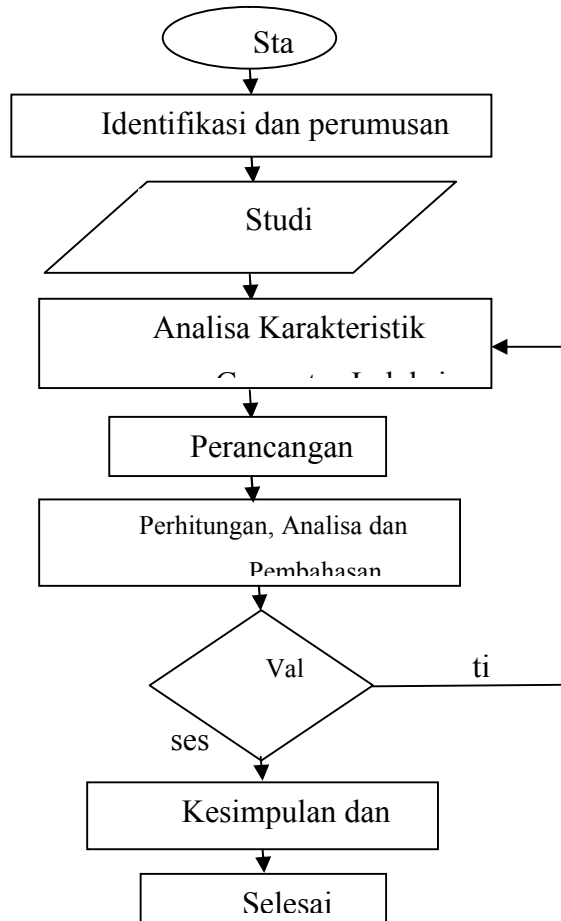
Alat :

1. Multimeter
2. Tang kombinasi
3. Obeng
4. Soder
5. Timah

Bahan :

1. Motor induksi
2. Kabel
3. Jumper
4. Akrilik
5. Spidol

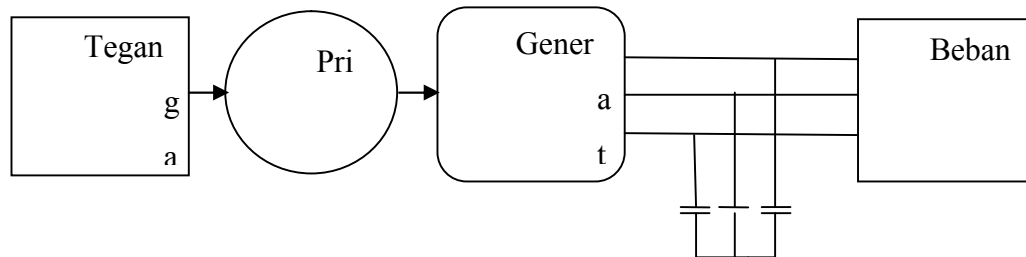
3.5 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1 *Flowchart* Penelitian

3.6 Blok Diagram Sistem

Blok diagram merupakan tahapan perencanaan perangkat dengan tujuan untuk menjelaskan urutan proses kerja komponen atau alat yang akan digunakan. Setiap blok mempunyai fungsi masing-masing.



Gambar 3.2 Blok diagram sistem

Pada blok diagram sistem, *prime over* digunakan sebagai penggerak awal dari mesin induksi dimana motor induksi yang sebagai *prime over* dikopel dengan generator induksi dengan perbandingan puli 1:2. Motor yang digunakan sebagai *prime over* ialah motor induksi AC. *Output* dari *prime over* sebagai daya *input* dari generator.

Generator menghasilkan energi listrik akibat perubahan energi gerak menjadi energi listrik. Generator yang digunakan ialah jenis motor induksi yang digunakan sebagai generator dengan perbedaan kecepatan antara *prime over* dengan generator. Pada perancangan ini *output* generator tiga fasa dirubah menjadi satu fasa dengan penambahan kapasitor. Pada saat generator dihubungkan delta, dua lilitan dihubungkan dengan satu buah kapasitor dan beban.

Selanjutnya bagaimana perancangan generator tiga fasa menjadi generator satu fasa sesuai gambar 2.3 ketika dihubung delta. Daya output yang dihasilkan akan dibandingkan efisiensi dayanya. Perbandingan daya dilihat saat generator dihubung delta.

3.7 Spesifikasi Motor Induksi

Pada penelitian ini variabel motor induksi yang digunakan sebagai *prime over* adalah sebagai berikut :

1. Tegangan output : 380 Volt
2. Kecepatan : 1450 Rpm
3. Arus : 2,13 Ampere
4. Frekuensi : 50 Hz
5. IP : 55

3.8 Analisis Pengambilan Data

Penelitian yang akan dilakukan pada penelitian ini ialah melakukan pengujian keluaran daya generator tiga fasa pada beban satu fasa sehingga mengetahui daya yang paling optimal. Penelitian ini juga untuk membuktikan efisiensi ketika mesin induksi tiga fasa ketika menyuplai beban satu fasa.

Pengambilan data dilakukan pada kapasitor satu maupun kapasitor dua, tiap kapasitor untuk mengetahui arus dan kecepatan generator saat kapasitor berfungsi. Selanjutnya pengukuran pada beban. Pada beban diukur tegangan dan arus ketika beban menyala, serta pengukuran frekuensi dan daya yang dihasilkan. Selanjutnya digunakan untuk mengetahui efisien keluaran daya pada mesin induksi tiga fasa yang digunakan untuk meyuplai beban satu fasa.

