

TUGAS AKHIR

ANALISA UNJUK KERJA PEMANFAATAN MOTOR INDUKSI SEBAGAI GENERATOR

*Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada Fakultas Teknik Program Studi Teknik Elektro
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh :

OKTIEN DWI CAHYO
1407220079



**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2018**

LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

**ANALISA UNJUK KERJA PEMANFAATAN MOTOR INDUKSI
SEBAGAI GENERATOR**

*Diajukan Guna Melengkapi Tugas – tugas dan Sebagai Persyaratan Untuk
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik (S.T) Program Studi Teknik Elektro
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

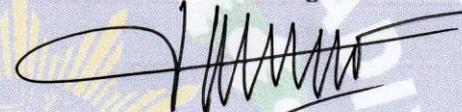
**Telah Diuji dan Disidangkan Pada Tanggal :
(15 Oktober 2018)**

Oleh :
Oktien Dwi Cahyo
1407220079

Pembimbing I


(Rohana ST.MT)

Pembimbing II


(Ir.Zulfikar,MT)

Penguji I


(Noorly Evalina ST.MT)

Penguji II


(Dr. Muhammad Fitra Zambak M.Sc)

**Diketahui dan Disahkan
Ketua Prodi Teknik Elektro**


(Faisal Irsan Pasaribu ST.MT)

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2018**

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama Lengkap : Oktien Dwi Cahyo
NPM : 1407220079
Tempat / Tgl Lahir : Kisaran / 24 Oktober 1995
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Elektro



Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan tugas akhir (skripsi) saya ini yang berjudul :

“ANALISA UNJUK KERJA PEMANFAATAN MOTOR INDUKSI SEBAGAI GENERATOR ”

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena berhubungan material maupun non material, ataupun segala kemungkinan lain yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis tugas akhir saya secara orisinil dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia di proses oleh tim fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas Akademik di Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, September 2018

Saya yang menyatakan



OKTIEN DWI CAHYO

1407220079

KATA PENGANTAR



Puji syukur kehadiran ALLAH SWT atas rahmat dan karunianya yang telah menjadikan kita sebagai manusia yang beriman dan insya ALLAH berguna bagi alam semesta. Shalawat berangkaikan salam kita panjatkan kepada junjungan kita Nabi besar Muhammad.SAW yan mana beliau adalah suri tauladan bagi kita semua yang telah membawa kita dari zaman kebodohan menuju zaman yang penuh dengan ilmu pengetahuan.

Tulisan ini dibuat sebagai tugas akhir untuk memenuhi syarat dalam meraih gelar kesarjanaan pada Fakultas Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Adapun judul tugas akhir ini adalah **“ANALISA UNJUK KERJA PEMANFAATAN MOTOR INDUKSI SEBAGAI GENERATOR”**.

Selesainya penulisan tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, oleh karena itu penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Allah SWT, karena atas berkah dan izin-Nya saya dapat menyelesaikan tugas akhir dan studi di Fakultas Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

2. Ayahanda (Legino) dan Ibunda (Sujiemi) tercinta, yang dengan cinta kasih & sayang setulus jiwa mengasuh, mendidik, dan membimbing dengan segenap ketulusan hati tanpa mengenal kata lelah sehingga penulis bisa seperti saat ini.
3. Bapak Dr. Agussani, MAP. selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
4. Bapak Munawar Alfansury S.T, M.T, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Dr. Ade Faisal M.Sc, P.hd selaku Wakil Dekan I Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Bapak Khairul Umurani S.T, M.T selaku Wakil Dekan III Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Bapak Faisal Irsan Pasaribu S.T, M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
8. Bapak Partaonan Harahap, S.T, M.T. selaku Sekretaris Prodi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
9. Ibunda Rohana ST, M.T. selaku Dosen Pembimbing I dikampus yang telah memberi ide-ide dan masukkan dalam menyelesaikan penulisan laporan tugas akhir ini.
10. Bapak Ir Zulfikar M.T selaku Dosen Pembimbing II dikampus yang selalu sabar membimbing dan memberikan pengarahan penulis dalam penelitian serta penulisan laporan tugas akhir ini.
11. Segenap Bapak & Ibu dosen di Fakultas Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

12. Sege nap kepada teman seperjuangan Fakultas Teknik yang tidak bisa penulis sebutkan satu per satu serta Keluarga Besar Teknik Elektro 2014 yang selalu memberikan semangat dan suasana kekeluargaan yang luar biasa. Salam Kompak.
13. Serta semua pihak yang telah mendukung dan tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa tulisan ini masih jauh dari kata sempurna, hal ini disebabkan keterbatasan kemampuan penulis, oleh karena itu penulis sangat mengharapkan kritik & saran yang membangun dari sege nap pihak.

Akhir kata penulis mengharapkan semoga tulisan ini dapat menambah dan memperkaya lembar khazanah pengetahuan bagi para pembaca sekalian dan khususnya bagi penulis sendiri. Sebelum dan sesudahnya penulis mengucapkan terima kasih.

Medan, 15 Oktober 2018

Penulis

OKTIEN DWI CAHYO

1407220079

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GRAFIK	ix
ABSTRAK	x
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	2
1.5 Metode Penelitian.....	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Tinjauan Pustaka Relevan	6
2.2 Generator AC 1 Fasa	9
2.2.1 Konstruksi generator AC	10
2.2.2 Prinsip kerja generator AC	12
2.3 Motor induksi 1 Fasa.....	14

2.3.1	Konstruksi Motor Induksi 1 Fasa	15
2.3.2	Prinsip Kerja Motor Induksi 1 Fasa.....	17
2.3.3.	Motor Induksi 1 Fasa Rotor Sangkar	20
2.4	Motor Induksi Satu Fasa Sebagai Generator	23
2.4.1	Penggerak Mula	24
2.4.2	Transmisi Sabuk Dengan Puli.....	24
2.4.3	Pengaruh Kapasitor	26
2.5	Proses Menjadi Generator Induksi	27
2.5.1	Unjuk Kerja Generator Induksi.....	28
2.6	Efisiensi Generator Induksi	28
BAB III METODE PENELITIAN		31
3.1	Tempat dan Waktu Pelaksanaan.....	31
3.2	Model Rangkaian	31
3.3	Rancangan Mekanik Generator Induksi	32
3.4	Rancangan Sistem Motor Menjadi Generator Induksi	34
3.4.1	Menghitung Kecepatan Putar Motor Induksi.....	34
3.4.2	Pengujian Kecepatan Mula-Mula Motor Induksi	35
3.4.3	Perancangan Puli Generator Induksi.....	36
3.4.4	Pengujian Perbandingan Puli-Puli	37
3.4.5	Pengujian Tanpa Beban	40
3.4.6	Pengujian Dengan Beban.....	43

3.4.7 Slip Generator Induksi	49
3.5 Bentuk Fisik Alat.....	49
3.6 Flowchart Penelitian.....	52
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	53
4.1 Daya Keluaran Optimal dan Daya Generator Induksi.....	53
4.1.2 Regulasi Tegangan dan Penyedia Daya Reaktif.....	55
4.1.3 Efisiensi Sistem Generator Induksi.....	57
BAB V PENUTUP.....	1
5.1 Kesimpulan.....	1
5.2 Saran.....	1
DAFTAR PUSTAKA	3
LAMPIRAN.....	4

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Generator AC 1 fasa.....	10
Gambar 2.2 Konstruksi generator AC 1 fasa	10
Gambar 2.3 Pembangkit tegangan induksi.....	12
Gambar 2.4 Motor induksi 1 fasa.....	15
Gambar 2.5 konstruksi motor induksi 1 fasa	16
Gambar 2.6 Rotor sangkar tupai.	21
Gambar 2.7 Motor pompa air.....	22
Gambar 2.8 Rangkaian motor pompa air	22
Gambar 2.9 Transmisi sabuk dengan puli.....	25
Gambar 2.10 Lilitan sebelum dirubah menjadi generator.....	28
Gambar 2.11 Lilitan sesudah dirubah menjadi generator.....	28
Gambar 3.1 Model rangkaian.....	32
Gambar 3.2 Rancangan mekanik generator	33
Gambar 3.3 Beban generator induksi.....	33
Gambar 3.4 Bentuk fisik	50
Gambar 3.5 Beban generator induksi.....	51
Gambar 3.6 Diagram alir.....	52

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Hasil pengujian dengan perbandingan puli-puli	38
Tabel 3.2 hasil pengujian tanpa beban	41
Tabel 3. 3 Hasil pengujian dengan kapasitor 2 μ f.....	43
Tabel 3.4 Hasil pengujian dengan kapasitor 4 μ F.....	45
Tabel 3.5 Hasil pengujian dengan kapasitor 6 μ F.....	47
Tabel 4.1 Tegangan keluaran pada masing-masing kapasitor.	55
Tabel 4.2 Regulasi tegangan	56

DAFTAR GRAFIK

Grafik 3.1 Pengaruh kapasitor terhadap kecepatan motor dan generator	41
Grafik 3.2 Perubahan tegangan dan frekuensi terhadap kecepatan generator	42
Grafik 3.3 Perubahan tegangan arus dan frekuensi terhadap beban pada.....	44
Grafik 3.4 Perubahan tegangan, arus dan frekuensi terhadap beban pada.....	46
Grafik 3. 5 Perubahan tegangan, arus dan frekuensi terhadap beban pada.....	48
Grafik 4.1 Hubungan daya terhadap tegangan keluaran.	57

ABSTRAK

Pemanfaatan motor induksi sebagai generator dapat kita temui di setiap rumah tangga, dan industri terdapat suatu mesin listrik yang dapat beroperasi sebagai generator baik satu fasa dan tiga fasa. Namun mesin listrik ini tidak diberi label tetapi dapat berfungsi sebagai generator. Mesin ini dikenal dengan sebutan motor induksi dan terdapat pada pompa air, mesin cuci, mesin pengering, blower dan mesin- mesin listrik. Dengan memanfaatkan motor induksi yang telah rusak dirubah menjadi generator dengan cara merubah bentuk lilitan menjadi lilitan spul, dan penambahan magnet permanen didalam rotor maka akan menghasilkan energi listrik ketika rotor berputar. Pada penelitian ini penulis menggunakan motor induksi sebagai penggerak mula, dan menggunakan sabuk dan puli-puli sebagai penghubung antara penggerak mula dan generator. Dan penulis menggunakan puli 3 inchi pada penggerak mula dan puli 2 inchi dipasang pada generator. Hal tersebut agar putaran generator lebih besar dari kecepatan putaran penggerak mula. Maka semakin cepat putaran generator maka semakin besar pula tegangan yang dihasilkan. Dan generator dapat menghasilkan tegangan keluaran dan dapat mencatu daya optimal sebesar 75 watt. Dan menghasilkan efisiensi generator sebesar 91% tanpa kapasitor dan dengan kapasitor sebesar 93%, 97% dan 98% . Maka generator dapat menghidupkan lampu secara maksimal sebesar 75 watt.

Kata kunci : Motor induksi, generator induksi, sabuk penghubung, puli-puli,efisiensi.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Hampir disetiap rumah tangga dan industri terdapat suatu mesin listrik yang dapat beroperasi sebagai generator baik satu phasa dan tiga phasa. Namun mesin listrik ini tidak diberi label tetapi dapat berfungsi sebagai generator. Mesin ini dikenal dengan sebutan motor induksi dan terdapat pada pompa air, mesin cuci, mesin pengering, blower dan mesin- mesin lain sebagainya.

Bila slip dibuat negatif atau dengan kata lain kecepatan berputar rotor dibuat lebih besar dari kecepatan sinkron maka mesin akan berfungsi sebagai generator dan tegangan output akan dikembalikan di jala-jala. Kerja mesin ini disebut pengereman regeneratif. Dengan demikian bila mesin digerakan oleh suatu penggerak mula diatas putaran sinkronnya maka mesin akan bertindak sebagai sebuah generator.

Disamping banyak dan murah mesin ini juga bila digunakan sebagai generator akan menghasilkan tegangan yang murni dan karena tidak menggunakan slip ring dan sikat arang, dan tegangan yang dihasilkan tidak menimbulkan gangguan RFI (*radio frequency interference*).

Untuk dapat berfungsi sebagai generator, disamping slip dibuat negatif atau dengan kata lain kecepatan putar rotor dibuat lebih besar dari kecepatan medan putar juga dibutuhkan tegangan kapasitif yang akan menginduksi arus serta penambahan magnet di rotor dan merubah lilitan pada motor induksi.

Untuk menghasilkan generator induksi pada motor dan mendapat unjuk kerja dari pemanfaatan motor induksi sebagai generator induksi, yang dapat ditinjau dari kecepatan putaran generator, besar beban, dan frekuensi yang dihasilkan serta dengan melihat berapa daya optimal dan faktor daya generator induksi, regulasi tegangan dan penyedia daya reaktif, dan efisiensi sistem generator induksi.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana daya keluaran optimal dan besar daya generator induksi.
2. Bagaimana regulasi tegangan dan penyedia daya reaktif.
3. Bagaimana efisiensi yang didapat pada sistem generator induksi.

1.3 Batasan Masalah

1. Menggunakan motor pompa air sebagai penggerak utama.
2. Menggunakan motor pompa air sebagai generator induksi.
3. Menggunakan sabuk dari karet sebagai penghubung antara penggerak utama dan generator induksi.
4. Menggunakan puli-puli dari besi sebagai tempat pengait sabuk.
5. Menggunakan lampu pijar sebagai beban.
6. Papan sebagai dudukan generator dan penggerak mula serta beban.

1.4 Tujuan Penelitian

1. Menganalisa daya keluaran optimal dan besar daya generator induksi.
2. Menganalisa regulasi tegangan dan penyedia daya reaktif.
3. Menganalisa efisiensi sistem generator induksi.

1.5 Metode Penelitian

Metode yang digunakan selama melakukan penelitian dan penulisan laporan adalah :

1. Metode literatur

Penulis membaca buku, jurnal dan bahan-bahan yang lain berkaitan dengan analisa generator menggunakan motor induksi.

2. Metode Analisis

Metode analisis dilakukan penulis untuk mempelajari objek dengan metode pengolahan data dan pengauditan yang akan dilakukan pada saat penelitian analisa generator menggunakan motor induksi, sehingga penulis mendapatkan informasi yang tepat tentang hasil penelitian tersebut.

3. Metode Observasi

Observasi dilaksanakan dengan cara melakukan kegiatan penelitian dan menggunakan studi analisis sebagai penunjang yang digunakan pada penelitian.

4. Metode Konsultasi

Metode ini mengadakan konsultasi dengan dosen pembimbing dan teman-teman yang berhubungan dengan permasalahan yang dibahas untuk menghasilkan pemikiran yang pas dalam permasalahan yang akan terjadi.

5. Metode Evaluasi

Metode ini melakukan peninjauan dari hasil alat yang dibuat untuk jalannya penelitian dan memperbaiki kesalahan yang mungkin terjadi.

6. Menyusun Laporan Skripsi

7. Penyusunan laporan ini dilakukan untuk memberikan penjelasan dengan analisa yang telah dilakukan dan juga sebagai dokumentasi dari tugas akhir.

1.6 Sistematika Penulisan

Tugas akhir ini terdiri dari 5 bab dimana sistematika penulisan yang diterapkan dalam tugas akhir ini menggunakan urutan sebagai berikut:

Bab I : Pendahuluan

Pada bab ini berisikan tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, metodologi penelitian dan sistematika penulisan.

Bab II : Tinjauan Pustaka

Pada bab ini berisi tentang pembahasan mengenai *generator* sebagai alat penelitian untuk tugas akhir.

Bab III : Metode Penelitian

Pada bab ini menerangkan tentang lokasi penelitian, alat dan bahan penelitian, data penelitian, jalannya penelitian, diagram alir, serta jadwal kegiatan dan hal-hal lain yang berhubungan dengan proses penyusunan tugas akhir.

Bab IV : Analisis dan Pengujian

Pada bab ini berisikan hasil dari analisa analisa generator menggunakan motor induksi.

Bab V : Penutup

Pada bab ini berisikan tentang kesimpulan dan saran dari penulisan tugas akhir.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka Relevan

Berikut ini beberapa penelitian yang dilakukan oleh peneliti-peneliti terdahulu untuk mendukung penelitian penulis dalam melakukan analisa pada sistem kerja pengasut manual terhadap perubahan beban dan faktor daya untuk pembagian beban antara lain :

Generator induksi adalah generarator yang memiliki prinsip dan konstruksinya sama dengan motor induksi yang sudah umum digunakan, hanya saja dibutuhkan prime mover sehingga putaran rotor lebih besar daripada putaran stator ($n_r > n_s$) untuk membangkitkan tegangan. Generator induksi lebih banyak digunakan pada daerah terpencil yang belum terjangkau listrik. Umumnya generator induksi digunakan untuk membangkitkan energi listrik berdaya kecil seperti pada pembangkit listrik tenaga angin dan mikrohidro. Dalam pengoperasian generator induksi memiliki masalah pada tegangan keluaran generator yang tidak konstan. Oleh sebab itu diperlukan adanya sebuah sistem kontrol untuk mengatur tegangan keluaran generator induksi. Dengan menggunakan pengontrolan, tegangan yang dihasilkan oleh generator induksi berpenguatan sendiri menjadi lebih halus tanpa adanya *ripple* dan lebih stabil (Suhendri : 2016)[1].

Generator sinkron (alternator) merupakan mesin listrik yang merubah energi mekanis menjadi energi listrik melalui proses induksi elektomagnetik. Jika generator sinkron dibebani maka akan memberikan sifat yang berbeda sesuai

dengan jenis beban yang dipikulnya. Sehingga dalam pembebanan ini akan menentukan nilai faktor daya pada generator tersebut. Faktor daya mempunyai pengertian sebagai besaran yang menunjukkan seberapa efisien mesin yang dimiliki dalam menyalurkan daya yang bisa dimanfaatkan. Oleh sebab itu, dengan diaturnya arus eksitasi pada generator yang bekerja paralel maka akan mengatur daya reaktif yang dibutuhkan pada generator tersebut sehingga dapat menentukan perubahan faktor daya pada masing-masing generator. Dalam penelitian ini dilakukan pengaturan arus eksitasi pada masing-masing generator 'spesifik terbatas' (Amien : 2014)[2].

