

SKRIPSI

ANALISA GENERATOR INDUKSI 1 FASA DAYA KECIL



DISUSUN OLEH :

MUH. ALIFYANZAH

105821115117

MUH. SABRI

105821113717

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR

2022

HALAMAN JUDUL

“ANALISA GENERATOR INDUKSI 1 FASA DAYA KECIL”

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat

Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Program Studi Teknik Elektro

Disusun dan Diajukan Oleh :

MUH. ALIFYANZAH
105821115117

MUH. SABRI
105821113717

13/08/2022

1 cap
Smb. Alumni

R/0043/ELT/2220
ALI
a'

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR

2022



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan untuk memenuhi syarat ujian guna memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST) Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.

Judul Skripsi : **ANALISA GENERATOR INDUKSI 1 FASA DAYA KECIL**

Nama : 1. Muh. Alifyanzah

2. Muh. Sabri

Stambuk : 1. 105 82 11151 17

2. 105 82 11137 17

Makassar, 30 Agustus 2022

Telah Diperiksa dan Disetujui
Oleh Dosen Pembimbing;

Pembimbing I

Pembimbing II


Ir. Abdul Hafid, M.T.


Adriani, S.T., M.T.

Mengetahui,

Ketua Prodi Teknik Elektro




Adriani, S.T., M.T.

NBM : 1044 202



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

PENGESAHAN

Skripsi atas nama **Muh. Alifyanzah** dengan nomor induk Mahasiswa 105 82 11151 17 dan **Muh. Sabri** dengan nomor induk Mahasiswa 105 82 11137 17, dinyatakan diterima dan disahkan oleh Panitia Ujian Tugas Akhir/Skripsi sesuai dengan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar Nomor : 0008/SK-Y/20201/091004/2022, sebagai salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar pada hari Selasa, 30 Agustus 2022.

Panitia Ujian :

1. Pengawas Umum

Makassar,

03 Shafar 1443 H

30 Agustus 2022 M

a. Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar

Prof. Dr. H. Ambo Asse, M.Ag

b. Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

Prof. Dr. Eng. Muhammad Isran Ramli, S.T., M.T

2. Penguji

a. Ketua : Dr. Eng. Ir. H. Zulfajri Basri Hasanuddin, M.Eng

b. Sekretaris : Rahmania, S.T., M.T

3. Anggota

1. Dr. Ir. Zahir Zainuddin, M.Sc

2. Dr. Umar Katu, S.T., M.T

3. Dr. Ir. H. Antarissubhi, S.T., M.T

Mengetahui

Pembimbing I

Pembimbing II

Ir. Abdul Hafid, M.T

Adriani, S.T., M.T.

Dekan



Dr. Ir. Hj. Nurnawaty, S.T., M.T., IPM

NBM : 795 108

ABSTRAK

Energi listrik adalah energi yang sangat dibutuhkan. Kebutuhan energi listrik setiap tahunnya semakin meningkat, karena semakin banyak penduduk yang memerlukan energi listrik untuk menunjang aktifitas hidup sehari-hari. Untuk memenuhi kebutuhan energi listrik tersebut perlu adanya pemanfaatan motor listrik induksi sebagai generator induksi sebagai sumber tenaga listrik alternatif. Pada penelitian ini, penulis menggunakan motor induksi 1 fasa dengan daya kecil (dibawah 100Watt) yang digunakan untuk menganalisa performa motor induksi 1 fasa daya kecil sebagai generator yang dioperasikan sendiri (*stand alone*) tanpa beban dan jika disinkronkan dengan Grid atau jaringan PLN. Pada sistem motor listrik sebagai generator ini, penulis merancang motor induksi 1 fasa sebagai penggerak utama dan sebagai generator. Ada dua buah motor induksi yang dihubungkan saling berhadapan dengan pengunci pada setiap rotornya, sehingga saat penggerak diputar di atas kecepatan sinkron maka generator pun ikut berputar, sehingga generator menghasilkan tegangan. Sistem motor induksi daya kecil sebagai generator ini dapat menghasilkan tegangan 10,525 V dan pada saat sinkronisasi ke GRID / jaringan PLN diperoleh hasil bahwa generator dapat menyalurkan daya ke Grid, daya maksimum yang dapat disalurkan ke Grid dalam operasi sinkron adalah sebesar 12,57 W.

Kata kunci : motor induksi, generator, kecepatan sinkron, Tegangan

ABSTRACT

Electrical energy is a much needed energy. The need for electrical energy is increasing every year, because more and more people need electrical energy to support their daily activities. To meet the demand for electrical energy, it is necessary to use an induction electric motor as an induction generator as an alternative source of electric power. In this study, the author uses a single-phase induction motor with small power (under 100Watt) which is used to analyze the performance of a small-power single-phase induction motor as a stand-alone generator without a load and when synchronized with the Grid or PLN network. In the electric motor system as a generator, the author designed a single phase induction motor as the main driver and as a generator. There are two induction motors that are connected facing each other with a lock on each rotor, so that when the drive is rotated above the synchronous speed, the generator also rotates, so that the generator produces a voltage. This small power induction motor system as a generator can produce a voltage of 10.525 V and when synchronizing to the GRID / PLN network the results are that the generator can supply power to the Grid, the maximum power that can be supplied to the Grid in synchronous operation is 12.57 W.