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada tugas akhir ini, membahas bagaimana mesin induksi tiga fasa digunakan sebagai generator induksi satu fasa pada pembangkit listrik tenaga mikrohidro yakni melalui *prototype* dengan penambahan kapasitor sebagai perbaikan faktor daya. Penelitian ini menganalisis keluaran yang dihasilkan oleh generator induksi satu fasa dengan tujuan untuk mengetahui efisiensi daya yang dihasilkan generator ketika pemakaian satu fasa saat generator terhubung delta.

Generator induksi tiga fasa ketika dijadikan satu fasa maka dibutuhkannya daya reaktif sebagai penghasil daya reaktif dan arus eksitasi maka dibutuhkan kapasitor sebagai penghasil arus eksitasi. Merancang mesin induksi tiga fasa sebagai generator induksi satu fasa dengan penambahan dua buah kapasitor sesuai pada gambar 2.6.

Efisiensi keluaran daya diperoleh dengan daya *output* pada beban sesuai dengan pengukuran tiap variasi beban dibagi dengan pengujian penggerak mula sebagai daya *input* pada perhitungan efisiensi daya.

4.1 Pengujian Penggerak Mula

Tabel 4.1 Data *Input* Prime Over

Beban (Watt)	Tegangan (V)	Arus (I)	Daya (Watt)
100	172	7,6	1132,06
200	171,9	7,6	1131,41
300	173,2	7,6	1139,96
400	172,6	7,6	1136,01
500	171,1	7,6	1111,32
600	170	7,5	1109,21

Pengambilan data pada table 4.1 ialah data pengujian penggerak mula pada *prime over* ketika dihubung delta, pengujian penggerak mula dilakukan untuk mengetahui daya *input* yang selanjutnya digunakan untuk menghitung efisiensi daya keluaran pada generator. Daya yang diperoleh pada tabel 4.1 sebagai daya *input* pada *prime over* yang selanjutnya dijadikan sebagai daya *input* generator dengan dikurangi rugi-rugi pada *prime over* sesuai rumus pada persamaan 9 di landasan teori. Besar tegangan pada table 4.1 merupakan tegangan satu fasa karena keterbatasan alat ukur tiga fasa, sedangkan tegangan yang dibutuhkan ialah tegangan tiga fasa sehingga tegangan yang didapatkan saat pengukuran dikalikan dengan akar tiga untuk menghasilkan tegangan tiga fasa.

Saat beban 100 Watt, besar tegangan didapatkan sebesar 172 Volt, arus didapatkan 7,6 Ampere. Dari besar tegangan, arus dan $\cos \phi$ akan didapatkan besar daya keluaran motor sebesar 1132,06 Watt. Pada beban 200 Watt, besar tegangan didapatkan sebesar 171,9 Volt, arus didapatkan 7,6 Ampere dan $\cos \phi$ sebesar 0,5. Daya yang dihasilkan pada beban 200 Watt ialah sebesar 1131,41. Selanjutnya pada beban 300 Watt, besar tegangan didapatkan sebesar 173,2 Volt, arus didapatkan 7,6 Ampere, $\cos \phi$ sebesar 0,5 dan daya yang dihasilkan ialah sebesar 1139,96 Watt. Pada beban 400 Watt, besar tegangan didapatkan sebesar 172,6 Volt, arus didapatkan 7,6 Ampere, $\cos \phi$ sebesar 0,5 dan besar daya 1136,01 Watt. Terakhir saat beban 500 Watt, besar tegangan didapatkan sebesar 171,1 Volt, arus didapatkan 7,6 Ampere, $\cos \phi$ sebesar 0,5 dan daya sebesar 1111,31 Watt. Besar tegangan, arus dan $\cos \phi$ didapatkan dari hasil pengukuran sedangkan besar daya didapatkan dari hasil perhitungan. Pada beban 600 Watt, dihasilkan tegangan 170 Volt dan arus yang diperoleh 7,5 Ampere sehingga menghasilkan daya sebesar 1109,21 Watt.

4.2 Daya *Input* Generator

Tabel 4.2 Daya *input* generator

Beban (Watt)	Daya (Watt)
100	669,98
200	669,33
300	677,88
400	673,93
500	661,32
600	642,12

Pada tabel 4.2 merupakan perolehan daya *input* generator yang dijadikan sebagai daya *input* ketika menghitung efisiensi keluaran daya pada generator. Pada beban 100 Watt daya yang diperoleh sebesar 669,98 Watt, pada beban 200 Watt diperoleh 669,33 Watt, pada beban 300 Watt diperoleh daya sebesar 677,88 Watt, pada beban 400 Watt diperoleh 673,93 Watt, beban 500 Watt daya yang diperoleh 661,32 Watt dan terakhir beban 600 Watt diperoleh daya sebesar 642,12 Watt.

4.3 Penentuan Kapasitor

Kapasitor pada penelitian ini berfungsi menyerap daya reaktif yang dihasilkan oleh beban induktif sehingga dapat meningkatkan daya nyata pada sistem.