Analisis pengaturan tegangan pada generator sinkron fasa-fasa akibat pembebanan yang tidak seimbang. Pada penelitian yang dilakukan khatimah, dengan asumsi bahwa beda sudut fasa dari fasor-fasor arus fasa (I_{ph}) adalah seimbang sementara besar atau magnitudenya tidak seimbang maka diperoleh bahwa perubahan pengaturan tegangan (ΔV_R) akan mengikuti pola perubahan arus fasa (ΔI_{ph}) pada beban seimbang. Hasil penelitian menunjukkan pula bahwa pada beban tidak seimbang, maka perubahan faktor ketidak-seimbangan (ΔU_F) mengikuti pola perubahan arus dalam salah satu fasa, sementara perubahan pengaturan tegangan mengikuti pola perubahan arus fasa yang bersangkutan. Menurut Terimananda, Hariyanto, dan Syahrial menyatakan bahwa Perubahan suatu beban akan mempengaruhi tegangan keluaran generator. Apabila beban naik maka tegangan keluaran generator turun dan apabila beban turun maka tegangan keluaran generator naik. Supaya tegangan keluaran generator tetap diperlukan suatu pengaturan tegangan keluaran generator. Pengaturan tegangan keluaran generator dilakukan dengan mengatur arus eksitasi generator. Sistem

pengaturan arus eksitasi generator memakai *Automatic Voltage Regulator* (AVR). Tegangan keluaran disearahkan oleh semikonverter, kemudian dimasukkan ke kumparan medan AC-Exciter dan tegangan keluaran dari AC-Exciter disearahkan oleh diode penyearah dan diberikan ke kumparan medan generator utama (Terimananda, Hariyanto, dan Syahrizal ; 2015)[3].

Eksitasi adalah bagian dari sistem dari generator yang berfungsi membentuk/menghasilkan fluksi yang berubah terhadap waktu, sehingga dihasilkan gaya gerak listrik (GGL) induksi. Pengaruh perubahan eksitasi terhadap daya reaktif generator pada unit pembangkitan berkaitan dengan operasi pamparalelan generator sinkron dengan sistem daya, perubahan beban, dan perubahan tegangan. Tegangan cenderung konstan agar sinkronisasi terjaga dengan sistem (Imron : 2013)[4].

Motor induksi merupakan salah satu motor listrik arus bolak-balik yang luas penggunaannya baik di industri maupun rumah tangga. Penggunaannya yang utama adalah sebagai prime mover pada alat-alat rumah tangga atau peralatan produksi di industri. Bilamana slip dibuat negatif atau dengan kata lain kecepatan putar rotor (n_r) lebih besar dari pada kecepatan medan putar (n_s) maka motor akan berfungsi sebagai generator. Penggunaan motor induksi sebagai generator memiliki beberapa keunggulan yaitu ; menghasilkan tegangan sinewave yang murni , karena tidak menggunakan sikat arang maka tidak menghasilkan gangguan RFI (radio frequency interference). Agar dapat berfungsi sebagai generator dibutuhkan tegangan kapasitip yang akan menghasilkan arus induksi pada rotor intuk keperluan exitasi. Arus kapasitip disediakan oleh kapasitor tambahan yang dipasang paralel dengan output generator. Penelitian ini bertujuan

untuk menentukan parameter-parameter yang dibutuhkan dalam mengoperasikan suatu motor induksi sebagai generator arus bolak-balik yang meliputi : daya generator, daya dan rpm prime muver, kapasitas dan konfigurasi kondensator, kapasitas beban serta bagaimana karakteristik generator tersebut (Ferdinand sekeroney : 2009)[5].

2.2 Generator AC 1 Fasa

Generator adalah mesin pembangkit tenaga listrik dengan masukan tenaga mekanik, jadi generator berfungsi untuk mengubah tenaga mekanik menjadi tenaga listrik. Generator AC termasuk mesin serempah (mesin sinkron) dan sering disebut juga sebagai alternator, generator *alternating current* (AC), atau generator sinkron. Dikatakan generator sinkron karena jumlah putaran rotornya sama dengan jumlah putaran medan magnet pada stator. Kecepatan sinkron dihasilkan dari kecepatan putaran rotor dengan kutub kutub magnet yang berputar pada kecepatan yang sama dengan medan putar motor stator. Listrik yang dihasilkan adalah listrik arus bolak-balik. Prinsip yang digunakan adalah percobaan faraday, yang mengatakan bahwa suatu penghantar yang berada pada sejumlah garis gaya magnet yang berubah-ubah, penghantar tersebut akan menghasilkan gaya gerak listrik (GGL) induksi[6].

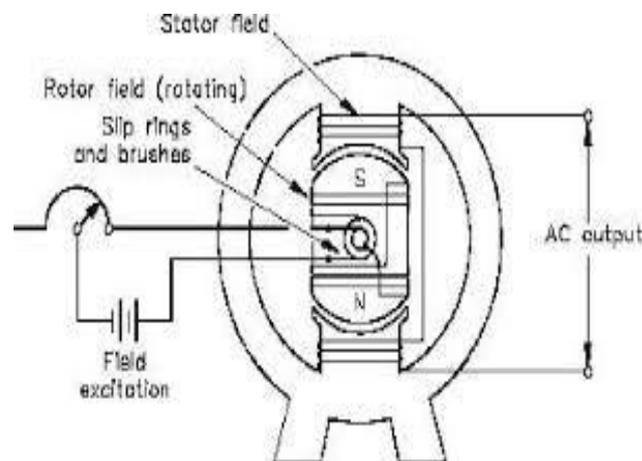


Gambar 2.1 Generator AC 1 fasa

Sumber : (www.Insinyoer.com)

2.2.1 Konstruksi generator AC

Generator AC pada umumnya dibuat sedemikian rupa agar lilitan tempat terjadinya GGL induksi tidak bergerak, sedangkan kutub-kutub yang terdapat pada generator AC akan menimbulkan medan magnet yang berputar. Konstruksi generator AC dapat dilihat pada gambar 2.2



Gambar 2.2 Konstruksi generator AC 1 fasa

Sumber: (Sprithwin.blogspot.com)

Bagian utama dari generator Ac adalah stator dan rotor. Pada stator terdapat inti stator dan lilitan stator, sedangkan pada rotor terdapat kutub-kutub, lilitan

penguat, slip ring, dan sumbu (as). Penjelasan dari bagian-bagian generator AC sebagai berikut:

a. Rangka stator

Rangka stator terbuat dari besi tuang. Rangka stator merupakan rumah dari bagian-bagian generator yang lain.

b. Stator

Stator adalah bagian yang tidak berputar (diam). Bagian ini tersusun dari plat stator yang mempunyai alur-alur sebagai tempat terjadinya GGL induksi.

c. Rotor

Rotor merupakan bagian yang berputar. Pada rotor terdapat kutub-kutub magnet dengan lilitan yang menghasilkan medan magnet dan menginduksikan ke stator melalui celah udara.

d. Slip ring

Slip ring terbuat dari bahan kuningan atau tembaga yang terpasang pada poros dengan memakai bahan isolasi. Slip ring ini berputar bersama-sama dengan poros dan rotor. Jumlah slip ring ada dua buah yang masing-masing dapat menggeser sikat arang yang merupakan sikat positif dan sikat negatif, sikat arang berguna untuk mengalirkan arus penguat magnet kelilitan magnet pada rotor.

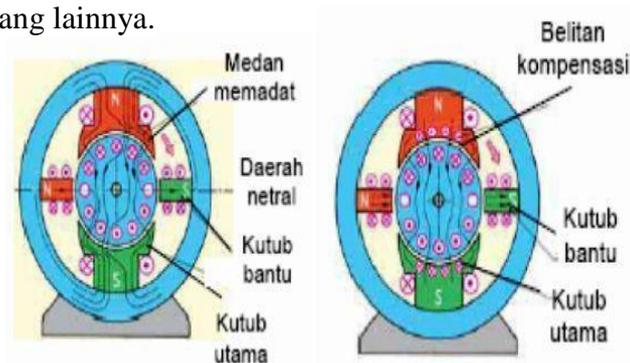
e. Generator penguat

Generator penguat adalah suatu generator arus searah yang dipakai sebagai sumber arus. Generator arus searah ini biasanya dikopel terhadap mesin pemutarnya bersama generator utama.

2.2.2 Prinsip kerja generator AC

Arus listrik AC (*Alternating Current*) merupakan arus listrik yang arahnya bolak-balik pada sebuah rangkaian listrik. Jika pada rangkaian listrik DC arus listrik mengalir dari kutub positif ke kutub negatif, lain halnya dengan rangkaian listrik AC dimana arus listrik bergerak secara periodik berbolak-balik arah dari kutub satu ke yang lainnya.

Arus listrik AC (*Alternating Current*) merupakan arus listrik yang arahnya bolak-balik pada sebuah rangkaian listrik. Jika pada rangkaian listrik DC arus listrik mengalir dari kutub positif ke kutub negatif, lain halnya dengan rangkaian listrik AC dimana arus listrik bergerak secara periodik berbolak-balik arah dari kutub satu ke yang lainnya.



Gambar 2.3 Pembangkit tegangan induksi

Sumber : (<https://blogs.itb.ac.id>).

Sebelum lebih dalam membahas generator AC, ada baiknya kita mengenal hukum Faraday mengenai induksi elektromagnetik sebagai fenomena dasar yang

diterapkan pada generator. Hukum Faraday menyebutkan jika terjadi perubahan garis gaya magnet pada sebuah kumparan kawat, maka akan timbul gaya gerak listrik (GGL) pada kawat tersebut. Jika kumparan kawat dihubungkan dengan rangkaian listrik tertutup, maka akan timbul pula arus listrik yang mengalir pada rangkaian.

Memahami hukum Faraday, kita tidak dapat lepas dengan kaidah tangan kanan yang diperkenalkan oleh John Ambrose Fleming. Kaidah tangan kanan Fleming adalah sebuah metode mnemonik untuk memudahkan kita menentukan arah vektor dari ketiga komponen hukum Faraday, yakni arah gaya gerak kumparan kawat, arah medan magnet, serta arah arus listrik. Jika Anda menirukan posisi jari tangan kanan Anda seperti pada gambar di atas, maka ibu jari akan menunjukkan arah gaya (torsi), jari telunjuk menunjukkan arah medan magnet, dan jari tengah menunjukkan arah arus listrik.

Kembali pada skema komponen-komponen generator AC di atas, rotor generator diskemakan dengan sebuah kawat angker penghantar listrik (*armature*) yang membentuk persegi panjang. Masing-masing ujung kawat angker terhubung dengan cincin logam yang biasa kita kenal dengan sebutan *slip ring*. *Slip ring* ini termasuk bagian dari rotor, sehingga ia ikut berputar dengan rotor. Komponen *slip ring* inilah yang membedakan antara generator AC dengan DC. Jika pada generator DC digunakan cincin belah sebagai penyearah arus, pada generator AC *slip ring* berbentuk lingkaran penuh dan terhubung dengan masing-masing ujung *armature*.

Untuk sisi stator generator tersusun atas dua magnet dengan kutub berbeda yang saling berhadapan. Pada bagian yang kontak langsung dengan *slip ring*,

stator dilengkapi dengan sikat karbon yang berfungsi untuk menghubungkan arus listrik yang dibangkitkan pada kawat angker ke rangkaian listrik di luar generator.

2.3 Motor induksi 1 Fasa

Motor dalam dunia kelistrikan ialah mesin yang digunakan untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Salah satu motor listrik yang umum digunakan dalam banyak aplikasi ialah motor induksi. Motor induksi merupakan salah satu mesin asinkronous (asynchronous motor) karena mesin ini beroperasi pada kecepatan dibawah kecepatan sinkron. Kecepatan sinkron sendiri ialah kecepatan rotasi medan magnetik pada mesin. Kecepatan sinkron ini dipengaruhi oleh frekuensi mesin dan banyaknya kutub pada mesin. Motor induksi selalu berputar dibawah kecepatan sinkron karena medan magnet yang dibangkitkan stator akan menghasilkan fluks pada rotor sehingga rotor tersebut dapat berputar. Namun fluks yang terbangkitkan oleh rotor mengalami lagging dibandingkan fluks yang terbangkitkan pada stator sehingga kecepatan rotor tidak akan secepat kecepatan putaran medan magnet. Berdasarkan suplai input yang digunakan, motor induksi dibagi menjadi dua jenis, yaitu motor: induksi 1 fasa dan motor induksi 3 fasa. prinsip kerjanya sendiri kedua jenis motor induksi tersebut memiliki prinsip kerja yang sama. Yang membedakan dari kedua motor induksi ini ialah motor induksi 1 fasa tidak dapat berputar tanpa bantuan gaya dari luar sedangkan motor induksi 3 fasa dapat berputar sendiri tanpa bantuan gaya dari luar[7].

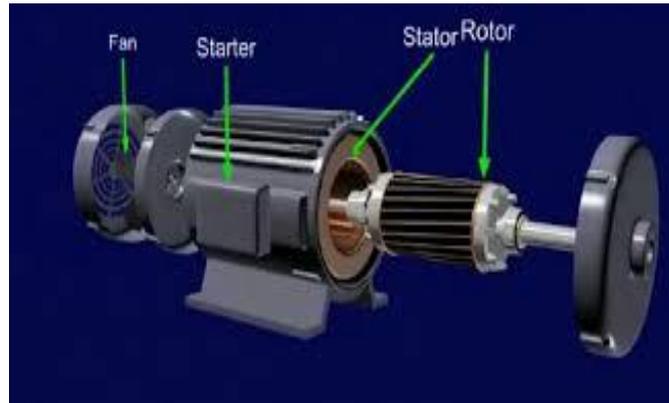


Gambar 2.4 Motor induksi 1 fasa

Sumber : ([https://id. Aliexpress.com](https://id.aliexpress.com))

2.3.1 Konstruksi Motor Induksi 1 Fasa

Secara umum motor induksi terdiri dari rotor dan stator. Rotor merupakan bagian yang bergerak, sedang stator yang diam. Di antara stator dengan rotor ada celah udara yang jaraknya sangat kecil. Celah udara antara stator dan rotor akan dilewati *fluks* induksi stator yang memotong kumparan rotor, sehingga menyebabkan rotor berputar. Celah udara yang terdapat antara stator dan rotor diatur sedemikian rupa sehingga didapatkan hasil kerja motor yang optimum. Jika celah udara antara stator dan rotor terlalu besar, maka akan mengakibatkan efisiensi motor induksi rendah, sebaliknya jika jarak antara celah stator dan rotor kecil/sempit, maka akan menimbulkan kesukaran mekanis pada mesin. Konstruksi motor induksi dapat dilihat pada gambar 2.5



Gambar 2.5 konstruksi motor induksi 1 fasa

Sumber : (www.vedcmalang.com)

Komponen stator adalah bagian terluar dari motor yang merupakan bagian yang diam dan mengalirkan arus fasa. Stator terdiri dari susunan laminasi inti yang memiliki alur (slot) yang menjadi tempat kedudukan kumparan yang dililitkan dalam berbentuk slindirs.

Motor induksi memiliki dua komponen yang utama, kedua komponen tersebut adalah:

a. Stator

bagian yang tidak berputar (diam). Bagian ini tersusun dari plat stator yang mempunyai alur-alur sebagai tempat terjadinya GGL induksi.dan terdiri dari belitan-belitan stator.

b. Rotor

Rotor merupakan bagian yang berputar. Pada rotor terdapat kutub-kutub magnet dengan lilitan yang menghasilkan medan magnet dan menginduksikan ke stator melalui celah udara.dan terdiri dari belitan-belitan penguat,inti magnet, dan slip/ring singkat.

Stator dihubungkan ke catu tegangan AC. Rotor tidak dihubungkan secara listrik ke pencatu tetapi mempunyai arus yang menginduksikan kedalamnya oleh kerja transformator. Oleh sebab itu, stator kadang-kadang dianggap sebagai primer dan rotor sebagai sekunder motor.

2.3.2 Prinsip Kerja Motor Induksi 1 Fasa

Motor induksi bekerja berdasarkan induksi elektromagnetik dari kumparan stator ke kumparan rotor.

Garis-garis gaya fluks yang diinduksikan dari kumparan stator akan memotong kumparan rotornya sehingga timbul GGL (gaya gerak listrik/tegangan induksi) dan arena penghantar rotor merupakan rangkaian yang tertutup, maka akan mengalir arus pada kumparan rotor. Penghantar(kumparan) rotor yang dialiri arus ini berada dalam garis gaya fluks yang berasal dari kumparan stator sehingga kumparan rotor akan mengalami gaya Lorentz yang menimbulkan torsi yang cenderung menggerakkan rotor sesuai arah medan induksi stator. Pada rangka stator terdapat kumparan stator yang ditempatkan pada slot-slotnya yang dililitkan pada sejumlah kutub tertentu. Jumlah kutub ini menentukan kecepatan berputarnya medan stator yang terjadi yang diinduksikan pada rotornya. Makin besar jumlah kutub akan mengakibatkan makin kecil kecepatan putar medan stator dan sebaliknya. Kecepatan putar medan putar ini disebut kecepatan sinkron.

Apabila kumparan-kumparan motor induksi satu fasa dialiri arus bolak-balik satu fasa, maka pada celah udara akan dibangkitkan medan yang berputar dengan kecepatan putaran sebesar dengan menggunakan rumus :

$$n_s = \frac{120f}{p} \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana :

n_s = Kecepatan

f = Frekuensi

p = Jumlah Kutub

Medan magnet berputar bergerak memotong lilitan rotor sehingga menginduksikan tegangan listrik pada kumparan-kumparan tersebut. Biasanya lilitan rotor berada dalam hubung singkat. Akibatnya lilitan rotor akan mengalir arus listrik yang besarnya tergantung pada besarnya tegangan induksi dan impedansi rotor. Arus listrik yang mengalir pada rotor akan mengakibatkan medan magnet rotor dengan kecepatan sama dengan kecepatan medan putar stator (n_s). Perbedaan antara kecepatan putaran rotor pada motor induksi disebut slip. Slip dinyatakan dengan persamaan:

$$S = \frac{n_s - n_r}{n_s} \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana :

S = slip

n_s = kecepatan sinkron

n_r = kecepatan rotor

Adanya perbedaan medan putar stator dan medan putar rotor atau yang disebut slip pada motor induksi satu fasa pada rumus sebagai berikut :

$$s = \frac{n_s - n_r}{n_s} \times 100\% \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana :

S = slip

n_s = kecepatan sinkron

n_r = kecepatan rotor

Misalkan kita memiliki sebuah motor induksi 1 fasa dimana motor ini disuplai oleh sebuah sumber AC 1 fasa. Ketika sumber AC diberikan pada stator winding dari motor, maka arus dapat mengalir pada stator winding. Fluks yang dihasilkan oleh sumber AC pada stator winding tersebut disebut sebagai fluks utama. Karena munculnya fluks utama ini maka fluks medan magnet dapat dihasilkan oleh stator.