Keywords: Induction motor, Generator, Synchronous speed, Voltage.



KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang senantiasa melimpahkan Rahmat dan Hidayahnya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan ini dengan sebaik mungkin. Salawat dan salam semoga senantiasa dicurahkan kepada Nabi Muhammad SAW, keluarga, sahabat dan para pengikutnya.

Laporan ini disusun sebagai salah satu persyaratan yang harus ditempuh dalam rangka penyelesaian program studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar. Adapun judul kami adalah : **“ANALISA GENERATOR INDUKSI 1 FASA DAYA KECIL ”**.

Penulis sadar dalam penyusunan skripsi ini tidak akan selesai tanpa bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. H. Ambo Asse, M.Ag. Selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar
2. Ibu Dr. Ir. Hj Nurnawaty, S.T., M.T., I.P.M. Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar
3. Ibu Adriani, S.T., M.T Selaku Ketua Prodi Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar
4. Bapak Ir. Abdul Hafid M.T selaku Pembimbing I dan Ibu Adriani, S.T., M.T selaku Pembimbing II yang telah banyak meluangkan waktunya untuk membimbing kami.

5. Bapak serta Ibu Dosen dan para staff Fakultas Teknik atas segala waktunya telah mendidik dan melayani kami selama mengikuti proses belajar mengajar di Universitas Muhammadiyah Makassar.
6. Kepada Ayah dan Ibu tercinta, kami mengucapkan banyak terima kasih yang sebesar-besarnya atas segala limpahan kasih sayang, doa dan pengorbanan terutama dalam bentuk materi dalam menyelesaikan kuliah.
7. Saudara-saudaraku serta rekan-rekan mahasiswa Fakultas Teknik Khususnya angkatan 017 dengan akrab dan persaudaraan banyak membantu dalam menyelesaikan proposal ini.

Kami menyadari skripsi ini tidak luput dari segala kekurangan. Penulis mengharapkan saran dan kritik demi kesempurnaan dan perbaikannya sehingga akhirnya laporan skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi bidang pendidikan dan penerapan di lapangan serta bisa dikembangkan lebih lanjut.

Makassar, 27 Juli 2022

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
ABSTRAK	v
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	2
C. Tujuan Penelitian	3
D. Batasan Masalah	3
E. Manfaat Penelitian	3
F. Sistematika Penulisan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
A. Motor Listrik 1 Fasa	5
B. Generator AC	10
C. Motor Listrik 1 Fasa Sebagai Generator	14
D. Proses Motor Listrik Menjadi Generator Induksi	17

BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	19
A. Tempat dan Waktu Penelitian	19
B. Alat dan Bahan	19
C. Desai Alat Uji.....	20
D. Perancangan Alat Uji	22
E. Tahap Penelitian	24
F. Proses Pengujian.....	26
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	27
A. Perhitungan Nilai Kapasitansi Kapasitor Pada Generator Induksi	27
B. Pengukuran Tegangan Induksi Pada Generator Induksi	32
C. Sinkronisasi Generator Induksi dengan Grid/Jaringan PLN	45
BAB V PENUTUP.....	50
A. Kesimpulan	50
B. Saran	51
DAFTAR PUSTAKA	52
LAMPIRAN	53

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Motor Listrik 1 Fasa	6
Gambar 2.2 Konstruksi Motor Listrik 1 Fasa.....	7
Gambar 2.3 Konstruksi Generator AC.....	11
Gambar 2.4 Proses Pembangkitan Tegangan Induksi.....	13
Gambar 2.5 Tegangan rotor yang dihasilkan	13
Gambar 2.6 Ekuivalen motor saat rotor diputar	17
Gambar 3.1 Rencana Konstruksi Perancangan Alat Uji.....	20
Gambar 3.2 Stator Motor Listrik	20
Gambar 3.3 Rotor Motor Listrik.....	21
Gambar 3.4 Bagan Perancangan Alat Uji.....	22
Gambar 3.5 Flowchart Penelitian.....	25
Gambar 4.1 Nameplate motor induksi ke-1	28
Gambar 4.2 Nameplate motor induksi ke-2	30
Gambar 4.3 6 kabel pada motor induksi ke-1	33
Gambar 4.4 Rangkaian ekuivalen motor induksi ke-1 satu fase	35
Gambar 4.5 Rangkaian ekuivalen kapasitor seri motor induksi ke-1 satu fase	37
Gambar 4.6 Diagram perbandingan tegangan keluaran (terminal kabel Hitam + Merah)	38