Dari perhitungan sebelumnya pada bab 2, maka nilai kapasitor :

$$\begin{aligned} C/\text{fasa } \Delta &= \frac{I_c}{2\pi f V_p \Delta} \\ &= \frac{1,2817176}{69080} \\ &= 18,55411 \mu F \end{aligned}$$

Dari perhitungan didapatkan besar kapasitor ialah 18,55411 μF , sehingga saat pengambilan data kapasitor yang digunakan ialah 22 μF

4.4 Pengujian Sistem

4.4.1 Data Kapasitor tanpa Beban

Tabel 4.3 Data kapasitor tanpa beban saat generator hubung delta

Kapasitor (Farad)	Arus (Ampere)	Kecepatan (Rpm)
C1	2,6	1780
C2	8,4	1780

Pada tabel 4.3 ialah untuk mengetahui data kapasitor sebelum generator terbebani dan saat generator terhubung delta. Pengujian pada kapasitor untuk mengetahui besar arus kapasitor dan kecepatan generator. Besar arus kapasitor satu saat pengukuran diperoleh sebesar 2,6 Ampere, pada kapasitor dua besar arus yang diketahui 8,4 Ampere dengan kecepatan generator 1780 Rpm.

4.4.2 Data pada Beban

Tabel 4.4 Data pada beban saat generator hubung delta

beban(W)	Ic ₁ (A)	Ic ₂ (A)	Kecepatan (Rpm)	Itot (A)	Tegangan (V)	Cos ϕ	Frekuensi (Hz)	Daya (W)
100	2,0	7,1	1663	41	232	1	54,6	97
200	1,6	6,0	1589	77	194	1	52,1	152
300	1,4	5,1	1577	08	164	1	51,4	179
400	1,2	4,6	1699	34	144	1	52,5	193
500	1,2	4,3	1671	62	131	1	55,2	211
600	1,2	4,1	1667	84	122	1	59,2	225

Pada tabel 4.4 merupakan perolehan data saat generator terbebani dengan generator terhubung delta. Beban yang dipakai pada penelitian ini ialah beban satu fasa beban resistif yakni lampu 100, 200, 300, 400, 500 dan 600 Watt. Masing-masing beban untuk memperoleh besar arus pada kapasitor satu dan kapasitor dua, besar arus dan tegangan pada beban lampu, serta kecepatan generator tiap beban.

Pengukuran pada beban awal yakni pada beban 100 Watt, arus yang diperoleh sebesar 0,41 Ampere, tegangan yang diperoleh 232 Volt, frekuensi sebesar 54,6 Hz, besar $\cos \phi$ 1 dan daya yang diperoleh 97 Watt. Sedangkan pada kapasitor diperoleh data arus kapasitor satu sebesar 2,0 Ampere dan arus kapasitor dua sebesar 7,1 Ampere. Kecepatan pada generator saat beban 100 Watt 1663 Rpm. Selanjutnya beban 200 Watt, arus yang diperoleh sebesar 0,77 Ampere, tegangan yang diperoleh 194 Volt, frekuensi sebesar 52,1 Hz, besar $\cos \phi$ 1 dan daya yang diperoleh 152 Watt. Sedangkan pada kapasitor diperoleh data arus kapasitor satu sebesar 1,6 Ampere dan arus kapasitor dua sebesar 6,0 Ampere. Kecepatan pada generator saat beban 200 Watt 1589 Rpm.

Pengukuran selanjutnya yakni beban 300 Watt, arus yang diperoleh sebesar 1,08 Ampere, tegangan yang diperoleh 164 Volt, frekuensi sebesar 51,4 Hz, besar $\cos \phi$ 1 dan daya yang diperoleh 179 Watt. Sedangkan pada kapasitor diperoleh data arus kapasitor satu sebesar 1,4 Ampere dan arus kapasitor dua sebesar 5,1 Ampere. Kecepatan pada generator saat beban 300 Watt 1577 Rpm. Pada beban 400 Watt, arus yang diperoleh sebesar 1,34 Ampere, tegangan yang diperoleh 144 Volt, frekuensi yang diperoleh 52,5 Hz, besar $\cos \phi$ 1 dan daya yang diperoleh 193 Watt. Sedangkan pada kapasitor diperoleh data arus kapasitor satu sebesar 1,2 Ampere dan arus kapasitor dua sebesar 4,6 Ampere. Kecepatan pada generator saat beban 400 Watt 1699 Rpm. Pada beban 500 Watt, arus yang diperoleh sebesar 1,62 Ampere, tegangan yang diperoleh 131 Volt, besar $\cos \phi$ 1, frekuensi sebesar 55,2 Hz dan daya yang

diperoleh 211 Watt. Sedangkan pada kapasitor diperoleh data arus kapasitor satu sebesar 1,2 Ampere dan arus kapasitor dua sebesar 4,3 Ampere. Kecepatan pada generator saat beban 500 Watt 1671 Rpm.

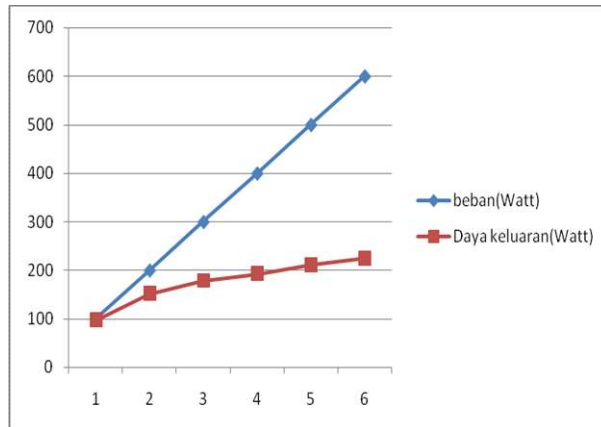
Pengambilan yang terakhir pada beban 600 Watt dengan pengambilan yang sama pada sebelumnya. Arus yang diperoleh sebesar 1,84 Ampere, tegangan yang diperoleh 122 Volt, besar $\cos \phi$ 1, frekuensi sebesar 59,2 Hz dan daya yang diperoleh 225 Watt. Sedangkan pada kapasitor diperoleh data arus kapasitor satu sebesar 1,2 Ampere dan arus kapasitor dua sebesar 4,1 Ampere. Kecepatan pada generator saat beban 600 Watt 1667 Rpm.