Misalkan lagi rotor dari motor tersebut sudah diputar sedikit. Karena rotor berputar maka dapat dikatakan bahwa konduktor pada rotor akan bergerak melewati stator winding. Karena konduktor pada rotor bergerak relatif terhadap fluks pada stator winding, akibatnya muncul tegangan ggl (gaya gerak listrik) pada konduktor rotor sesuai dengan hukum faraday. Anggap lagi motor terhubung dengan beban yang akan dioperasikan. Karena motor terhubung dengan beban maka arus dapat mengalir pada kumparan rotor akibat adanya tegangan ggl pada rotor dan terhubungnya rotor dengan beban. Arus yang mengalir pada rotor ini disebut arus rotor. Arus rotor ini juga menghasilkan fluks yang dinamakan fluks rotor. Interaksi antara kedua fluks inilah yang menyebabkan rotor didalam motor dapat berputar sendiri. Perlu diingat bahwa pada kondisi awal diasumsikan rotor sudah diberi gaya luar untuk menggerakkan konduktor pada rotor, karena jika

tidak maka rotor akan diam terhadap fluks pada kumparan stator sehingga tidak terjadi tegangan ggl pada kumparan rotor, sesuai dengan hukum faraday.

Sebelumnya telah dibahas mengenai adanya arus stator yang mengakibatkan munculnya arus pada rotor karena hukum faraday. Masing-masing arus menghasilkan fluks yang mempengaruhi rotor. Bagaimana fluks tersebut mempengaruhi kecepatan putaran rotor akan dibahas pada paragraf ini. Arus stator akan menghasilkan fluks utama, sedangkan arus pada rotor menghasilkan fluks pada rotor. Masing-masing fluks ini akan mempengaruhi arah putaran rotor, hanya saja arah keduanya berlawanan. Sesuai hukum lorentz, apabila kita memiliki sebuah kabel yang dialiri arus dan terdapat fluks medan magnet disekitar kabel tersebut maka akan terjadi gaya pada kabel tersebut. Karena besarnya fluks pada stator dan rotor relatif sama maka gaya yang dihasilkan juga sama. Namun karena arah gaya yang berbeda mengakibatkan rotor tidak berputar akibat kedua gaya yang saling menghilangkan. Hal ini juga yang mengakibatkan motor induksi perlu diputar sedikit, agar salah satu gaya yang dihasilkan oleh fluks lebih besar daripada yang lainnya sehingga rotor dapat berputar.

2.3.3. Motor Induksi 1 Fasa Rotor Sangkar

Motor induksi rotor sangkar mempunyai rotor dengan kumparan yang terdiri atas beberapa konduktor yang disusun menyerupai sangkar tupai.

Konstruksi dari motor induksi jenis rotor sangkar terdiri dari dua bagian utama, yaitu stator dan rotor.

a. Stator

Stator adalah bagian dari motor yang diam. stator merupakan suatu kerangka yang dilaminasi terbuat dari besi tuang. stator mempunyai bentuk alur yang tirus (*tapared*) dengan gigi yang sejajar (*parallel sided*). Dalam rangka stator terdapat sejumlah slot untuk menempatkan belitan stator.

b. Rotor

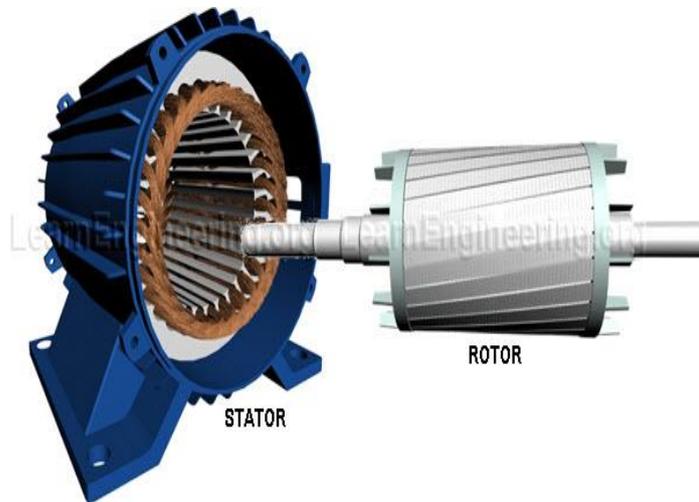
Rotor adalah bagian dari motor penggerak. Rotor terdiri dari sebuah inti rotor dengan alur yang dilapisi laminasi pada bagian utamanya. Pada prinsipnya rotor jenis sangkar tupai disusun dari batang-batang konduktor yang kedua ujungnya disatukan oleh cincin hubung singkat. Bahan yang digunakan sebagai batang-batang konduktor berasal dari tembaga, aluminium, atau dari campuran logam. Konstruksi dari rotor sangkar tupai terlihat pada gambar 2.6.



Gambar 2.6 Rotor sangkar tupai.

Sumber : ([elektrikbank. Blogspot.com](http://elektrikbank.blogspot.com))

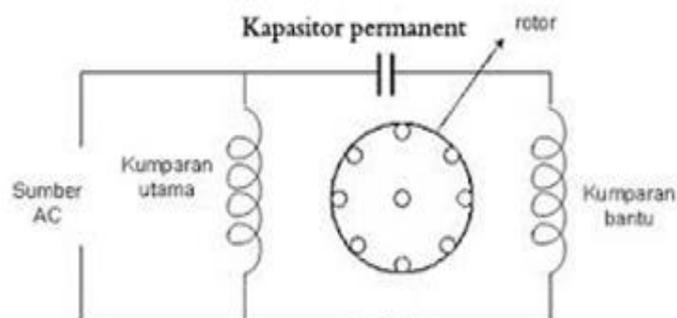
Motor induksi satu fasa rotor sangkar banyak dijumpai pada mesin pompa air, seperti yang dilihat pada gambar 2.7



Gambar 2.7 Motor pompa air.

Sumber : (<https://pyhere.com>)

Motor pompa air menggunakan rotor yang tersusun dari batang-batang konduktor. Motor induksi induksi 1 fasa jenis pompa mempunyai kapasitor yang dihubungkan seri dengan kumparan bantu yang berfungsi untuk memperbesar torsi awal, sedangkan lilitan bantu berfungsi untuk menentukan arah putaran rotor dan menimbulkan torsi awal yang terhubung paralel dengan kumparan utama dan terhubung langsung paralel dengan sumber listrik, seperti yang terlihat pada gambar 2.8



Gambar 2.8 Rangkaian motor pompa air

Sumber : {pungkasen.blogspot.com}

Jika kumparan stator motor induksi dihubungkan ke sumber listrik, maka akan timbul medan magnet putar pada lilitan stator (hukum oerstad). Medan magnet stator akan menginduksi rotor sehingga pada rotor akan timbul medan magnet (terinduksi yang akan mengakibatkan rotor berputar. Bila dilepas dari sumber listrik, maka medan magnet yang ada dikumparan stator hilang, namun medan magnet di rotor masih ada yang biasa disebut dengan *remanensi*.

Motor induksi rotor sangkar juga merupakan rotor kapasitor tetap/*running* (*permanent capacitor motor*). Motor ini mempunyai kapasitor yang dihubungkan seri dengan kumparan bantu, terhubung paralel dengan kumparan utama dan terhubung langsung paralel dengan sumber listrik. Belitan utama, belitan bantu, dan kapasitor tetap terhubung pada sirkuit jala-jala saat motor listrik bekerja.

Pada motor ini, lilitan utama dan lilitan bantu jumlah lilitannya sangat banyak, hanya diameter kawatnya berbeda. Diameter kawat lilitan utama lebih besar dibandingkan diameter kawat lilitan bantu. Tipe motor ini kopel awalnya kurang bagus, tetapi kopel jalannya merata. Kebanyakan pompa air berbagai merek menggunakan jenis motor *running* kapasitor dengan kecepatan mendekati 300 rpm[8].

2.4 Motor Induksi Satu Fasa Sebagai Generator

Motor induksi 1 fasa berfungsi sebagai penghasil tegangan, memiliki sumber tegangan yang telah diubah lilitannya dan ditambahkan medan magnet didalam sangkar motor induksi 1 fasa. Maka dengan adanya medan magnet menjadikan Gaya gerak listrik (GGL) sehingga motor induksi menjadi penghasil tegangan atau Generator. dengan penambahan dan perubahan jumlah lilitan kawat

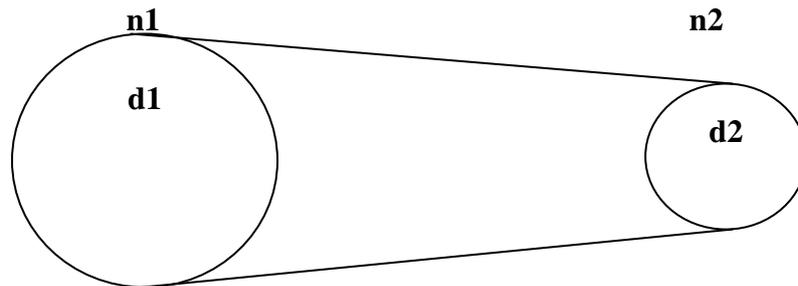
tembaga didalamnya dan perubahan bentuk atau arah lilitan menjadi bentuk lilitan spul maka motor induksi menghasilkan tegangan listrik yang lebih besar dari pada motor induksi sebelumnya. dengan demikian besar tegangan yang dihasilkan generator tergantung dengan jumlah lilitan dan kecepatan putaran penggerak mula. proses perubahan motor induksi menjadi generator dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya terdapat penggerak mula, transmisi sabuk, dan pengaruh kapasitor[5].

2.4.1 Penggerak Mula

Sebuah generator dapat bekerja apabila rotor yang terdapat pada generator diputar oleh penggerak utama. Penggerak utama harus dapat memutar rotor pada saat generator induksi belum dibebani, sehingga generator induksi dapat bekerja dengan baik. Penggerak utama dibagi dalam dua kelompok yaitu untuk *high-speed* dan *low speed* generator. Turbin gas pada PLTD dan uap pada PLTU adalah penggerak utama berkecepatan tinggi sementara air pada sistem PLTH dan mesin-mesin diesel sebagai penggerak utama pada kecepatan rendah.

2.4.2 Transmisi Sabuk Dengan Puli

Sabuk adalah elemen mesin yang menghubungkan dua buah puli untuk mentransmisikan daya. Puli berfungsi sebagai alat bantu dari sabuk dalam memutar poros penggerak ke poros penggerak lain, dimana sabuk membelit pada puli. sabuk digunakan dengan mempertimbang jarak antara poros yang jauh dan biasanya untuk daya yang tidak terlalu besar. Sistem sabuk dengan puli dapat dilihat pada gambar 2.10.



Gambar 2.9 Transmisi sabuk dengan puli

Kecepatan linier sabuk dengan dinyatakan dengan persamaan:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{60 \cdot 1000} \dots\dots\dots(2.4)$$

Dengan V adalah kecepatan linier sabuk (m/s), π adalah konstanta sebesar 3,14 adalah diameter puli (cm) dan n adalah kecepatan putar puli (rpm). Perbandingan antara puli pemutar dan puli yang diputar dinyatakan dengan persamaan:

$$i = \frac{n_{r2} - n_{r1}}{n_{r1}} = \frac{d2}{d1} \dots\dots\dots(2.5)$$

Dengan i adalah perbandingan putaran (rpm), n_{r1} adalah putaran puli pemutar (rpm), n_{r2} adalah putaran puli yang diputar (rpm), d1 adalah diameter puli pemutar (inchi), dan d2 adalah diameter puli yang diputar (inchi).

Pada transmisi menggunakan sabuk, ada perbedaan gerakan relatif pada sabuk yang menghubungkan puli pemutar dengan puli yang diputar dinamakan slip kemuluran. Besar slip kemuluran dinyatakan dengan persamaan:

$$\Psi = \frac{n_{r2} n_{r1}}{n_{r2}} \times 100\% \dots\dots\dots(2.6)$$

Dengan Ψ adalah slip kemuluran sabuk (%). Jika slip antara puli pemutan dan puli yang diputar diabaikan, maka kecepatan puli yang diputar sama dengan kecepatan puli pemutar[9]. sehingga kecepatan keliling sabuk dinyatakan dalam persamaan;

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n_{r1}}{1000} \dots\dots\dots(2.7)$$

2.4.3 Pengaruh Kapasitor

Proses pengubahan motor induksi menjadi generator induksi membutuhkan daya reaktif atau daya magnetisasi untuk membangkitkan tegangan pada terminal keluaran generator induksi.

Jika generator generator induksi langsung dihubungkan dengan jala-jala maka daya reaktif disediakan oleh jala-jala. Jika generator induksi bekerja sendiri maka diperlukan penyedia daya reaktif. Daya reaktif tersebut didapat dari kapasitor yang dipasang langsung pada terminal generator. Jika kapasitor tidak dapat memenuhi daya reaktif, maka tegangan generator akan *built-up* atau tidak dapat menghasilkan tegangan listrik. Besarnya nilai kapaitor tersebut ditentukan dengan formula:

$$\chi_c = \frac{V_n}{1_b} \dots\dots\dots(2.8)$$

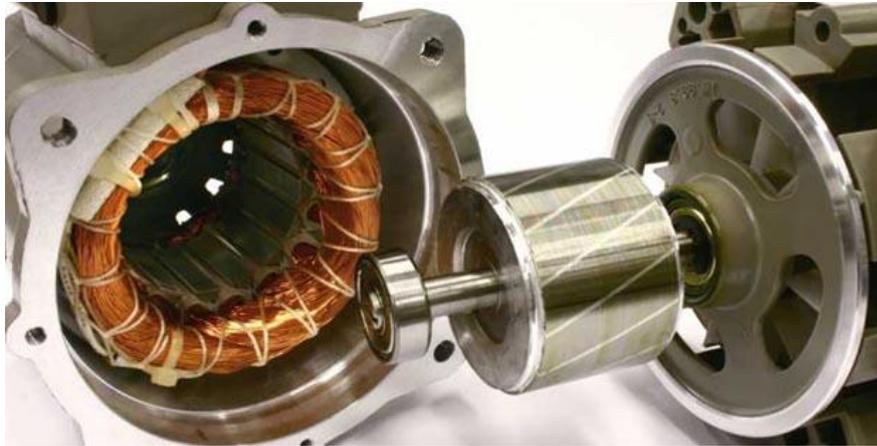
$$c = \frac{1}{2\pi f \chi_c} \dots\dots\dots(2.9)$$

Dengan V adalah tegangan nominal (Volt), I_b adalah arus buta yang dihasilkan (Ampere), χ_c adalah reaktansi yang diperlukan untuk menyediakan arus buta (ohm), c adalah besar kapasitor (Farad), dan f adalah frekuensi (Hertz)[10].

2.5 Proses Menjadi Generator Induksi

Motor induksi 1 fasa berfungsi sebagai penghasil tegangan yang memiliki sumber tegangan yang telah diubah lilitannya dan ditambahkan medan magnet didalam sangkar motor induksi 1 fasa. Maka dengan adanya medan magnet menjadikan Gaya gerak listrik (GGL) sehingga motor induksi menjadi penghasil tegangan atau Generator. dengan penambahan dan perubahan jumlah lilitan kawat tembaga didalmnya dan perubahan bentuk atau arah lilitan menjadi bentuk lilitan spul maka motor induksi menghasilkan tegangan listrik yang lebih besar dari pada motor induksi sebelumnya. dengan demikian besar tegangan yang dihasilkan generator tergantung dengan jumlah lilitan dan kecepatan putaran penggerak mula. Pembongkaran lilitan pompa air pada stator dan memulai penggulangan ulang pada motor untuk merubah menjadi generator dengan cara melilitnya kembali dan merubah arah ujung lilitan pengeluaran. Dan pada pompa air jumlah lilitannya sebanyak 140 lilitan dan setelah dirubah menjadi generator jumlah lilitan menjadi sebanyak 70 lilitan hal ini dikarenakan kawat email setelah dirubah menjadi generator lebih besar dari pada lilitan motor, lilitan generator sebesar 0,4 mm sedangkan pada motor sebesar 0,2 mm. Penggantian ukuran lilitan tersebut dikarenakan agar induksi yang dihasilkan oleh lilitan menjadi lebih besar dari pada lilitan motor. Pada rotor generator juga ditambahkan magnet agar terjadi medan elektromagnetik yang lebih besar pada saat rotor berputar dan generator

dapat menghasilkan gaya gerak listrik (GGL). Perbedaan lilitan dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 2. 20 Lilitan sebelum dirubah menjadi generator



Gambar 2. 11 Lilitan sesudah dirubah menjadi generator

2.5.1 Unjuk Kerja Generator Induksi

Untuk mengetahui unjuk kerja generator system generator induksi 1 fasa sebagai generator dengan cara membandingkan daya keluaran yang dihasilkan generator induksi dengan daya masukan serta mencari daya optimal yang dapat dicatu oleh generator.