Dari data yang diperoleh terlihat arus dan tegangan pada beban, semakin besar beban lampu arus yang diperoleh semakin besar pula. Beban 100 Watt arus diperoleh 0,41 Ampere dan 600 Watt diperoleh arus sebesar 1,84 Ampere. Akan tetapi pada tegangan yang diperoleh, semakin besar beban lampu menyala tegangan semakin menurun. Terlihat pada beban 100 Watt tegangan diperoleh 232 Volt dan pada beban 600 Watt diperoleh tegangan sebesar 122 Volt. Dilihat dari kecepatan generator, semakin besar beban dipakai maka kecepatan generator semakin menurun.

Analisis kinerja generator dilihat dari perubahan frekuensi, tegangan, kecepatan dan daya yang dihasilkan generator setiap beban yang berbeda mulai dari 100 Watt hingga 600 Watt.

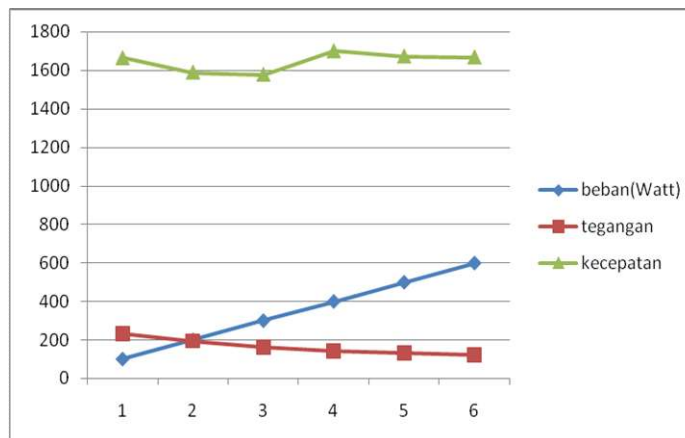
Dari hasil pengukuran besar hambatan pada stator sebesar 818 Ohm. Sehingga hubungan kapasitor dengan frekuensi dapat dilihat dari persamaan 10. Besar kapasitor tidak berbeda jauh dari frekuensi saat 54,6 Hz sampai dengan 59,2 Hz yakni sekitar 22 μF

4.4.3 Perhitungan Generator Induksi pada Kondisi Berbeban

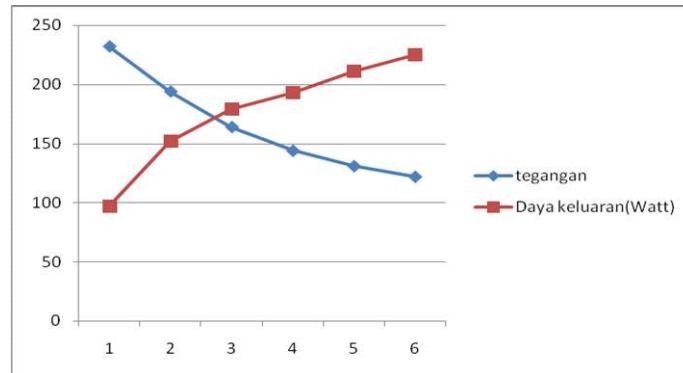


Gambar 4.1 Hubungan Beban (Watt) dengan Daya keluaran (Watt)

Pada gambar 4.1 dengan beban puncak yakni sebesar 600 Watt, daya keluaran yang dihasilkan oleh generator yakni sebesar 225 Watt. Jika beban semakin besar maka daya yang dihasilkan juga semakin besar.



Gambar 4.2 Hubungan Beban dengan Kecepatan dan Tegangan



Gambar 4.3 Hubungan Tegangan dengan daya Keluaran

Gambar 4.3 dijelaskan hubungan tegangan dan daya yang dihasilkan ketika beban bervariasi dari beban 100 watt sampai beban puncak 600 Watt. Ketika beban semakin naik maka tegangan yang dihasilkan semakin menurun. Sedangkan pada daya keluaran generator, ketika beban semakin naik maka daya yang dihasilkan juga semakin naik.

4.4.4 Perbandingan Frekuensi

Tabel 4.5 perbandingan frekuensi

ban(Watt)	Pengukuran	Perhitungan
100	54,6	55,4
200	52,1	52,9
300	51,4	52,5
400	52,5	56,6
500	55,2	55,9
600	59,2	55,5

Dari tabel 4.5 dapat dilihat besar frekuensi tiap beban, besar frekuensi secara pengukuran berbeda dengan hasil perhitungan. Perbedaan frekuensi dikarenakan beban tidak seimbang. Saat beban 100 Watt frekuensi yang dihasilkan 54,6 Hz

sedangkan saat perhitungan dihasilkan 55,4 Hz, beban 200 Watt frekuensi yang dihasilkan 52,1 Hz sedangkan saat perhitungan dihasilkan 52,9 Hz. Pada beban 300 Watt frekuensi yang dihasilkan 51,4 Hz sedangkan saat perhitungan dihasilkan 52,5 Hz. Pada beban 400 Watt frekuensi yang dihasilkan 52,5 Hz sedangkan saat perhitungan dihasilkan 56,6 Hz, beban 500 Watt frekuensi yang dihasilkan 55,2 Hz sedangkan saat perhitungan dihasilkan 55,9 Hz dan beban terakhir 600 Watt frekuensi yang dihasilkan 59,2 Hz sedangkan saat perhitungan dihasilkan 55,5 Hz.

4.5 Pengujian Sistem dengan Kapasitor Berbeda

Pengujian dilakukan dengan besar kapasitor 40 μF 450 Vac. Pengambilan data dilakukan sama seperti pengambilan data dengan besar kapasitor 22 μF 450 Vac hanya berbeda pada besar kapasitor. Pengujian ini dengan besar kapasitor sesuai dengan perhitungan kapasitor yang dilakukan.

Pengujian awal dilakukan pengambilan data pada arus tiap kapasitor serta kecepatan generator saat kapasitor dapat menghasilkan arus eksitasi. Pengujian dilakukan tanpa adanya beban diperoleh data pada tabel 4.6.

Tabel 4.6 Data kapasitor tanpa beban dengan kapasitor 40 μF

Kapasitor (Farad)	Arus (I)	Kecepatan (Rpm)
C1	2,35	2155
C2	2,73	2155

Pada tabel 4.6 terlihat arus kapasitor dua lebih besar dari kapasitor satu. Pada kapasitor satu diperoleh sebesar 2,35 Ampere dan pada kapasitor dua diperoleh sebesar 2,75 ampere dengan kecepatan generator sama yakni sebesar 2155 Rpm. Arus pada kapasitor terlihat lebih besar pada kapasitor dua dikarenakan saat generator menyuplai pada kapasitor, arus mengalir pada kapasitor dua sehingga kapasitor satu arus yang diperoleh kecil.

Pengujian selanjutnya saat generator terbebani, diperoleh data pada tabel 4.7 dibawah ini.

Tabel 4.7 Data pada beban dengan kapasitor 40 μF

P (W)	i_1 (A)	i_2 (A)	Kecepatan (Rpm)	Arus (A)	Tegangan (V)	$\cos \phi$	Frekuensi (Hz)	Daya (W)
100	83	52	2025	46	250	1	45,5	115
200	38	37	1904	85	216	1	43,7	185
300	04	27	1818	18	186	1	42,9	221
400	80	24	1774	45	163	1	42,7	239
500	65	27	1768	70	143	1	42,5	245
500	55	34	1791	91	120	1	42,3	247

Pengukuran pada beban awal yakni pada beban 100 Watt, arus yang diperoleh sebesar 0,46 Ampere, tegangan yang diperoleh 250 Volt, frekuensi sebesar 45,5 Hz, besar $\cos \phi$ 1 dan daya yang diperoleh 115 Watt. Sedangkan pada kapasitor diperoleh data arus kapasitor satu sebesar 1,83 Ampere dan arus kapasitor dua sebesar 2,52 Ampere. Kecepatan pada generator saat beban 100 Watt 2025 Rpm. Selanjutnya beban 200 Watt, arus yang diperoleh sebesar 0,85 Ampere, tegangan yang diperoleh 216 Volt, frekuensi sebesar 43,7 Hz, besar $\cos \phi$ 1 dan daya yang diperoleh 185 Watt. Sedangkan pada kapasitor diperoleh data arus kapasitor satu sebesar 1,38 Ampere dan arus kapasitor dua sebesar 2,37 Ampere. Kecepatan pada generator saat beban 200 Watt 1904 Rpm.

Pengukuran selanjutnya yakni beban 300 Watt, arus yang diperoleh sebesar 1,18 Ampere, tegangan yang diperoleh 186 Volt, frekuensi sebesar 42,9 Hz, besar $\cos \phi$ 1 dan daya yang diperoleh 221 Watt. Sedangkan pada kapasitor diperoleh data arus kapasitor satu sebesar 1,04 Ampere dan arus kapasitor dua sebesar 2,27 Ampere. Kecepatan pada generator saat beban 300 Watt 1818 Rpm. Pada beban 400 Watt, arus

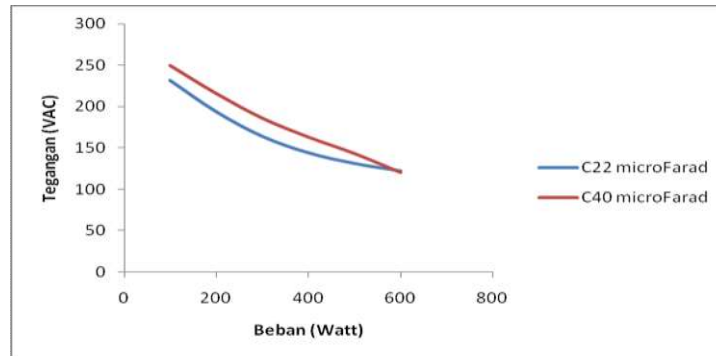
yang diperoleh sebesar 1,45 Ampere, tegangan yang diperoleh 163 Volt, frekuensi yang diperoleh 42,7 Hz, besar $\text{Cos } \varphi$ 1 dan daya yang diperoleh 239 Watt. Sedangkan pada kapasitor diperoleh data arus kapasitor satu sebesar 0,80 Ampere dan arus kapasitor dua sebesar 2,24 Ampere. Kecepatan pada generator saat beban 400 Watt 1774 Rpm. Pada beban 500 Watt, arus yang diperoleh sebesar 1,70 Ampere, tegangan yang diperoleh 143 Volt, besar $\text{Cos } \varphi$ 1, frekuensi sebesar 42,5 Hz dan daya yang diperoleh 245 Watt. Sedangkan pada kapasitor diperoleh data arus kapasitor satu sebesar 0,65 Ampere dan arus kapasitor dua sebesar 2,27 Ampere. Kecepatan pada generator saat beban 500 Watt 1768 Rpm.