2.6 Efisiensi Generator Induksi

Efisiensi generator induksi dapat dihitung dengan persamaan:

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \dots\dots\dots(3.0)$$

Dimana:

η = efisiensi generator (%)

P_{out} = daya *output* generator induksi

P_{in} = daya *input* generator induksi

Besarnya daya output generator induksi di hitung dalam persamaan:

$$P_{out} = V \times I \dots\dots\dots(3.1)$$

Dimana:

P_{out} = daya *output* generator induksi

V = tegangan keluaran generator (Volt)

I = Arus yang dihasilkan generator (Ampere)

Faktor daya motor induksi dapat dihitung dengan persamaan:

$$\text{Cos } \varphi = \frac{P_o}{V \times I} \dots\dots\dots(3.2)$$

Dimana:

$\cos \varphi$ = factor daya

P_o = daya keluaran motor induksi

V = tegangan keluaran generator (Volt)

I = Arus yang dihasilkan generator (Ampere)

Daya optimal yang dapat dicatu oleh generator dihitung dengan persamaan:

$$P_{out} = \cos \varphi \times P_o \dots\dots\dots(3.3)$$

Dimana:

P_{out} = daya *output* generator induksi

$\cos \varphi$ = factor daya

p_o = Daya keluaran motor induksi

persamaan untuk menghitung regulasi tegangan generator terhadap tegangan yang dihasilkan PLN:

$$\text{Regulasi tegangan} = \frac{V_{PLN} - V_{generator}}{V_{PLN}} \times 100\% \dots\dots\dots(3.4)$$

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Pelaksanaan

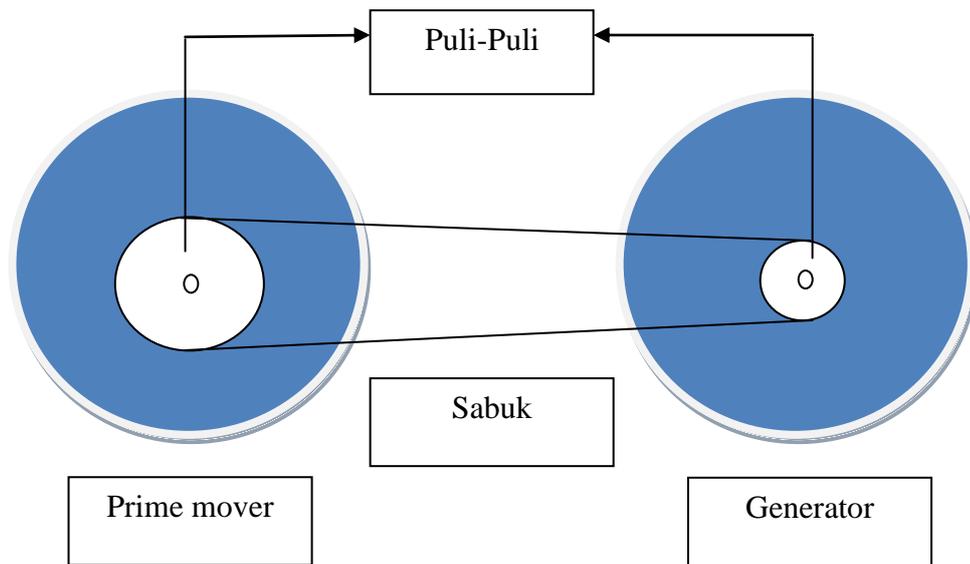
Waktu dan tempat pelaksanaan pembuatan alat pemanfaatan motor induksi satu fasa sebagai generator induksi sebagai berikut :

Tempat pembuatan alat	:Laboraturium UMSU (Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara). Jln Muchtar Basri No.3 Medan.
Tempat Pengambilan Data	:LaboraturiumUMSU (Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara). Jln Muchtar Basri No.3 Medan.
Waktu Pelaksanaan	: 27 Juli 2018 – 29 Agustus 2018

3.2 Model Rangkaian

Motor induksi dapat dioperasikan sebagai generator dengan cara memutar rotor pada kecepatan diatas kecepatan sinkronnya dan mesin bekerja pada slip negatif($s < 0$). *Prime mover* digunakan sebagai penggerak utama generator induksi agar generator berputar diatas kecepatan sinkron.

Prime mover yang digunakan adalah motor induksi satu fasa, dalam hal ini mesin pompa air atau motor induksi rotor sangkar. Sistem ini dibutuhkan dua buah motor induksi satu fasa yaiut sebagai penggerak mula dan sebagai generator induksi. Kedua motor tersebut dihubungkan dengan sabuk dan puli-puli antara *prime mover* dan generator induksi. Model rangakaian secara umum ditunjukan pada gambar 3.1.

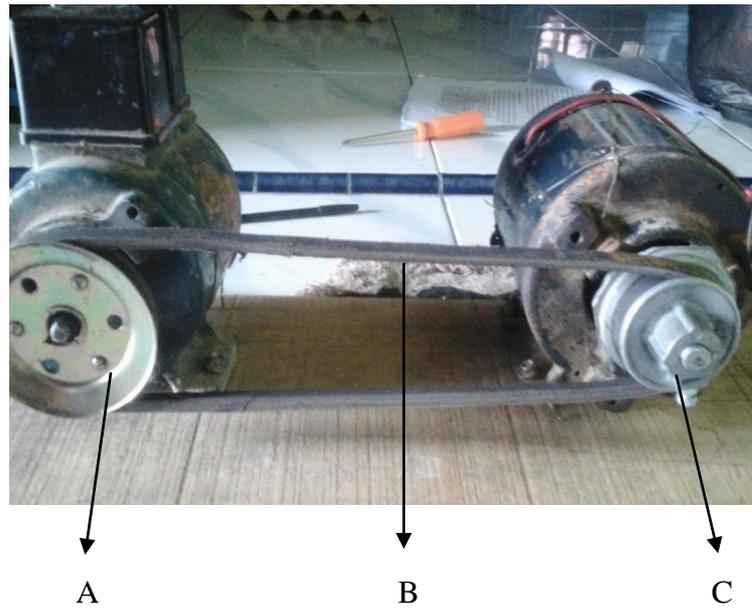


Gambar 3.1 Model rangkaian

Prime mover dihubungkan dengan tegangan PLN 220 Volt sehingga motor *prime mover* dapat memutar generator yang telah dihubungkan dengan puli-puli motor. Puli-puli generator dirancang berbeda ukurannya agar mendapatkan perbandingan putaran rotor antara *prime mover* dan generator induksi.

3.3 Rancangan Mekanik Generator Induksi

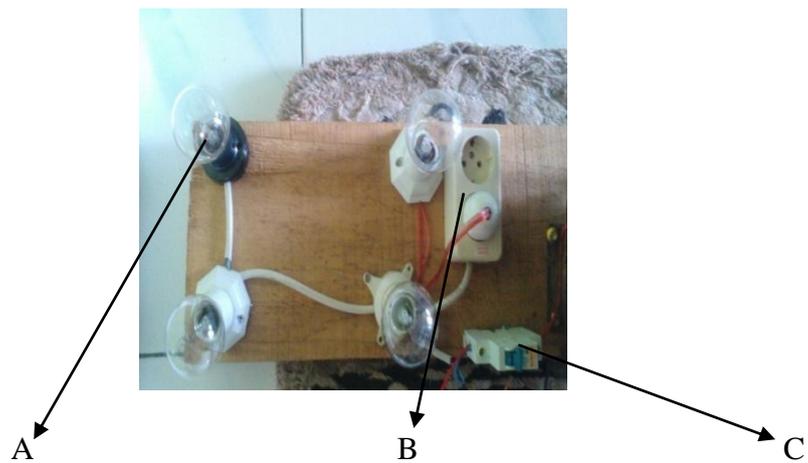
Dudukan generator induksi dan penggerak utama serta beban menggunakan kayu berukuran panjang 86 cm dan lebar 20 cm. Rancangan mekanik generator ditunjukkan pada gambar 3.2



Gambar 3.2 Rancangan mekanik generator

Keterangan gambar 3.2:

- a. Penggerak utama
- b. Sabuk penghubung
- c. Generator induksi



Gambar 3.3 Beban generator induksi

Keterangan gambar 3.3:

- a. Lampu pijar
- b. Stop kontak
- c. Mcb

3.4 Rancangan Sistem Motor Menjadi Generator Induksi

Perancangan pembuatan dan pemasangan instalasi motor induksi satu fasa sebagai generator melalui beberapa tahap. Tahap-tahap pembuatan dan pemasangan meliputi menghitung kecepatan putar motor induksi mula-mula, merancang puli generator induksi dan menghitung slip generator induksi.

3.4.1 Menghitung Kecepatan Putar Motor Induksi

Perhitungan kecepatan putar motor induksi dilakukan untuk memperoleh nilai kecepatan sinkron, kecepatan rotor, dan slip yang akan dibandingkan dengan kecepatan putar generator.

Berdasarkan persamaan 2.1, perhitungan kecepatan sinkron (n_s) motor induksi sebagai berikut:

Diketahui : $f = 50 \text{ Hz}$

$$P = 2$$

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

Dengan f adalah frekuensi PLN yang ditetapkan di Indonesia dan p adalah kutub pada motor pompa air. Nilai kecepatan rotor (n_r) diperoleh dari *name plate*

sebesar 2850 rpm. Berdasarkan persamaan 2.2, untuk memperoleh nilai slip (s) dilakukan dengan perhitungan:

$$S = \frac{3000 - 2850}{3000}$$

$$= 0,005$$

Slip dapat pula dinyatakan dalam persen (%). Sehingga diperoleh berdasarkan persamaan 2.3, adalah:

$$S = \frac{3000 - 2850}{3000} \times 100\%$$

$$= 5\%$$

3.4.2 Pengujian Kecepatan Mula-Mula Motor Induksi

Pengujian mula-mula motor induksi dilakukan dengan cara mengukur kecepatan rotor motor induksi sebagai penggerak utama dan rotor motor induksi yang digunakan sebagai generator dengan tachometer. Pada pengujian ini didapat kecepatan rotor generator induksi yaitu 2990 rpm dan frekuensi PLN terukur sebesar 50 Hz.

Proses pengujian ini bertujuan untuk mengetahui slip mula-mula generator induksi. Berikut adalah perhitungan slip generator induksi:

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

$$S = \frac{3000 - 2990}{3000} \times 100\%$$

$$= 0,3\%$$

Slip mula-mula motor induksi adalah 0,6%. Hal tersebut membuktikan bahwa motor induksi yang digunakan sebagai generator tidak berputar pada kecepatan sinkron. Motor induksi berputar pada kecepatan sinkron pada saat kecepatan rotor sama dengan kecepatan medan putar yang dihasilkan stator atau motor dalam keadaan diam, sehingga slip motor sebesar 0%

Pada pengukuran kecepatan mula-mula motor induksi yang digunakan sebagai generator terukur kecepatan rotor 2990 rpm, sedangkan pada *nameplate* motor tersebut kecepatan putar rotor 2900 rpm. Dari pengukuran tersebut, dapat dihitung besarnya persentase *error* yang terjadi.

Perhitungan persentase *error* kecepatan generator induksi:

$$\begin{aligned} \text{Error} &= \frac{\text{nilaipengujian} - \text{nilainameplate}}{\text{nilainameplate}} \times 100 \% \\ &= \frac{2990 - 2900}{2900} \times 100\% \\ &= 3,10\% \end{aligned}$$

Persentas *error* yang terjadi pada kecepatan motor sebesar 3,10 % akan berpengaruh terhadap kecepatan motor saat digunakan sebagai penggerak mula dan saat digunakan sebagai generator.

3.4.3 Perancangan Puli Generator Induksi

Pengoperasian motor induksi sebagai generator menggunakan daya mekanis penggerak mula. Penggerak utama akan memutar rotor melebihi kecepatan sinkron. Dengan kata lain, pada generator induksi slip harus selalu bernilai negatif.

Berdasarkan *name plate* motor induksi satu fasa yang digunakan diketahui kecepatan rotor pompa air sebagai *prime mover* (n_r) yaitu sebesar 2850 rpm.

Berdasarkan persamaan 2.5, jika didapat kecepatan rotor pada generator (n_{r2}) sebesar 4340 rpm dari kecepatan motor 2850 rpm, maka diperoleh perbandingan puli pemutar dan puli yang diputar sebesar:

$$i = \frac{4340}{2850} = \frac{3}{2}$$

Dari perbandingan antara puli pemutar dan puli yang diputar, didapat puli pemutar 3 inchi dan puli yang diputar sebesar 2 inchi.

Nilai kecepatan rotor generator ditentukan harus lebih besar dari kecepatan mula-mula motor yang digunakan sebagai generator, sehingga generator bekerja pada slip negatif.

3.4.4 Pengujian Perbandingan Puli-Puli

Pengujian dengan perbandingan puli-puli dilakukan dengan 3 perbandingan puli, yaitu perbandingan puli-puli 2:3, perbandingan puli-puli 2:2 dan perbandingan puli-puli 3:2. Kapasitor 4 μ F digunakan sebagai penyediaan daya reaktif generator induksi dalam pengujian ini. Data pengujian dalam perbandingan puli-puli ditunjukkan pada tabel 3.1

Tabel 3.1 Hasil pengujian dengan perbandingan puli-puli

NO	Perbandingan Puli-Puli	Kapasitor (μF)	Putaran Motor (RPM)	Putaran Generator (RPM)	Tegangan (Volt)	Frekuensi (Hertz)
1	2:3	4	3681	2630	95	32
2	2:2	4	2875	2853	170	52
3	3:2	4	2757	4340	260	70

Berdasarkan table 3.1, pada pengujian dengan perbandingan puli-puli 2:3 dilakukan untuk mendapatkan kecepatan putar generator dibawah kecepatan sinkron. Proses pengujian perbandingan puli-puli 2:3 dengan cara memasang puli sebesar 3 inchi pada poros rotor generator induksi.

Kecepatan rotor terukur 3681 rpm, kecepatan rotor generator terukur 2630 rpm, dan frekuensi generator terukur 32 Hz. Besarnya slip pada generator induksi pada pengujian dengan perbandingan puli-puli 2:3 adalah :

$$n_s = \frac{120 \times 32}{2} = 1920 \text{ rpm}$$

$$S = \frac{1920 - 2630}{1920} \times 100 \%$$

$$S = -36,9\%$$

Pada pengujian perbandingan puli-puli 2:3 terhitung slip generator induksi sebesar (-36,9%). Slip didapat dalam harga negatip dan generator induksi menghasilkan tegangan namun tidak maksimal.

Pengujian dengan perbandingan puli-puli 2:2 dilakukan untuk mendapatkan putar generator sama dengan kecepatan putar motor. Proses pengujian perbandingan puli-puli 2:2 dengan cara memasang puli sebesar 2 inchi

pada poros rotor penggerak utama dan memasang puli sebesar 2 inchi pada poross rotor generator induksi 2 inchi. Pada percobaan ini generator dapat mengeluarkan tegangan belum maksimal hal tersebut dikarenakan generator bekerja dalam kecepatan sinkron.

Kecepatan motor terukur 2875 rpm, sedangkan kecepatan generator adalah 2853 rpm, dan frekuensi generator terukur 52 Hz. Seperti yang ditunjukkan pada table 4.1. besarnya slip generator induksi pada pengujian ini adalah:

$$n_s = \frac{120 \times 52}{2} = 3120 \text{ rpm}$$

$$S = \frac{3120 - 2853}{3120} \times 100 \%$$

$$S = 8,55 \%$$

Pengujian dengan perbandingan puli-puli 3:2 dilakukan untuk mendapatkan kecepatan sinkron. Proses pengujian perbandingan puli-puli 3:2 dengan cara memasng puli sebesar 3 inchi pada poros rotor penggerak utama dan memasang puli sebesar 2 inchi pada poros rotor generator induksi pada pengujian ini didapat kecepatan putar motor sebesar 2757 rpm dan kecepatan putar generator 4340 rpm dan frekuensi 70 Hz, besar slip generator induksi pada pengujian perbandingan puli-puli 3:2 adalah :

$$n_s = \frac{120 \times 70}{2} = 4200 \text{ rpm}$$

$$S = \frac{4200 - 4340}{4200} \times 100 \%$$

$$S = \frac{4200 - 4340}{4200} \times 100 \%$$

$$S = -3,3\%$$

Kecepatan rotor generator pada pengujian ini lebih besar dari kecepatan medan putar magnet yang dihasilkan motor induksi yang terhitung sebesar 4200 rpm. Motor induksi yang diputar melebihi kecepatan medan putar stator menghasilkan slip generator dalam harga negatif sebesar (-3,3%). Slip motor induksi yang bernilai negatif mengakibatkan generator induk telah menghasilkan tegangan yang maksimal.

3.4.5 Pengujian Tanpa Beban

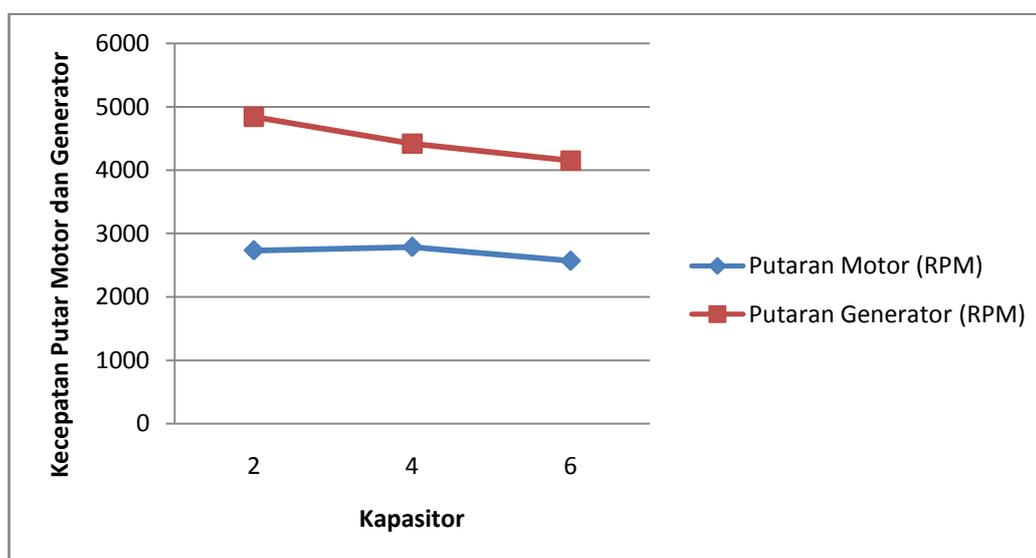
Pengujian tanpa beban dilakukan dengan cara mengukur tegangan keluaran yang dihasilkan oleh generator dan membarikan variasi kapasitor pada generator induksi.

Kapasitor yang digunakan adalah $2\mu\text{F}$, $4\mu\text{F}$, dan $6\mu\text{F}$. penggunaan variasi kapasitor dilakukan untuk melihat perubahan kecepatan putar, tegangan, dan frekuensi yang dihasilkan generator induksi pada setiap kenaikan kapasitor.

Tabel 3.2 hasil pengujian tanpa beban

NO	Kapasitor (μF)	Putaran Motor (RPM)	Putaran Generator (RPM)	Tegangan (Volt)	Frekuensi (Hertz)
1	0	2800	4889	195	73
2	2	2733	4839	255	73
3	4	2787	4417	260	70
	6	2568	4151	331	69

Berdasarkan tabel 3.2, dapat dibuat grafik pengaruh kapasitor terhadap kecepatan putar motor dan kecepatan generator seperti yang ditunjukkan pada Grafik.



Grafik 3.1 Pengaruh kapasitor terhadap kecepatan motor dan generator

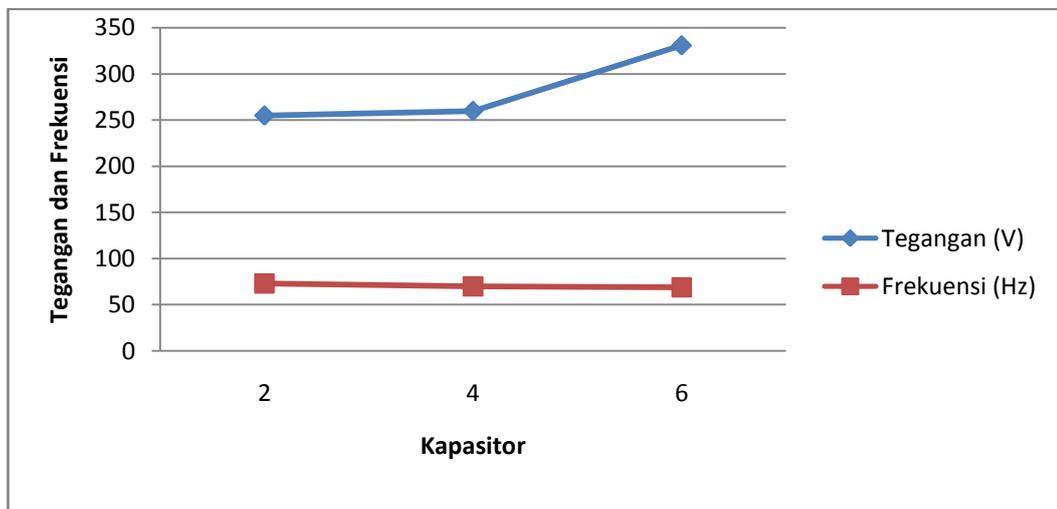
Berdasarkan grafik 3.2 dapat dilihat bahwa semakin kecil kapasitor yang digunakan, semakin cepat putaran rotor generator induksi dan sebaliknya, jika kapasitor yang digunakan semakin besar, maka kecepatan putar rotor generator

semakin melambat. Hal tersebut dikarenakan frekuensi yang dihasilkan generator induksi tergantung pada nilai kapasitor yang digunakan sebagai daya reaktif seperti yang telah dikemukakan oleh chairul Gagarin irianto dalam studi penggunaan motor induksi sebagai generator yang menyatakan bahwa :

$$C = \frac{1}{2\pi f x_c}$$

$$f = \frac{1}{2\pi c x_c}$$

Berdasarkan persamaan tersebut, jika semakin besar nilai kapasitor yang digunakan sebagai penyedia daya reaktif generator, maka frekuensi dan hasil semakin kecil. Sebaliknya, jika semakin kecil kapasitor digunakan, maka frekuensi yang dihasilkan generator semakin besar.



Grafik 3.2 Perubahan tegangan dan frekuensi terhadap kecepatan generator

Frekuensi yang dihasilkan generator induksi berpengaruh terhadap kecepatan putar rotor generator induksi, karena:

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

Berdasarkan persamaan tersebut, jika frekuensi yang dihasilkan generator semakin besar, maka kecepatan putar generator semakin cepat.

3.4.6 Pengujian Dengan Beban

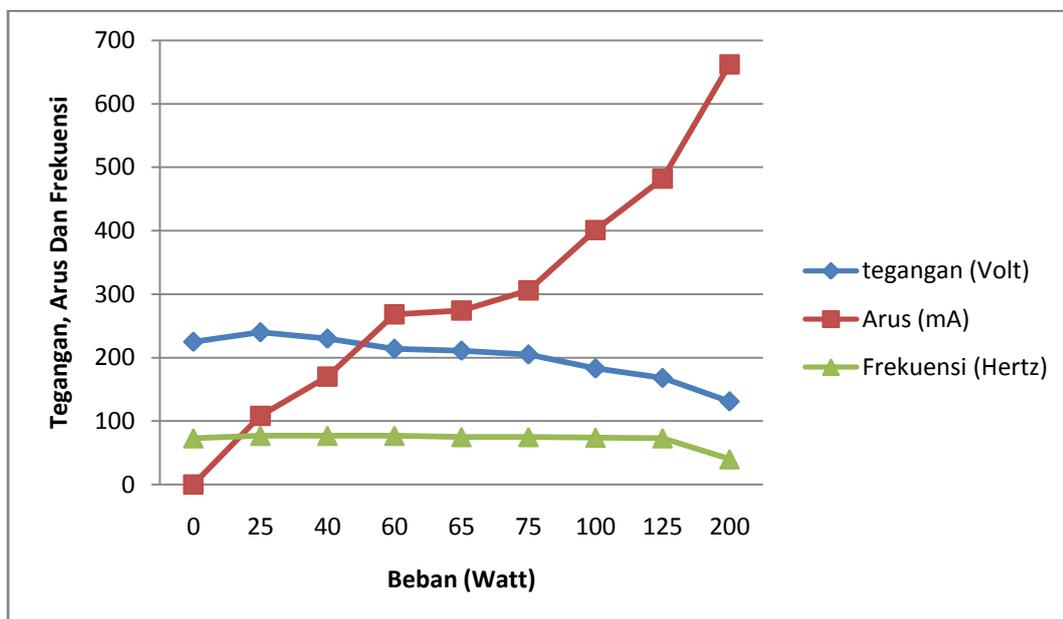
Pengujian menggunakan beban dilakukan dengan cara memberikan variasi beban yang berbeda pada tegangan keluaran generator induksi dengan menggunakan kapasitor yang berbeda. Penggunaan variasi kapasitor dilakukan untuk melihat besar beban maksimal yang dapat dicatu oleh tiap-tiap kapasitor.

Tabel 3. 3 Hasil pengujian dengan kapasitor 2 μ f

No	Beban Generator (Watt)	Putaran Motor (RPM)	Putaran generator (RPM)	Tegangan (Volt)	Arus (mA)	Frekuensi (Hz)
1	0	2733	4839	255	0	73
2	25	2973	4645	240	108	77
3	40	2852	4625	230	170	77
4	60	2817	4569	214	268	77
5	65	2895	4555	211	274	75
6	75	3823	4536	205	306	75
7	100	3206	4740	183	401	74
8	125	4182	4423	168	482	73
9	200	4093	4354	131	662	40

Berdasarkan table 3.3 pada pengujian dengan menggunakan kapasitor 2 mF dapat dilihat besar tegangan minimum yang dapat dihasilkan generator adalah 131 Volt pada beban 200 Watt dan tegangan maksimum yang dapat dihasilkan

adalah 255 Volt pada beban 0 Watt. Grafik perubahan tegangan arus dan frekuensi terhadap beban ditunjukkan kepada grafik 3.3.



Grafik 3.3 Perubahan tegangan arus dan frekuensi terhadap beban pada kapasitor $2\mu\text{F}$

Pada pengujian menggunakan kapasitor $2\mu\text{F}$, dapat diketahui semakin besar beban yang diberikan, tegangan keluaran generator semakin kecil karena pada system ini tidak terdapat alat pengatur tegangan yaitu AVR atau *automatic voltage regulator* yang berfungsi untuk penstabil tegangan dan mencegah terjadinya jatuh tegangan pada generator.

Besar tegangan jatuh pada pengujian generator dapat dihitung sebagai berikut:

$$\text{Tegangan jatuh} = \frac{\text{Tegangan maksimal} - \text{Tegangan minimal}}{\text{Tegangan maksimal}} \times 100\%$$

$$\text{Tegangan jatuh} = \frac{255 - 131}{255} \times 100\% = 48,6\%$$

$$\text{Tegangan jatuh} = \frac{255 - 131}{255} \times 100\% = 48,6\%$$

Pada pengujian menggunakan kapasitor 2 μ F semakin besar beban yang diberikan, arus yang dibutuhkan untuk mencatu beban generator semakin besar seperti yang ditunjukkan pada grafik 3.3. Arus maksimal yang dapat di catu pada pengujian kapasitor dua farad sebesar 662 mA pada beban 200 Watt dan frekuensi mendekati stabil karena perbedaan beban yang terlalu jauh.

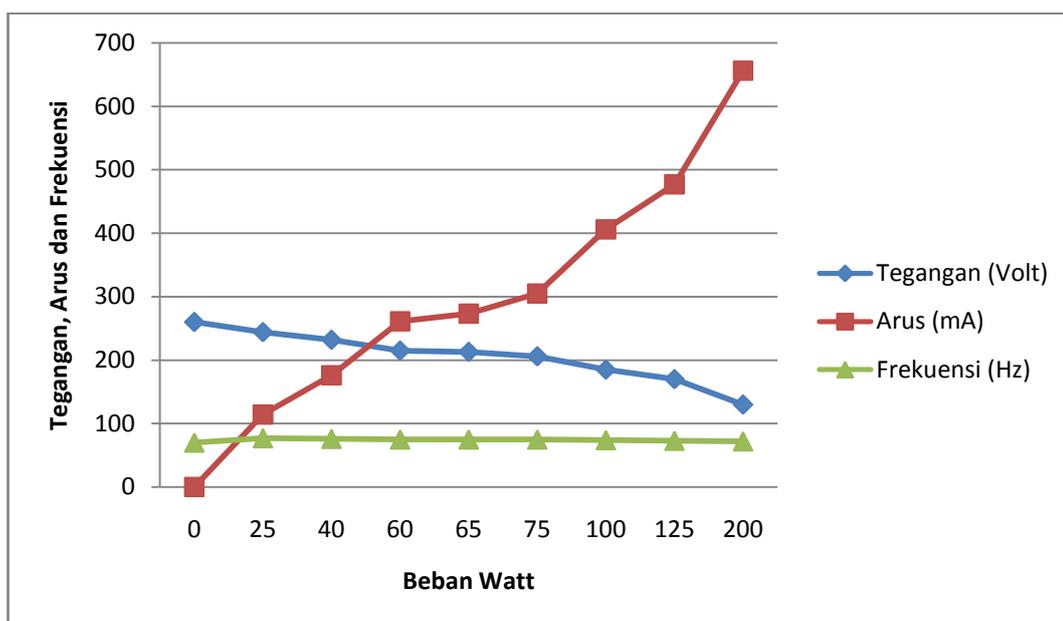
Tabel 3.4 Hasil pengujian dengan kapasitor 4 μ F

No	Beban Generator (Watt)	Putaran Motor (RPM)	Putaran Generator (RPM)	Tegangan (Volt)	Arus (mA)	Frekuensi (Hz)
1	0	2787	4417	260	0	70
2	25	2857	4654	244	114	77
3	40	3535	4612	232	176	76
4	60	2813	4549	215	261	75
5	65	3330	4540	213	273	75
6	75	3647	4519	206	305	75
7	100	3808	4180	185	406	74
8	125	3396	4403	170	477	73
9	200	3935	4316	130	656	72

Berdasarkan Tabel 3.4 dapat dibuat grafik pengaruh tegangan arus dan frekuensi terhadap kenaikan beban. Pada pengujian menggunakan kapasitor 4 μF tegangan dan arus yang dihasilkan generator induksi berubah ubah tergantung besarnya beban yang diberikan. Besar tegangan jatuh pada pengujian ini adalah

$$\begin{aligned} \text{:Tegangan jatuh} &= \frac{260-130}{260} \times 100 \% \\ &= 50 \% \end{aligned}$$

Frekuensi yang dihasilkan generator induksi cenderung stabil pada setiap kenaikan beban karena kecepatan generator induksi stabil seperti yang di tunjukkan pada grafik 3.4.



Grafik 3.4 Perubahan tegangan, arus dan frekuensi terhadap beban pada kapasitor 4 μF

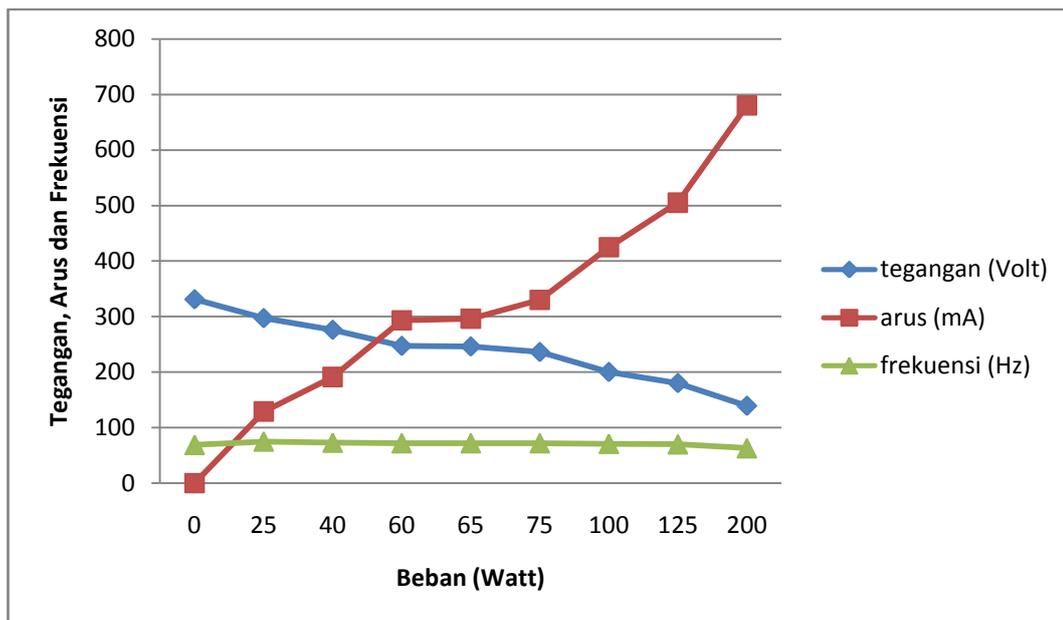
Pada pengujian menggunakan kapasitor 6 μF , besar tegangan minimum yang dapat dihasilkan generator adalah 139 Volt pada beban 200 Watt, dan besar beban maksimum yang dihasilkan generator adalah 331 Volt pada beban 0 Watt.

Data hasil pengujian dengan menggunakan kapasitor $6\mu\text{F}$. ditunjukkan pada tabel 3.4.

Tabel 3.5 Hasil pengujian dengan kapasitor $6\mu\text{F}$

No	Beban Generator (Watt)	Putaran Motor (RPM)	Putaran Generator (RPM)	Tegangan (Volt)	Arus (mA)	Frekuensi (Hertz)
1	0	2568	4151	331	0	69
2	25	2750	4137	297	129	75
3	40	2733	4952	276	191	73
4	60	2632	4897	247	293	72
5	65	2686	4804	246	296	72
6	75	2674	4324	236	330	72
7	100	3383	4337	200	425	71
8	125	4061	4227	180	505	70
9	200	4294	4564	139	680	63

Bedasarkan table 3.5. dapat dibuat grafik perubahan tegangan dan arus terhadap kenaikan beban yang diberikan pada generator induksi seperti yang ditunjukkan pada grafik 3.5.



Grafik 3. 5 perubahan tegangan, arus dan frekuensi terhadap beban pada kapasitor 6 μ F

Pada pengujian menggunakan kapasitor 6 μ F, tegangan dan arus yang dihasilkan berubah sesuai dengan kenaikan beban. Semakin besar kenaikan beban yang diberikan pada generator induksi mengakibatkan jalan keluar semakin kecil dan arus yang dihasilkan semakin besar hingga 680 mA pada tegangan maksimal. Hal tersebut dikarenakan besarnya beban membutuhkan arus yang besar.

Berikut adalah perhitungan besar tegangan jatuh yang terjadi:

$$\begin{aligned} \text{Tegangan jatuh} &= \frac{331 - 139}{331} \times 100 \% \\ &= 58,0 \% \end{aligned}$$

Frekuensi yang dihasilkan generator induksi cenderung stabil pada setiap kenaikan beban karena kecepatan generator induksi stabil.

3.4.7 Slip Generator Induksi

Kecepatan putar rotor generator induksi yang didapat melalui puli 3:2 sebesar 4340 rpm yang berarti lebih cepat dari kecepatan mula-mula motor yang dimanfaatkan sebagai generator induksi.

Pada generator induksi n_r harus dibuat lebih besar dari n_s , sehingga mesin bekerja pada slip negatif ($s, 0$). Sehingga generator induksi akan mengeluarkan tegangan pada kedua ujung lilitan kumparan stator. Berdasarkan persamaan 2.3, slip generator induksi adalah:

$$S = \frac{3000 - 4340}{3000} \times 100\%$$

$$= \frac{(-1340)}{3000} \times 100\%$$

$$S = (-45\%)$$

3.5 Bentuk Fisik Alat

Hasil akhir dari motor induksi satu fasa sebagai generator ditunjukkan pada gambar 3.5 (a) menunjukkan posisi alat terlihat dari depan, dan gambar 3.5 (b) menunjukkan posisi alat terlihat dari belakang.