Pengambilan yang terakhir pada beban 600 Watt dengan pengambilan yang sama pada sebelumnya. Arus yang diperoleh sebesar 1,91 Ampere, tegangan yang diperoleh 120 Volt, besar $\text{Cos } \varphi$ 1, frekuensi sebesar 42,3 Hz dan daya yang diperoleh 247 Watt. Sedangkan pada kapasitor diperoleh data arus kapasitor satu sebesar 0,55 Ampere dan arus kapasitor dua sebesar 2,34 Ampere. Kecepatan pada generator saat beban 600 Watt 1791 Rpm.

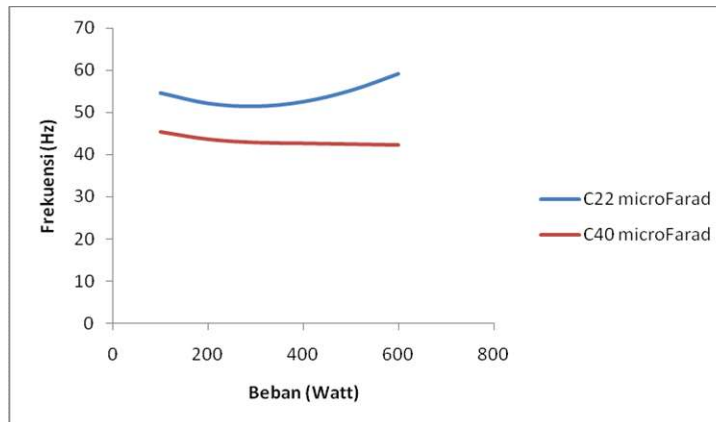
Pengujian dengan perbedaan besar kapasitor, semakin besar beban yang dipakai maka arus beban juga semakin besar. Pada arus kapasitor satu dan dua, semakin besar beban yang digunakan maka arus semakin turun. Pada setiap kenaikan arus beban akan menyebabkan nilai tegangan turun dan daya keluaran akan semakin besar.

4.6 Perbedaan Besar Kapasitor

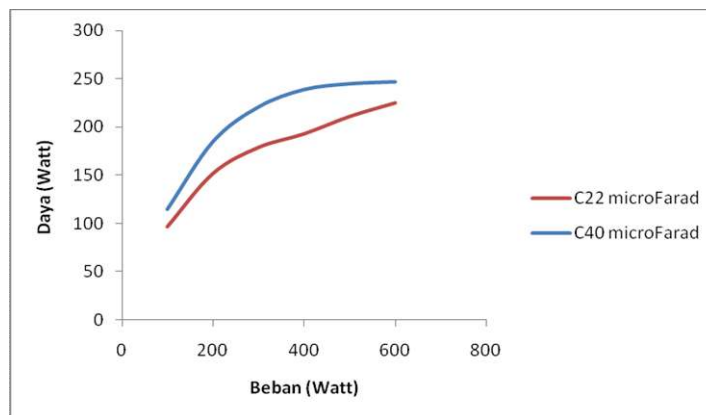
Perbedaan kapasitor antara 22 μF dan 40 μF dilihat dari hasil tegangan, frekuensi, daya dan efisiensi yang dihasilkan.



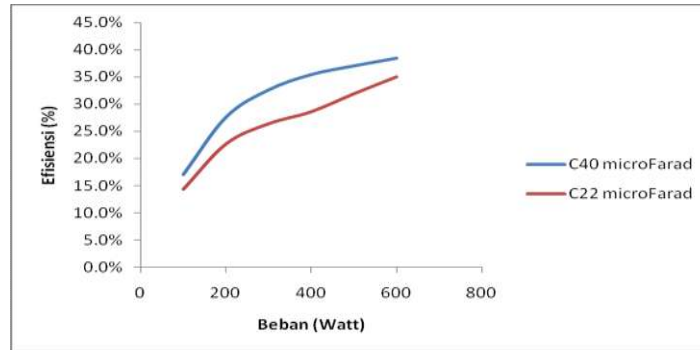
Gambar 4.4 Grafik perbedaan tegangan dari besar kapasitor yang berbeda



Gambar 4.5 Grafik perbedaan frekuensi dari besar kapasitor yang berbeda



Gambar 4.6 Grafik perbedaan daya dari besar kapasitor yang berbeda



Gambar 4.7 Grafik perbedaan efisiensi dari besar kapasitor yang berbeda

Pada grafik 4.4 dijelaskan perbedaan tegangan yang dihasilkan dengan besar kapasitor antara 22 μF dan 40 μF . Dapat dilihat pada grafik 4.4 semakin besar beban yang digunakan maka tegangan semakin kecil terlihat dari kedua pengujian kapasitor, akan tetapi tegangan lebih besar saat sistem menggunakan kapasitor sebesar 40 μF terlihat mulai beban 100 hingga 600 Watt. Pada grafik 4.5 dijelaskan perbedaan frekuensi antara kedua kapasitor. Berbeda dari hasil pengujian pada tegangan, frekuensi saat sistem menggunakan 40 μF lebih kecil dibandingkan menggunakan 22 μF . Dari pengujian frekuensi semakin besar beban yang digunakan maka frekuensi semakin besar, dapat dilihat saat sistem menggunakan kapasitor 22 μF dan saat menggunakan 40 μF semakin besar beban yang digunakan maka frekuensi semakin kecil.