(a) Tampak depan



(b) Tampak belakang

Gambar 3.4 Bentuk fisik

Keterangan Gambar 3.5:

- a. Puli penggerak utama
- b. Puli generator induksi
- c. Sabuk
- d. Generator induksi
- e. Penggerak utama
- f. Mcb

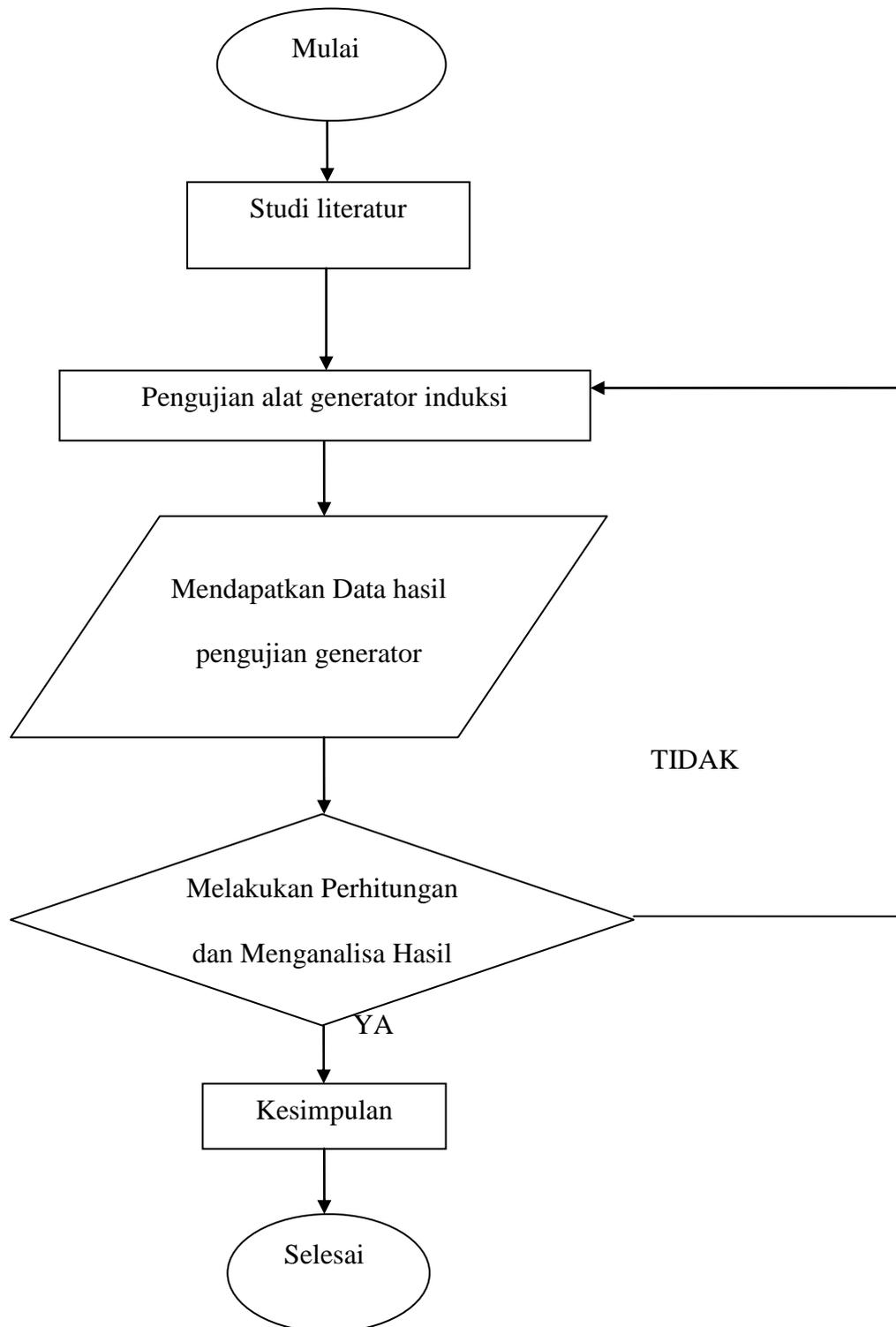
Sistem keamanan pada generator induksi menggunakan MCB yang dihubungkan dengan instalasi beban yang bertujuan untuk mencegah kerusakan beban. Jika terjadi lonjakan arus pada beban generator akibat adanya hubungan singkat, maka MCB akan otomatis memutuskan arus yang dihasilkan generator.

Pembeban generator induksi satu fasa dibuat terpisah bertujuan agar tidak merusak lampu pijar sebagai beban akibat getaran yang dihasilkan oleh generator induksi. Beban generator induksi ditunjukkan pada gambar 3.5



Gambar 3.5 Beban generator induksi

3.6 Flowchart Penelitian



Gambar 3.6 Diagram alir

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Daya Keluaran Optimal dan Daya Generator Induksi

Pada pengujian berbeban tanpa kapasitor dan dengan variasi kapasitor 2 μ F, 4 μ F, dan 6 μ F jika semakin besar beban yang diberikan pada generator, maka lampu pijar beban akan semakin redup. Hal tersebut dikarenakan generator tidak dapat mencatu beban dengan optimal, sehingga terjadi jatuh tegangan pada generator. dapat dihitung besar daya generator dan daya optimal yang dapat dicatu oleh generator sebagai berikut:

Daya generator:

Tanpa kapasitor

$$\begin{aligned} P &= V \times I \times \cos \varphi \\ &= 114 \times 0.120 \times 0.99 \\ &= 14 \end{aligned}$$

Dengan kapasitor 2 μ f

$$\begin{aligned} P &= V \times I \times \cos \varphi \\ P &= 131 \times 0.662 \times 0.99 \\ P &= 85 \text{ watt} \end{aligned}$$

Dengan kapasitor 4 μ f

$$\begin{aligned} P &= V \times I \times \cos \varphi \\ P &= 130 \times 0.656 \times 0.99 \\ P &= 84 \text{ watt} \end{aligned}$$

Dengan kapasitor 6 μ f

$$P = V \times I \times \cos \varphi$$

$$P = 139 \times 0.680 \times 0.99$$

$$P = 93 \text{ watt}$$

Daya optimal yang dapat dicatu oleh generator induksi:

Tanpa kapasitor

$$P_{out} = \cos \varphi \times P$$

$$P_{out} = 0.99 \times 14$$

$$P_{out} = 13 \text{ watt}$$

Dengan kapasitor 2 μ f

$$P_{out} = \cos \varphi \times P$$

$$P_{out} = 0.99 \times 85$$

$$P_{out} = 84 \text{ watt}$$

Dengan kapasitor 4 μ f

$$P_{out} = \cos \varphi \times P$$

$$P_{out} = 0.99 \times 84$$

$$P_{out} = 83 \text{ watt}$$

Dengan kapasitor 6 μ f

$$P_{out} = \cos \varphi \times P$$

$$P_{out} = 0.99 \times 93$$

$$P_{out} = 92 \text{ watt}$$

Jika beban yang diberikan pada generator melebihi 92 Watt, maka generator tidak dapat mencatu daya pada beban sepenuhnya sehingga lampu pijar beban menjadi redup.

4.1.2 Regulasi Tegangan dan Penyedia Daya Reaktif.

Berdasarkan pengujian menggunakan variasi kapasitor dapat dibuat tabel tegangan keluaran pada tiap-tiap kapasitor seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Tegangan keluaran pada masing-masing kapasitor.

No	Daya (Watt)	V 2 μ F (Volt)	V 4 μ F (Volt)	V 6 μ F (Volt)
1	0	255	260	331
2	25	240	244	297
3	40	230	232	276
4	60	214	215	247
5	65	211	213	246
6	75	205	206	236
7	100	183	185	200
8	125	168	170	180
9	200	131	130	139

Pada proses pembebanan, besar beban yang dapat dicatu oleh generator dengan optimal adalah 75 Watt. Hal ini dikarenakan daya maksimal yang dapat dicatu secara optimal oleh generator adalah sebesar 92 Watt.

Berdasarkan tabel 4.1 beban yang dapat dicatu oleh generator adalah 75 Watt dengan daya optimal 205 volt pada kapasitor 2 μ F, 206 volt pada penggunaan kapasitor 4 μ F, dan 236 volt pada penggunaan kapasitor 6 μ F. Berdasarkan tegangan optimal yang dapat dicatu oleh generator pada beban, dapat dihitung besar regulasi tegangan yang terjadi terhadap tegangan yang dihasilkan PLN.

Berdasarkan persamaan 3.4, didapat besar regulasi tegangan yang dihasilkan generator pada setiap kapasitor seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.7.

Tabel 4.2 Regulasi tegangan

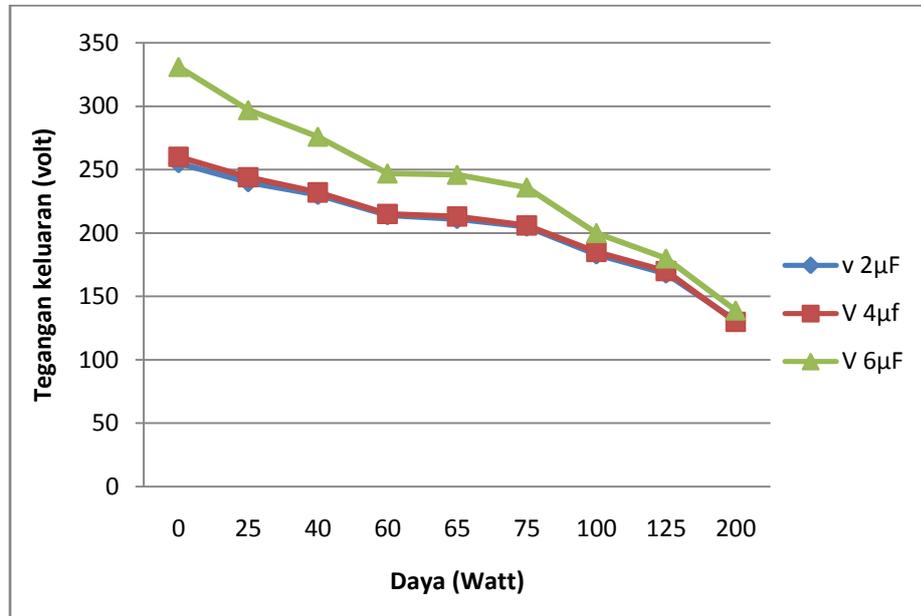
NO	Kapasitor (μF)	Tegangan PLN (Volt)	Tegangan Optimal Generator (Volt)	Regulasi Tegangan (%)
1	2	220	230	-4,5
2	4	220	232	-5.4
3	6	220	276	-25,4

Pemilihan kapasitor sebagai penyedia daya reaktif pada generator menggunakan motor induksi satu fasa dilihat dari regulasi tegangan yang terjadi terhadap tegangan PLN dan besar tegangan maksimal yang dapat dihasilkan.

Berdasarkan hasil perhitungan regulasi tegangan diatas, dapat dilihat bahwa regulasi tegangan pada penggunaan kapsitor 2 μF lebih kecil dibandingkan regulasi tegangan pada kapasitor 4 dan 6 μF .

Tegangan maksimal yang dihasilkan oleh genartor terjadi pada penggunaan kapasitor 6 μF yaitu sebesar 331 volt. Besar tegangan yang dapat dihasilkan tiap kapsitor akan mempengaruhi besar beban yang dapat dicatu oleh generator. Hal ini merupakan salah satu pertimbangan dalam pemilihan kapsitor sebagai penyedia daya reaktif.

Berdasarkan tabel 4.2 dapat dibuat kurva karakteristik tegangan yang dihasilkan terhadap daya yang dihasilkan oleh genrator seperti yang ditunjukkan pada grafik 4.2.



Grafik 4.1 Hubungan daya terhadap tegangan keluaran.

4.1.3 Efisiensi Sistem Generator Induksi

Berdasarkan hasil pengukuran, motor induksi yang digunakan sebagai generator tanpa kapasitor dan dengan kapasitor. Sehingga dapat dihitung besar daya masukan sistem generator induksi sebagai berikut:

Tanpa kapasitor

$$P_{in} = 114 \times 0.120$$

$$P_{in} = 14,8 \text{ watt}$$

Dengan kapasitor 2µf

$$P_{in} = 131 \times 0.662$$

$$P_{in} = 90.2 \text{ watt}$$

Dengan kapasitor 4 μ f

$$P_{in} = 130 \times 0.656$$

$$P_{in} = 85.2 \text{ watt}$$

Dengan kapasitor 6 μ f

$$P_{in} = 139 \times 0.680$$

$$P_{in} = 94.5 \text{ watt}$$

Efisiensi generator induksi adalah:

Tanpa kapasitor

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

$$\eta = \frac{13.5}{14.8} \times 100\%$$

$$\eta = 91.2\%$$

Dengan kapasitor 2 μ f

$$\eta = \frac{84.5}{90.2} \times 100\%$$

$$\eta = 93.4\%$$

Dengan kapasitor 4 μ f

$$\eta = \frac{83.6}{85.2} \times 100\%$$

$$\eta = 97.1\%$$

Dengan kapasitor 6 μ f

$$\eta = \frac{92.7}{94.5} \times 100\%$$

$$\eta = 98\%$$

Pada genarator induksi, semakin besar efisisensi generator terhadap tegangan masukan, semakin baik kinerja dari generator. Pada generator induksi menggunakan motor satu fasa ini, didapat efisiensi berdasarkan perhitungan yang menggunakan kapasitor dan tidak menggunakan kapasitor, yaitu sebesar 91% tanpa kapasitor dan menggunakan kapasitor masing-masing diantara 93%, 97% dan 98%. yang menandakan efisiensi yang besar. Hal tersebut membuktikan bahwa genrator induksi dapat menghasilkan tegangan yang optimal.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil percobaan pemanfaatan motor induksi satu fasa sebagai generator dapat disimpulkan bahwa:

1. Sistem motor induksi sebagai generator dapat mencatu daya optimal sebesar 92 watt. Dan menghasilkan daya generator sebesar 93 watt
2. Regulasi tegangan generator berbeda-beda tergantung kapasitor yang digunakan, tegangan pada kapasitor 2 μ F lebih kecil dibandingkan pada kapasitor 4 μ F dan 6 μ F.
3. Efisiensi generator terbilang besar karena generator menghasilkan efisiensi sebesar 91% tanpa kapasitor dan menggunakan kapasitor berkisar antara 93%, 97% sampai 98%. Hal ini menyatakan bahwa besar efisiensi generator terdapat pada kapsitor 6 μ F.

5.2 Saran

Saran sebagai pengembangan motor induksi sebagai generator sebagai berikut:

1. Motor induksi satu fasa diganti dengan motor yang berkapasitas besar sehingga dapat menghasilkan tegangan yang maksimal.

2. Penggerak mula motor induksi satu fasa sebagai generator sebaiknya diganti dengan motor yang lebih besar agar semakin kencang putaran motor dan dapat menghasilkan tegangan yang optimal.
3. Penambahan alat penstabil tegangan agar tegangan yang dihasilkan stabil.
4. Penambahan alat ukur yang terpasang otomatis sehingga mempermudah melihat pengeluaran tegangan, arus dan frekuensi yang dihasilkan genrator.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Suhendri, “Analisis Dan Simulasi Pengaturan Tegangan Generator Induksi Berpenguatan Sendiri Menggunakan Static Synchronous Compensator (STATCOM),” No. 1, Pp. 83–88.
- [2] M. . Ir.Syamsul Amien, “Studi Pengaruh Arus Eksitasi Pada Generator Sinkron Yang Bekerja Paralel Terhadap Perubahan Faktor Daya,” Vol. 7, No. 1, Pp. 8–15, 2014.
- [3] L. Noprizal, M. Syukri, And S. Syahrizal, “Perancangan Prototype Generator Magnet Permanen 1 Fasa Jenis Fluks Aksial Pada Putaran Rendah,” Vol. 1, No. 1, Pp. 40–44, 2017.
- [4] I. Ridzki, “Analisis Pengaruh Perubahan Eksitasi Terhadap Daya Reaktif Generator,” Pp. 31–41.
- [5] F. Sekeroney, “Penggunaan Motor Induksi Sebagai Generator Arus Bolak Balik,” 2002.
- [6] H. Asy And A. Ardiyatmoko, “Desain Generator Magnet Permanen Kecepatan Rendah Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Angin Atau Bayu (PLTB),” Vol. 2012, No. Snati, Pp. 15–16, 2012.
- [7] J. G. Hilir And D. Ciwaruga, “Motor Induksi Split Phase Sebagai Generator Induksi Satu Fasa,” No. 22, Pp. 83–88.
- [8] H. Prasetijo, Ropiudin, And B. Dharmawan, “Generator Magnet Permanen Sebagai Pembangkit Listrik Putaran Rendah,” *J. Din. Rekayasa*, Vol. 8, No. 2, Pp. 70–77, 2012.
- [9] M. Yusuf, S. B. Daulay, And L. A. Harahap, “Uji Berbagai Diameter Puli Pada Alat Pembuat Sari Kedelai,” Vol. 5, No. 1, Pp. 202–206, 2017.
- [10] H. Purnomo, “Analisis Pengaruh Penempatan Dan Perubahan Kapasitor Terhadap Unjuk Kerja Motor Induksi 3-Fasa Bercatu 1-Fasa,” Vol. III, No. 2, Pp. 27–40, 2009.

LAMPIRAN









ANALISA UNJUK KERJA PEMANFAATAN MOTOR INDUKSI SEBAGAI GENERATOR

Oktien dwi cahyo¹, Rohana², zulfikar³

¹Mahasiswa Program Sarjana Fakultas Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

^{2,3} Staf Pengajar dan Pembimbing Program Sarjana Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

Abstrak

Penelitian ini berdasarkan pengamatan pada umumnya sekitar 30% energi utama pada sepeda motor terbuang sebagai limbah panas melalui gas buang (*exhaust*), yang mana energi panas tersebut dapat dimanfaatkan untuk diubah menjadi sumber energi listrik menggunakan *thermoelectric*, alat ini dapat mengkonversi energi panas yang terbuang menjadi sumber energi listrik yang dapat digunakan, disini juga peneliti menganalisa rangkaian yang paling optimal dalam menghasilkan output tegangan, arus listrik dan daya listrik, dan juga mempelajari perubahan temperatur suhu panas terhadap output yang dihasilkan. Variable bebas yang divariasikan yaitu jenis rangkaian, waktu pengambilan data pada siang dan malam juga nilai koefisien dari *thermoelectric*. Dari semua data dan juga pengamatan yang telah dilakukan, bahwa temperatur menjadi faktor yang sangat berpengaruh dalam menghasilkan output tegangan dan arus listrik, semakin besar gradien suhu (ΔT) yang dihasilkan, maka akan semakin besar nilai output pada *thermoelectric*. Pada rangkaian paralel daya yang dihasilkan lebih besar yaitu 19,24 Watt namun tegangan yang dihasilkan lebih kecil yaitu 1,743 Volt, sedangkan pada rangkaian seri daya listrik yang dihasilkan sebesar 13,51 Watt namun nilai tegangannya lebih besar yaitu 6,69 Volt, dan nilai koefisien tertinggi pada penelitian ini yaitu sebesar 0,19977 V/K. Temperatur exhaust 90°C dengan enam peltier terangkai paralel direkomendasikan pada sepeda motor untuk mendapatkan daya listrik paling optimal.

Kata kunci : Motor induksi, generator induksi, sabuk penghubung, puli-puli, efisiensi.

I. PENDAHULUAN

Hampir disetiap rumah tangga dan industri terdapat suatu mesin listrik yang dapat beroperasi sebagai generator baik satu fasa dan tiga fasa. Namun mesin listrik ini tidak diberi label tetapi dapat berfungsi sebagai generator. Mesin ini dikenal dengan sebutan motor induksi dan terdapat pada pompa air, mesin cuci, mesin pengering, blower dan mesin- mesin lain sebagainya.

Bila slip dibuat negatif atau dengan kata lain kecepatan berputar rotor dibuat lebih besar dari kecepatan sinkron maka mesin akan berfungsi sebagai generator dan tegangan output akan dikembalikan di jala-jala. Kerja mesin ini disebut pengereman regeneratif. Dengan demikian bila mesin digerakan oleh suatu penggerak mula diatas putaran sinkronnya maka mesin akan bertindak sebagai sebuah generator.

Disamping banyak dan murah mesin ini juga bila digunakan sebagai generator akan menghasilkan tegangan yang murni dan karena tidak menggunakan slip ring dan

sikat arang, dan tegangan yang dihasilkan tidak menimbulkan gangguan RFI (*radio frequency interference*).

Untuk dapat berfungsi sebagai generator, disamping slip dibuat negatif atau dengan kata lain kecepatan putar rotor dibuat lebih besar dari kecepatan medan putar juga dibutuhkan tegangan kapasitif yang akan menginduksi arus serta penambahan magnet di rotor dan merubah lilitan pada motor induksi.

Untuk menghasilkan generator induksi pada motor dan mendapat unjuk kerja dari pemanfaatan motor induksi sebagai generator induksi, yang dapat ditinjau dari kecepatan putaran generator, besar beban, dan frekuensi yang dihasilkan serta dengan melihat berapa daya optimal dan faktor daya generator induksi, regulasi tegangan dan penyedia daya reaktif, dan efisiensi sistem generator induksi.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka Relevan

Berikut ini beberapa penelitian yang dilakukan oleh peneliti-peneliti terdahulu untuk mendukung penelitian penulis dalam melakukan analisa pada sistem kerja pengasut manual terhadap perubahan beban dan faktor daya untuk pembagian beban antara lain :

Generator induksi adalah generator yang memiliki prinsip dan konstruksinya sama dengan motor induksi yang sudah umum digunakan, hanya saja dibutuhkan prime mover sehingga putaran rotor lebih besar daripada putaran stator ($n_r > n_s$) untuk membangkitkan tegangan. Generator induksi lebih banyak digunakan pada daerah terpencil yang belum terjangkau listrik. Umumnya generator induksi digunakan untuk membangkitkan energi listrik berdaya kecil seperti pada pembangkit listrik tenaga angin dan mikrohidro. Dalam pengoperasian generator induksi memiliki masalah pada tegangan keluaran generator yang tidak konstan. Oleh sebab itu diperlukan adanya sebuah sistem kontrol untuk mengatur tegangan keluaran generator induksi. Dengan menggunakan pengontrolan, tegangan yang dihasilkan oleh generator induksi berpenguatan sendiri menjadi lebih halus tanpa adanya *ripple* dan lebih stabil (Suhendri : 2016)[1].

Generator sinkron (alternator) merupakan mesin listrik yang merubah energi mekanis menjadi energi listrik melalui proses induksi elektomagnetik. Jika generator sinkron dibebani maka akan memberikan sifat yang berbeda sesuai dengan jenis beban yang dipikulnya. Sehingga dalam pembebanan ini akan menentukan nilai faktor daya pada generator tersebut. Faktor daya mempunyai pengertian sebagai besaran yang menunjukkan seberapa efisien mesin yang dimiliki dalam menyalurkan daya yang bisa

dimanfaatkan. Oleh sebab itu, dengan diaturnya arus eksitasi pada generator yang bekerja paralel maka akan mengatur daya reaktif yang dibutuhkan pada generator tersebut sehingga dapat menentukan perubahan faktor daya pada masing-masing generator. Dalam penelitian ini dilakukan pengaturan arus eksitasi pada masing-masing generator 'spesifik terbatas' (Amien : 2014)[2].

Analisis pengaturan tegangan pada generator sinkron fasa-fasa akibat pembebanan yang tidak seimbang. Pada penelitian yang dilakukan khatimah, dengan asumsi bahwa beda sudut fasa dari fasor-fasor arus fasa (I_{ph}) adalah seimbang sementara besar atau magnitudenya tidak seimbang maka diperoleh bahwa perubahan pengaturan tegangan (ΔV_R) akan mengikuti pola perubahan arus fasa (ΔI_{ph}) pada beban seimbang. Hasil penelitian menunjukkan pula bahwa pada beban tidak seimbang, maka perubahan faktor ketidak-seimbangan (ΔU_F) mengikuti pola perubahan arus dalam salah satu fasa, sementara perubahan pengaturan tegangan mengikuti pola perubahan arus fasa yang bersangkutan. Menurut Terimananda, Hariyanto, dan Syahril menyatakan bahwa Perubahan suatu beban akan mempengaruhi tegangan keluaran generator. Apabila beban naik maka tegangan keluaran generator turun dan apabila beban turun maka tegangan keluaran generator naik. Supaya tegangan keluaran generator tetap diperlukan suatu pengaturan tegangan keluaran generator. Pengaturan tegangan keluaran generator dilakukan dengan mengatur arus eksitasi generator. Sistem pengaturan arus eksitasi generator memakai *Automatic Voltage Regulator* (AVR). Tegangan keluaran disearahkan oleh semikonverter, kemudian dimasukkan ke kumparan medan AC-Exciter dan tegangan keluaran dari AC-Exciter disearahkan oleh diode penyearah dan diberikan ke kumparan medan generator utama (Terimananda, Hariyanto, dan Syahrizal ; 2015)[3].

Eksitasi adalah bagian dari sistem dari generator yang berfungsi membentuk/menghasilkan fluksi yang berubah terhadap waktu, sehingga dihasilkan gaya gerak listrik (GGL) induksi. Pengaruh perubahan eksitasi terhadap daya reaktif generator pada unit pembangkitan berkaitan dengan operasi pamparalelan generator sinkron dengan sistem daya, perubahan beban, dan perubahan tegangan. Tegangan

cenderung konstan agar sinkronisasi terjaga dengan sistem (Imron : 2013)[4].

Motor induksi merupakan salah satu motor listrik arus bolak-balik yang luas penggunaannya baik di industri maupun rumah tangga. Penggunaannya yang utama adalah sebagai prime mover pada alat-alat rumah tangga atau peralatan produksi di industri. Bilamana slip dibuat negatif atau dengan kata lain kecepatan putar rotor (n_r) lebih besar dari pada kecepatan medan putar (n_s) maka motor akan berfungsi sebagai generator. Penggunaan motor induksi sebagai generator memiliki beberapa keunggulan yaitu ; menghasilkan tegangan sinewave yang murni , karena tidak menggunakan sikat arang maka tidak menghasilkan gangguan RFI (radio frequency interference). Agar dapat berfungsi sebagai generator dibutuhkan tegangan kapasitip yang akan menghasilkan arus induksi pada rotor untuk keperluan excitasi. Arus kapasitip disediakan oleh kapasitor tambahan yang dipasang paralel dengan output generator. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan parameter-parameter yang dibutuhkan dalam mengoperasikan suatu motor induksi sebagai generator arus bolak-balik yang meliputi : daya generator, daya dan rpm prime mover, kapasitas dan konfigurasi kondensator, kapasitas beban serta bagaimana karakteristik generator tersebut (Ferdinand sekeroney : 2009)[5].

2.2 Generator AC 1 Fasa

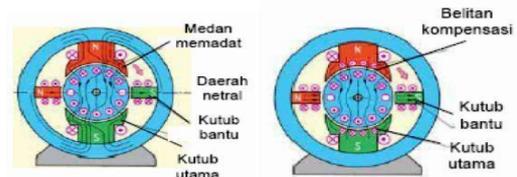
Generator adalah mesin pembangkit tenaga listrik dengan masukan tenaga mekanik, jadi generator berfungsi untuk mengubah tenaga mekanik menjadi tenaga listrik. Generator AC termasuk mesin serempah (mesin sinkron) dan sering disebut juga sebagai alternator, generator *alternating current* (AC), atau generator sinkron. Dikatakan generator sinkron karena jumlah putaran rotornya sama dengan jumlah putaran medan magnet pada stator. Kecepatan sinkron dihasilkan dari kecepatan putaran rotor dengan kutub kutub magnet yang berputar pada kecepatan yang sama dengan medan putar motor stator. Listrik yang dihasilkan adalah listrik arus bolak-balik. Prinsip yang digunakan adalah percobaan Faraday, yang mengatakan bahwa suatu penghantar yang berada pada sejumlah garis gaya magnet yang berubah-ubah,

penghantar tersebut akan menghasilkan gaya gerak listrik (GGL) induksi[6].

2.3 Prinsip kerja generator AC

Arus listrik AC (*Alternating Current*) merupakan arus listrik yang arahnya bolak-balik pada sebuah rangkaian listrik. Jika pada rangkaian listrik DC arus listrik mengalir dari kutub positif ke kutub negatif, lain halnya dengan rangkaian listrik AC dimana arus listrik bergerak secara periodik bolak-balik arah dari kutub satu ke yang lainnya.

Arus listrik AC (*Alternating Current*) merupakan arus listrik yang arahnya bolak-balik pada sebuah rangkaian listrik. Jika pada rangkaian listrik DC arus listrik mengalir dari kutub positif ke kutub negatif, lain halnya dengan rangkaian listrik AC dimana arus listrik bergerak secara periodik bolak-balik arah dari kutub satu ke yang lainnya.



Gambar 2.10 Pembangkit tegangan induksi

Sumber : (<https://blogs.itb.ac.id>).

Sebelum lebih dalam membahas generator AC, ada baiknya kita mengenal hukum Faraday mengenai induksi elektromagnetik sebagai fenomena dasar yang diterapkan pada generator. Hukum Faraday menyebutkan jika terjadi perubahan garis gaya magnet pada sebuah kumparan kawat, maka akan timbul gaya gerak listrik (GGL) pada kawat tersebut. Jika kumparan kawat dihubungkan dengan rangkaian listrik tertutup, maka akan timbul pula arus listrik yang mengalir pada rangkaian.

Memahami hukum Faraday, kita tidak dapat lepas dengan kaidah tangan kanan yang diperkenalkan oleh John Ambrose Fleming. Kaidah tangan kanan Fleming adalah sebuah metode mnemonic untuk memudahkan kita menentukan arah vektor dari ketiga komponen hukum Faraday, yakni arah gaya gerak kumparan kawat, arah medan magnet, serta arah arus listrik. Jika Anda menirukan posisi jari tangan kanan

Anda seperti pada gambar di atas, maka ibu jari akan menunjukkan arah gaya (torsi), jari telunjuk menunjukkan arah medan magnet, dan jari tengah menunjukkan arah arus listrik.

Kembali pada skema komponen-komponen generator AC di atas, rotor generator diskemakan dengan sebuah kawat angker penghantar listrik (*armature*) yang membentuk persegi panjang. Masing-masing ujung kawat angker terhubung dengan cincin logam yang biasa kita kenal dengan sebutan *slip ring*. *Slip ring* ini termasuk bagian dari rotor, sehingga ia ikut berputar dengan rotor. Komponen *slip ring* inilah yang membedakan antara generator AC dengan DC. Jika pada generator DC digunakan cincin belah sebagai penyearah arus, pada generator AC *slip ring* berbentuk lingkaran penuh dan terhubung dengan masing-masing ujung *armature*.

Untuk sisi stator generator tersusun atas dua magnet dengan kutub berbeda yang saling berhadapan. Pada bagian yang kontak langsung dengan *slip ring*, stator dilengkapi dengan sikat karbon yang berfungsi untuk menghubungkan arus listrik yang dibangkitkan pada kawat angker ke rangkaian listrik di luar generator.

2.4 Motor induksi 1 Fasa

Motor dalam dunia kelistrikan ialah mesin yang digunakan untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Salah satu motor listrik yang umum digunakan dalam banyak aplikasi ialah motor induksi. Motor induksi merupakan salah satu mesin asinkronous (asynchronous motor) karena mesin ini beroperasi pada kecepatan dibawah kecepatan sinkron. Kecepatan sinkron sendiri ialah kecepatan rotasi medan magnetik pada mesin. Kecepatan sinkron ini dipengaruhi oleh frekuensi mesin dan banyaknya kutub pada mesin. Motor induksi selalu berputar dibawah kecepatan sinkron karena medan magnet yang dibangkitkan stator akan menghasilkan fluks pada rotor sehingga rotor tersebut dapat berputar. Namun fluks yang terbangkitkan oleh rotor mengalami lagging dibandingkan fluks yang terbangkitkan pada stator sehingga kecepatan rotor tidak akan secepat kecepatan putaran medan magnet. Berdasarkan suplai input yang digunakan, motor induksi dibagi menjadi dua jenis, yaitu motor: induksi 1 fasa dan motor induksi 3 fasa. prinsip

kerjanya sendiri kedua jenis motor induksi tersebut memiliki prinsip kerja yang sama. Yang membedakan dari kedua motor induksi ini ialah motor induksi 1 fasa tidak dapat berputar tanpa bantuan gaya dari luar sedangkan motor induksi 3 fasa dapat berputar sendiri tanpa bantuan gaya dari luar[7].

2.5 Motor Induksi Satu Fasa Sebagai Generator

Motor induksi 1 fasa berfungsi sebagai penghasil tegangan, memiliki sumber tegangan yang telah diubah lilitannya dan ditambahkan medan magnet didalam sangkar motor induksi 1 fasa. Maka dengan adanya medan magnet menjadikan Gaya gerak listrik (GGL) sehingga motor induksi menjadi penghasil tegangan atau Generator. dengan penambahan dan perubahan jumlah lilitan kawat tembaga didalamnya dan perubahan bentuk atau arah lilitan menjadi bentuk lilitan spul maka motor induksi menghasilkan tegangan listrik yang lebih besar dari pada motor induksi sebelumnya. dengan demikian besar tegangan yang dihasilkan generator tergantung dengan jumlah lilitan dan kecepatan putaran penggerak mula. proses perubahan motor induksi menjadi generator dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya terdapat penggerak mula, transmisi sabuk, dan pengaruh kapasitor[5].

2.6 Penggerak Mula

Sebuah generator dapat bekerja apabila rotor yang terdapat pada generator diputar oleh penggerak utama. Penggerak utama harus dapat memutar rotor pada saat generator induksi belum dibebani, sehingga generator induksi dapat bekerja dengan baik. Penggerak utama dibagi dalam dua kelompok yaitu untuk *high-speed* dan *low speed* generator. Turbin gas pada PLTD dan uap pada PLTU adalah penggerak utama berkecepatan tinggi sementara air pada sistem PLTH dan mesin-mesin diesel sebagai penggerak utama pada kecepatan rendah.