Pada grafik 4.6 perbedaan daya yang dihasilkan dari kedua kapasitor. Semakin besar beban yang digunakan maka daya yang dihasilkan semakin besar terlihat dari kedua pengujian kapasitor, akan tetapi daya yang dihasilkan lebih besar saat sistem menggunakan kapasitor sebesar 40 μF terlihat mulai beban 100 hingga 600 Watt. Terakhir pada grafik 4.7 perbedaan efisiensi yang dihasilkan pada kedua

kapasitor. Efisiensi dari pengujian kedua kapasitor tidak berbeda jauh tiap beban yang dipakai.

4.7 Efisiensi Daya

Tabel 4.8 Efisiensi Daya yang Dihasilkan Generator

eban (Watt)	fisiensi Daya (%)
100	14,4 %
200	22,7 %
300	26,4 %
400	28,6 %
500	31,9 %
600	35,0 %

Efisiensi daya generator didapatkan dari hasil daya *output* pada beban dibagi dengan daya *input* generator yakni sebagai berikut :

$$\eta = \left(\frac{P_{out}}{P_{in}} \right) \times 100\%$$

Daya ouput dapat dilihat pada pada tabel 4.4 sedangkan daya input dapat dilihat pada tabel 4.2.

Pada tabel 4.8 dijelaskan perolehan hasil efisiensi daya yang dihasilkan pada generator, ketika generator tiga fasa digunakan untuk menyuplai beban satu fasa. Efisiensi daya terbesar pada beban 600 Watt yakni 35,0 %. Pada beban 100 Watt diperoleh efisiensi sebesar 14,4 %, pada beban 200 Watt efisiensi yang dihasilkan 22,7 %, pada beban 300 Watt 26,4 %, pada beban 400 Watt 28,6 %, pada beban 500 Watt sebesar 31,9 % dan terakhir pada beban 600 Watt efisiensi daya diperoleh 35,0 %.

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan dapat diambil beberapa kesimpulan, antara lain :

1. Mesin induksi tiga fasa dapat berfungsi sebagai generator satu fasa dengan penambahan dua buah kapasitor sebagai perbaikan faktor daya. Besar kapasitor masing-masing yaitu $22 \mu F$ 450 Vac.
2. Efisiensi daya yang dihasilkan semakin meningkat mulai dari beban 100 Watt hingga 600 Watt. Pada beban 100 Watt 14,4 %, beban 200 Watt 22,7%, beban 300 Watt 26,4%, beban 400 Watt 28,6%, beban 500 Watt 31,9 dan beban 600 Watt sebesar 35,0%. Mesin induksi mampu menyuplai hingga beban 600 Watt dengan efisiensi daya 35,0%.

5.2 Saran

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, untuk penelitian selanjutnya sebaiknya dilakukan :

1. Dari hasil pengujian tegangan yang dihasilkan tidak mengalami kestabilan tegangan. Diharapkan penelitian selanjutnya dilengkapi dengan pengontrol tegangan agar tegangan pada sistem konstan 220 Volt.
2. Penelitian selanjutnya diharapkan mampu menstabilkan frekuensi agar 50 Hz tiap pengujian beban berbeda.
3. Penelitian selanjutnya dapat mengimplementasikan pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro.

DAFTAR PUSTAKA

Academia Prinsip Kerja Generator www.academia.edu

Effendy, Machmud. 2009. *Rancang Bangun Motor Induksi Sebagai Generator (MISG) Pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro*. Malang. Universitas Muhammadiyah Malang

Evelina, Winna, “Analisis Karakteristik Pengaturan VAR Pada Generator Induksi Berpenguat Sendiri Dengan Menggunakan Kondensor” Univeristas Indonesia, Depok:2008

Farabi, M. Husni. 2015. *Sistem Kontrol Generator Induksi Dengan Beban Komplemen Berbasis PID Pada Pembangkit Listrik Mikrohidro*. Jember. Universitas Jember

Nugroho, Hunggul Y.S.H. & Sallata, M. Kudeng. 2015. *PLMTH (Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro)*. Yogyakarta. Penerbit Andi.

Rosa, M. Khairul Amri, MT, “Electric Machinery Fundamental (Stephen J. Chapman):2005

Suharno, Dedi Nono dan Yahya, Sofian, “Pengontrol Tegangan Generator Induksi Tiga Fasa Untuk Suplai Beban Satu Fasa” Politeknik Negeri Bandung, Bandung:2009

<https://udai08.blogspot.co.id/2011/01/pembangkit-listrik-tenaga-mikrohidro.html>

<http://elektro-unimal.blogspot.co.id/2013/05/konstruksi-motor-listrik-3-fasa.html>

LAMPIRAN

A. Perhitungan P_{in} Motor

$$\begin{aligned}P_{100} &= \sqrt{3} V . I . \text{Cos}\phi \\ &= \sqrt{3} \times 172 \times 7,6 \times 0,5 \\ &= 1132,06 \text{ Watt}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}P_{200} &= \sqrt{3} V . I . \text{Cos}\phi \\ &= \sqrt{3} \times 171,9 \times 7,6 \times 0,5 \\ &= 1131,41 \text{ Watt}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}P_{300} &= \sqrt{3} V . I . \text{Cos}\phi \\ &= \sqrt{3} \times 173,2 \times 7,6 \times 0,5 \\ &= 1139,96 \text{ Watt}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}P_{400} &= \sqrt{3} V . I . \text{Cos}\phi \\ &= \sqrt{3} \times 172,6 \times 7,6 \times 0,5 \\ &= 1136,01 \text{ Watt}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}P_{500} &= \sqrt{3} V . I . \text{Cos}\phi \\ &= \sqrt{3} \times 171,1 \times 7,6 \times 0,5 \\ &= 1111,32 \text{ Watt}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}P_{600} &= \sqrt{3} V . I . \text{Cos}\phi \\ &= \sqrt{3} \times 170 \times 7,5 \times 0,5 \\ &= 1104,18 \text{ Watt}\end{aligned}$$