2.7 Proses Menjadi Generator Induksi

Motor induksi 1 fasa berfungsi sebagai penghasil tegangan yang memiliki sumber tegangan yang telah diubah lilitannya dan ditambahkan medan magnet didalam sangkar motor induksi 1 fasa. Maka

dengan adanya medan magnet menjadikan Gaya gerak listrik(GGL) sehingga motor induksi menjadi penghasil tegangan atau Generator.dengan penambahan dan perubahan jumlah lilitan kawat tembaga didalamnya dan perubahan bentuk atau arah lilitan menjadi bentuk lilitan spul maka motor induksi menghasilkan tegangan listrik yang lebih besar dari pada motor induksi sebelumnya.dengan demikian besar tegangan yang dihasilkan generator tergantung dengan jumlah lilitan dan kecepatan putaran penggerak mula. Pembongkaran lilitan pompa air pada stator dan memulai penggulangan ulang pada motor untuk merubah menjadi generator dengan cara melilitnya kembali dan merubah arah ujung lilitan pengeluaran. Dan pada pompa air jumlah lilitannya sebanyak 140 lilitan dan setelah dirubah menjadi generator jumlah lilitan menjadi sebanyak 70 lilitan hal ini dikarenakan kawat email setelah dirubah menjadi generator lebih besar dari pada lilitan motor, lilitan generator sebesar 0,4 mm sedangkan pada motor sebesar 0,2 mm. Penggantian ukuran lilitan tersebut dikarenakan agar induksi yang dihasilkan oleh lilitan menjadi lebih besar dari pada lilitan motor. Pada rotor generator juga ditambahkan magnet agar terjadi medan elektromagnetik yang lebih besar pada saat rotor berputar dan generator dapat menghasilkan gaya gerak listrik (GGL). Perbedaan lilitan dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 2. 30 Lilitan sebelum dirubah menjadi generator



Gambar 2. 11 Lilitan sesudah dirubah menjadi generator

2.6 Efisiensi Generator Induksi

Efisiensi generator induksi dapat dihitung dengan persamaan:

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \dots\dots\dots(3.0)$$

Dimana:

- η = efisiensi generator (%)
- P_{out} = daya *output* generator induksi
- P_{in} = daya *input* generator induksi

Besarnya daya output generator induksi di hitung dalam persamaan:

$$P_{out} = V \times I \dots\dots\dots(3.1)$$

Dimana:

- P_{out} = daya *output* generator induksi
- V = tegangan keluaran generator (Volt)
- I = Arus yang dihasilkan generator (Ampere)

Faktor daya motor induksi dapat dihitung dengan persamaan:

$$Cos\varphi = \frac{P_o}{V \times I} \dots\dots\dots(3.2)$$

Dimana:

- $Cos\varphi$ = factor daya
- P_o = daya keluaran motor induksi
- V = tegangan keluaran generator (Volt)
- I = Arus yang dihasilkan generator (Ampere)

Daya optimal yang dapat dicatu oleh generator dihitung dengan persamaan:

$$P_{out} = Cos\varphi \times P_o \dots\dots\dots(3.3)$$

Dimana:

- P_{out} = daya *output* generator induksi
- $Cos\varphi$ = factor daya
- P_o = Daya keluaran motor induksi

persamaan untuk menghitung regulasi tegangan generator terhadap tegangan yang dihasilkan PLN:

$$Re\ g_{TEG} = \frac{V_{PLN} - V_{generator}}{V_{PLN}} \times 100\% \dots\dots\dots(3.4)$$

III. METODE PENELITIAN

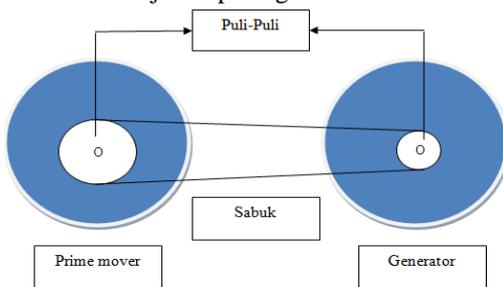
3.1 Tempat dan Waktu Pelaksanaan

Penelitian di laksanakan di Laboratorium UMSU (Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara). Jln Muchtar Basri No.3 Medan., jalan Kapten Mukhtar Basri No. 3 Glugur Darat II Medan. Waktu Penelitian di rencanakan berlangsung selama lebih kurang 4 (empat) bulan, dimulai dari perencanaan bahan, perancangan bahan, pemrograman alat, pengujian, dan pengambilan data pengujian.

3.2 Model Rangkaian

Motor induksi dapat dioperasikan sebagai generator dengan cara memutar rotor pada kecepatan diatas kecepatan sinkronnya dan mesin bekerja pada slip negatif ($s < 0$). *Prime mover* digunakan sebagai penggerak utama generator induksi agar generator berputar diatas kecepatan sinkron.

Prime mover yang digunakan adalah motor induksi satu fasa, dalam hal ini mesin pompa air atau motor induksi rotor sangkar. Sistem ini dibutuhkan dua buah motor induksi satu fasa yaitu sebagai penggerak mula dan sebagai generator induksi. Kedua motor tersebut dihubungkan dengan sabuk dan puli-puli antara *prime mover* dan generator induksi. Model rangkaian secara umum ditunjukkan pada gambar 3.1.



Gambar 3.7 Model rangkaian

Prime mover dihubungkan dengan tegangan PLN 220 Volt sehingga motor *prime mover* dapat memutar generator yang telah dihubungkan dengan puli-puli motor. Puli-puli generator dirancang berbeda ukurannya agar mendapatkan perbandingan putaran rotor antara *prime mover* dan generator induksi.

3.3 Rancangan Mekanik Generator Induksi

Dudukan generator induksi dan penggerak utama serta beban menggunakan kayu berukuran panjang 86 cm dan lebar 20 cm. Rancangan mekanik generator ditunjukkan pada gambar 3.2



Gambar 3.8 Rancangan mekanik generator

Keterangan gambar 3.2:

Penggerak utama
Sabuk penghubung
Generator induksi



Gambar 3.9 Beban generator induksi

Keterangan gambar 3.3:

Lampu pijar
Stop kontak
Mcb

3.4 Rancangan Sistem Motor Menjadi Generator Induksi

Perancangan pembuatan dan pemasangan instalasi motor induksi satu fasa sebagai generator melalui beberapa tahap. Tahap-tahap pembuatan dan pemasangan meliputi menghitung kecepatan putar motor induksi mula-mula, merancang puli generator induksi dan menghitung slip generator induksi.

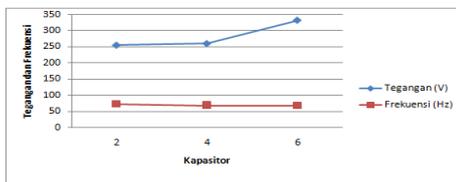
3.5 Pengujian Tanpa Beban

Pengujian tanpa beban dilakukan dengan cara mengukur tegangan keluaran yang dihasilkan oleh generator dan membarikan variasi kapasitor pada generator induksi.

Kapasitor yang digunakan adalah $2\mu\text{F}$, $4\mu\text{F}$, dan $6\mu\text{F}$. penggunaan variasi kapasitor dilakukan untuk melihat perubahan kecepatan putar, tegangan, dan frekuensi yang dihasilkan generator induksi pada setiap kenaikan kapasitor.

Tabel 3.2 hasil pengujian tanpa beban

NO	Kapasitor (μF)	Putaran Motor (RPM)	Putaran Generator (RPM)	Tegangan (Volt)	Frekuensi (Hertz)
1	0	2800	4889	195	73
2	2	2733	4839	255	73
3	4	2787	4417	260	70
	6	2568	4151	331	69



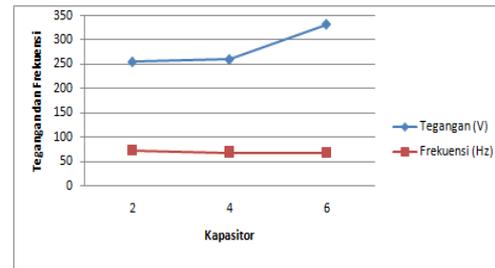
Grafik 3.2 Perubahan tegangan dan frekuensi terhadap kecepatan generator

Berdasarkan grafik 3.2 dapat dilihat bahwa semakin kecil kapasitor yang digunakan, semakin cepat putaran rotor generator induksi dan sebaliknya, jika kapasitor yang digunakan semakin besar, maka kecepatan putar rotor generator semakin melambat. Hal tersebut dikarenakan frekuensi yang dihasilkan generator induksi tergantung pada nilai kapasitor yang digunakan sebagai daya reaktif seperti yang telah dikemukakan oleh Chairul Gagarin Irianto dalam studi penggunaan motor induksi sebagai generator yang menyatakan bahwa :

$$C = \frac{1}{2\pi f x_c}$$

$$f = \frac{1}{2\pi c x_c}$$

Berdasarkan persamaan tersebut, jika semakin besar nilai kapasitor yang digunakan sebagai penyedia daya reaktif generator, maka frekuensi dan hasil semakin kecil. Sebaliknya, jika semakin kecil kapasitor digunakan, maka frekuensi yang dihasilkan generator semakin besar.



Grafik 3.6 Perubahan tegangan dan frekuensi terhadap kecepatan generator

Frekuensi yang dihasilkan generator induksi berpengaruh terhadap kecepatan putar rotor generator induksi, karena:

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

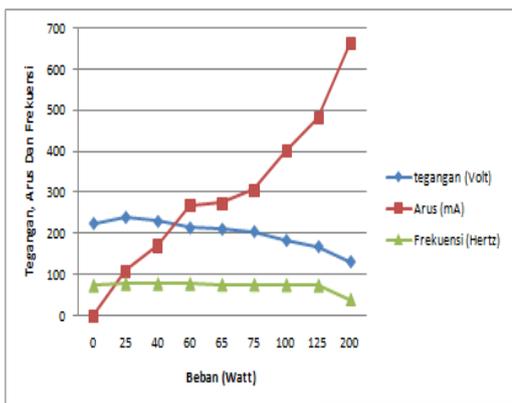
Berdasarkan persamaan tersebut, jika frekuensi yang dihasilkan generator semakin besar, maka kecepatan putar generator semakin cepat.

3.6 PENGUJIAN DENGAN BEBAN

Pengujian menggunakan beban dilakukan dengan cara memberikan variasi beban yang berbeda pada tegangan keluaran generator induksi dengan menggunakan kapasitor yang berbeda. Penggunaan variasi kapasitor dilakukan untuk melihat besar beban maksimal yang dapat dicatu oleh tiap-tiap kapasitor.

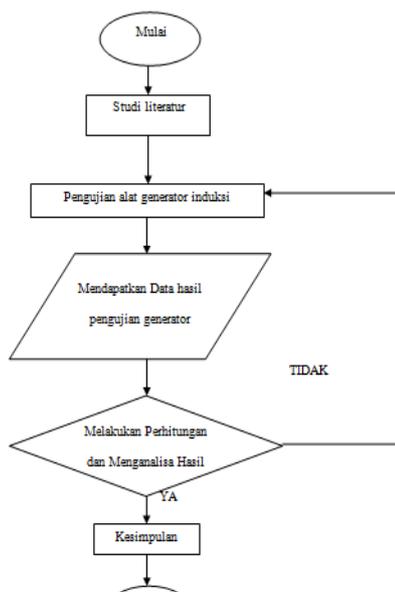
No	Beban Generator (Watt)	Putaran Motor (RPM)	Putaran generator (RPM)	Tegangan (Volt)	Arus (mA)	Frekuensi (Hz)
1	0	2733	4839	255	0	73
2	25	2973	4645	240	108	77
3	40	2852	4625	230	170	77
4	60	2817	4569	214	268	77
5	65	2895	4555	211	274	75
6	75	3823	4536	205	306	75
7	100	3206	4740	183	401	74
8	125	4182	4423	168	482	73
9	200	4093	4354	131	662	40

Berdasarkan table 3.3 pada pengujian dengan menggunakan kapasitor 2 mF dapat dilihat besar tegangan minimum yang dapat dihasilkan generator adalah 131 Volt pada beban 200 Watt dan tegangan maksimum yang dapat dihasilkan adalah 255 Volt pada beban 0 Watt. Grafik perubahan tegangan arus dan frekuensi terhadap beban ditunjukkan kepada grafik 3.3.



Grafik 3.7 Perubahan tegangan arus dan frekuensi terhadap beban pada kapasitor 2 μ F

3.7 Flowchart Penelitian



IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Daya Keluaran Optimal dan Daya Generator Induksi

Pada pengujian berbeban tanpa kapasitor dan dengan variasi kapasitor 2 μ F, 4 μ F, dan 6 μ F jika semakin besar beban yang diberikan pada generator, maka lampu pijar beban akan semakin redup. Hal tersebut dikarenakan generator tidak dapat mencatu beban dengan optimal, sehingga terjadi jatuh tegangan pada generator. dapat dihitung besar daya generator dan daya optimal yang dapat dicatu oleh generator sebagai berikut:

Berdasarkan pengujian menggunakan variasi kapasitor dapat dibuat tabel tegangan keluaran pada tiap-tiap kapasitor seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.1.

Tabel 4.3 Tegangan keluaran pada masing-masing kapasitor.

No	Daya (Watt)	V 2 μ F (Volt)	V 4 μ F (Volt)	V 6 μ F (Volt)
1	0	255	260	331
2	25	240	244	297
3	40	230	232	276
4	60	214	215	247
5	65	211	213	246
6	75	205	206	236
7	100	183	185	200
8	125	168	170	180
9	200	131	130	139

Pada proses pembebanan, besar beban yang dapat dicatu oleh generator dengan optimal adalah 75 Watt. Hal ini dikarenakan daya maksimal yang dapat dicatu secara optimal oleh generator adalah sebesar 92 Watt.

Berdasarkan tabel 4.1 beban yang dapat dicatu oleh generator adalah 75 Watt dengan daya optimal 205 volt pada kapasitor $2\mu\text{F}$, 206 volt pada penggunaan kapsitor $4\mu\text{F}$, dan 236 volt pada penggunaan kapasitor $6\mu\text{F}$. Berdasarkan tegangan optimal yang dapat dicatu oleh generator pada beban, dapat dihitung besar regulasi tegangan yang terjadi terhadap tegangan yang dihasilkan PLN.

Berdasarkan persamaan 3.4, didapat besar regulasi tegangan yang dihasilkan generator pada setiap kapasitor seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.7.

Berdasarkan persamaan 3.4, didapat besar regulasi tegangan yang dihasilkan generator pada setiap kapasitor seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.7.

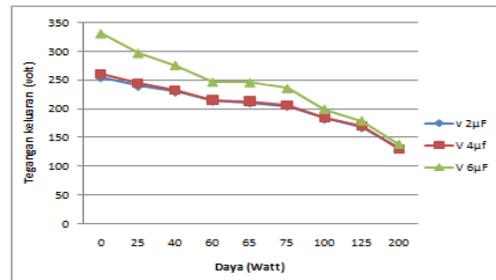
No	Daya (Watt)	V $2\mu\text{F}$ (Volt)	V $4\mu\text{F}$ (Volt)	V $6\mu\text{F}$ (Volt)
1	0	255	260	331
2	25	240	244	297
3	40	230	232	276
4	60	214	215	247
5	65	211	213	246
6	75	205	206	236
7	100	183	185	200
8	125	168	170	180
9	200	131	130	139

Pemilihan kapasitor sebagai penyedia daya reaktif pada generator menggunakan motor induksi satu fasa dilihat dari regulasi tegangan yang terjadi terhadap tegangan PLN dan besar tegangan maksimal yang dapat dihasilkan.

Berdasarkan hasil perhitungan regulasi tegangan diatas, dapat dilihat bahwa regulasi tegangan pada penggunaan kapsitor $2\mu\text{F}$ lebih kecil dibandingkan regulasi tegangan pada kapasitor 4 dan $6\mu\text{F}$.

Tegangan maksimal yang dihasilkan oleh genartor terjadi pada penggunaan kapasitor $6\mu\text{F}$ yaitu sebesar 331 volt. Besar tegangan yang dapat dihasilkan tiap kapsitor akan memperngaruhi besar beban yang dapat dicatu oleh generator. Hal ini merupakan salah satu pertimbangan dalam pemilihan kapsitor sebagai penyedia daya reaktif.

Berdasarkan tabel 4.2 dapat dibuat kurva karakteristik tegangan yang dihasilkan terhadap daya yang diahsilkan oleh genrator seperti yang ditunjukkan pada grafik 4.2.



Grafik 4.2 Hubungan daya terhadap tegangan keluaran

KESIMPULAN

Dari hasil percobaan pemanfaatan motor induksi satu fasa sebagai generator dapat disimpulkan bahwa:

4. Sistem motor induksi sebagai generator dapat mencatu daya optimal sebesar 92 watt. Dan menghasilkan daya generator sebesar 93 watt
5. Regulasi tegangan generator berbeda-beda tergantung kapasitor yang digunakan, tegangan pada kapasitor $2\mu\text{F}$ lebih kecil dibandingkan pada kapasitor $4\mu\text{F}$ dan $6\mu\text{F}$.
6. Efisiensi generator terbilang besar karena generator menghasilkan efisiensi sebesar 91% tanpa kapasitor dan menggunakan kapasitor berkisar antara 93%, 97% sampai 98%. Hal ini menyatakan bahwa besar efisiensi generator terdapat pada kapsitor $6\mu\text{F}$.

SARAN

Saran sebagai pengembangan motor induksi sebagai generator sebagai berikut:

5. Motor induksi satu fasa diganti dengan motor yang berkapasitas besar sehingga dapat menghasilkan tegangan yang maksimal.
6. Penggerak mula motor induksi satu fasa sebagai generator sebaiknya diganti dengan motor yang lebih besar agar semakin kencang putaran motor dan dapat menghasilkan tegangan yang optimal.
7. Penambahan alat penstabil tegangan agar tegangan yang dihasilkan stabil.
8. Penambahan alat ukur yang terpasang otomatis sehingga mempermudah melihat pengeluaran tegangan, arus dan frekuensi yang dihasilkan generator.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Suhendri, "Analisis Dan Simulasi Pengaturan Tegangan Generator Induksi Berpenguatan Sendiri Menggunakan Static Synchronous Compensator (STATCOM)," No. 1, Pp. 83–88.
- [2] M. . Ir.Syamsul Amien, "Studi Pengaruh Arus Eksitasi Pada Generator Sinkron Yang Bekerja Paralel Terhadap Perubahan Faktor Daya," Vol. 7, No. 1, Pp. 8–15, 2014.
- [3] L. Noprizal, M. Syukri, And S. Syahrizal, "Perancangan Prototype Generator Magnet Permanen 1 Fasa Jenis Fluks Aksial Pada Putaran Rendah," Vol. 1, No. 1, Pp. 40–44, 2017.
- [4] I. Ridzki, "Analisis Pengaruh Perubahan Eksitasi Terhadap Daya Reaktif Generator," Pp. 31–41.
- [5] F. Sekeroney, "Penggunaan Motor Induksi Sebagai Generator Arus Bolak Balik," 2002.
- [6] H. Asy And A. Ardiyatmoko, "Desain Generator Magnet Permanen Kecepatan Rendah Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Angin Atau Bayu (PLTB)," Vol. 2012, No. Snati, Pp. 15–16, 2012.
- [7] J. G. Hilir And D. Ciwaruga, "Motor Induksi Split Phase Sebagai Generator Induksi Satu Fasa," No. 22, Pp. 83–88.
- [8] H. Prasetijo, Ropiudin, And B. Dharmawan, "Generator Magnet Permanen Sebagai Pembangkit Listrik Putaran Rendah," *J. Din. Rekayasa*, Vol. 8, No. 2, Pp. 70–77, 2012.
- [9] M. Yusuf, S. B. Daulay, And L. A. Harahap, "Uji Berbagai Diameter Puli Pada Alat Pembuat Sari Kedelai," Vol. 5, No. 1, Pp. 202–206, 2017.
- [10] H. Purnomo, "Analisis Pengaruh Penempatan Dan Perubahan Kapasitor Terhadap Unjuk Kerja Motor Induksi 3-Fasa Bercatu 1-Fasa," Vol. III, No. 2, Pp. 27–40, 2009.