B. Hubungan Kapasitor dengan Frekuensi

$$\begin{aligned}C &= \frac{T}{R} \\ &= \frac{0,018}{818} \\ &= 22 \mu F\end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T &= \frac{1}{f} \\ &= \frac{1}{54,6} \\ &= 0,018 \end{aligned}$$

C. Perhitungan Rugi-Rugi

$$\begin{aligned} \text{Rugi-Rugi} &= I^2 \cdot R \\ &= (7,6)^2 \times 8 \\ &= 462,08 \end{aligned}$$

D. Perhitungan P_{in} Generator

$$\begin{aligned} P_{in\ 100} &= P_{in\ motor} - \text{Rugi}^2 \\ &= 1132,06 - 462,08 \\ &= 669,98 \text{ Watt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{in\ 200} &= P_{in\ motor} - \text{Rugi}^2 \\ &= 1131,41 - 462,08 \\ &= 669,33 \text{ Watt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{in\ 300} &= P_{in\ motor} - \text{Rugi}^2 \\ &= 1139,96 - 462,08 \\ &= 677,88 \text{ Watt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{in\ 400} &= P_{in\ motor} - \text{Rugi}^2 \\ &= 1136,01 - 462,08 \\ &= 673,93 \text{ Watt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{in\ 500} &= P_{in\ motor} - \text{Rugi}^2 \\ &= 1111,32 - 462,08 \\ &= 661,32 \text{ Watt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{in\ 600} &= P_{in\ motor} - \text{Rugi}^2 \\ &= 1104,18 - 462,08 \end{aligned}$$

= 642,1 Watt

E. Perhitungan Efisiensi Daya

Generator DihubungDelta :

1. Beban 100

$$\begin{aligned}\eta &= \left\{ \frac{97}{669,98} \right\} \times 100 \% \\ &= 14,4 \%\end{aligned}$$

2. Beban 200

$$\begin{aligned}\eta &= \left\{ \frac{152}{669,33} \right\} \times 100 \% \\ &= 22,7 \%\end{aligned}$$

3. Beban 300

$$\begin{aligned}\eta &= \left\{ \frac{179}{677,88} \right\} \times 100 \% \\ &= 26,4 \%\end{aligned}$$

4. Beban 400

$$\begin{aligned}\eta &= \left\{ \frac{193}{673,93} \right\} \times 100 \% \\ &= 28,6 \%\end{aligned}$$

5. Beban 500

$$\begin{aligned}\eta &= \left\{ \frac{211}{661,32} \right\} \times 100 \% \\ &= 31,9 \%\end{aligned}$$

6. Beban 600

$$\begin{aligned}\eta &= \left\{ \frac{225}{642,1} \right\} \times 100 \% \\ &= 35,0 \%\end{aligned}$$

F. Perhitungan Frekuensi

1. Beban 100 Watt

$$ns = \frac{12 \cdot 0f}{p}$$

$$1663 = \frac{12 \cdot 0f}{4}$$

$$6652 = 120 \cdot f$$

$$f = 55,4 \text{ Hz}$$

2. Beban 200 Watt

$$ns = \frac{12 \cdot 0f}{p}$$

$$1589 = \frac{12 \cdot 0f}{4}$$

$$6356 = 120 \cdot f$$

$$f = 52,9 \text{ Hz}$$

3. Beban 300 Watt

$$ns = \frac{12 \cdot 0f}{p}$$

$$1577 = \frac{12 \cdot 0f}{4}$$

$$6308 = 120 \cdot f$$

$$f = 52,5 \text{ Hz}$$

4. Beban 400 Watt

$$ns = \frac{12 \cdot 0f}{p}$$

$$1699 = \frac{12 \cdot 0f}{4}$$

$$6796 = 120 \cdot f$$

$$f = 56,6 \text{ Hz}$$

5. Beban 500 Watt

$$n_s = \frac{120f}{p}$$

$$1678 = \frac{120f}{4}$$

$$6712 = 120.f$$

$$f = 55,9 \text{ Hz}$$

6. Beban 600 Watt

$$n_s = \frac{120f}{p}$$

$$1667 = \frac{120f}{4}$$

$$6668 = 120.f$$

$$f = 55,5 \text{ Hz}$$

G. Dokumentasi

1. Mesin Induksi 3 fasa



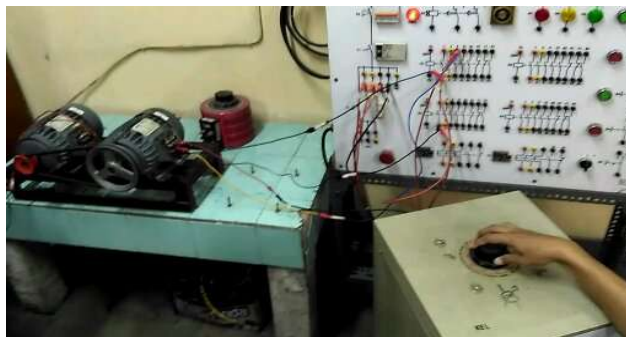
2. *Trainer*



3. Penempatan mesin Induksi



4. Pengujian awal



5. Pemasangan pada *Trainer*



6. Kapasitor