Gambar 4.7 Diagram perbandingan tegangan keluaran (terminal kabel Hitam + Putih)	39
Gambar 4.8 Diagram perbandingan tegangan keluaran(terminal kabel Hitam + biru).....	40
Gambar 4.9 Rangkaian ekuivalen motor induksi ke-2 satu fase	42
Gambar 4.10 Rangkaian ekuivalen kakpasitor seri motor induksi ke-2 satu fase	43
Gambar 4.11 Diagram perbandingan tegangan keluaran motor induksi satu fase	44
Gambar 4.12 Skema sinkronisasi motor induksi ke-3 sebagai generator induksi dengan Grid.....	45
Gambar 4.13 Sinkronisasi motor induksi ke-3 sebagai generator induksi dengan Grid pada tahap awal	46
Gambar 4.14 Daya versus slip pada sinkronisasi generator induksi dengan Grid	47
Gambar 4.15 Aliran daya antara generator induksi dengan Grid pada saat sinkron.....	48

DAFTAR TABEL

Table 4.1 Nilai kapasitor dengan berbagai faktor daya	29
Table 4.2 Motor kecepatan tinggi (terminal kabel Hitam ==> Merah)	37
Tabel 4.3 Motor kecepatan sedang (terminal kabel Hitam ==> Putih)	39
Tabel 4.4 Motor kecepatan rendah (terminal kabel Hitam ==> Biru)	40
Tabel 4.5 Motor induksi satu fase $P = 70W$, 220V dan arus 0,75A satu kecepatan	44
Tabel 4.6 Data hasil pengukuran sinkronisasi SEIG dengan Grid PLN	46



BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pada era sekarang Energi listrik adalah energi *primer* yang sangat dibutuhkan. kebutuhan energi listrik setiap tahunnya semakin meningkat, karena semakin banyak penduduk yang memerlukan energi listrik untuk menunjang aktifitas hidup sehari-hari. Untuk memenuhi besarnya kebutuhan energi listrik tersebut perlu adanya pemanfaatan motor listrik induksi sebagai generator induksi sebagai sumber tenaga listrik alternatif.

Motor listrik telah secara luar biasa melengkapi pembuatan, transmisi, dan penggunaan kerangka kerja tenaga listrik arus bolak-balik (AC). Motor listrik ini disebut juga *Induction motor* atau motor induksi, yang merupakan mesin arus listrik bolak - balik (AC) yang perputaran rotornya tidak sebanding dengan perputaran medan stator. Nama motor induksi ini berasal dari prinsip kerjanya, khususnya arus yang terinduksi menjadi perbedaan keseluruhan antara putaran rotor dan medan putar yang dihasilkan oleh stator. (*source* : Obiansyah, 2012)

Motor listrik dapat dijadikan generator yaitu dengan cara memutar rotor (N_r) diatas kecepatan medan statornya (N_s). Generator adalah sebuah alat yang digunakan untuk mengubah energi mekanik (gerak) menjadi energi listrik. Generator sinkron sering disebut dengan alternator karena generator sinkron konstruksinya hampir sama dengan dengan mesin sinkron dengan membutuhkan dua kali eksitasi secara DC dengan penggunaan carbon brush

ataupun tanpa carbon brush (*brushless excitation*). Sedangkan generator asinkron atau generator induksi menggunakan prinsip kerja induksi elektromagnetik dalam proses pengoperasiannya. Prinsip kerja generator induksi ini kebalikan dari motor listrik, dimana apabila motor listrik induksi diberi tegangan tiga fasa ataupun satu fasa pada kumparan stator motor maka akan muncul medan putar kecepatan sinkron yang akan memutar bagian rotor motor listrik. Akan tetapi jika motor listrik ini dialihfungsikan sebagai generator yaitu dengan bagian rotor motor diputar oleh sumber penggerak dengan kecepatan yang lebih besar daripada kecepatan sinkronnya maka akan menghasilkan energi listrik.

Pada penelitian sebelumnya telah digunakan dalam penelitian yang berjudul “pemanfaatan motor induksi satu fasa sebagai generator” (Alpensus Joni, 2013) dalam penelitian tersebut peneliti menggunakan motor induksi satu fasa dari pompa air sebagai generator yang tentunya generator tersebut memiliki daya yang lebih besar sekitar 125 watt hingga 500 watt. Dan pada penelitian sebelumnya didapatkan keluaran daya sebesar 47,5 watt. Pada penelitian kali ini yang berjudul “Analisa Generator Induksi 1 Fasa Daya Kecil” peneliti menggunakan motor induksi 1 fasa dengan daya dibawah 100 watt untuk menganalisa performa dari generator jika dioperasikan sendiri (*stand alone*) maupun disinkronkan dengan Grid atau jaringan PLN.

B. Rumusan Masalah

1. Bagaimana performa motor induksi satu fasa daya kecil digunakan sebagai generator induksi satu fasa jika generator tersebut dioperasikan sendiri (*stand alone*)

2. Bagaimana performa generator induksi satu fasa daya kecil jika disinkronkan dengan Grid atau jaringan PLN

C. Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui performa motor induksi satu fasa daya kecil sebagai generator induksi jika dioperasikan sendiri (*Stand Alone*)
2. Untuk mengetahui performa generator induksi satu fasa daya kecil jika disinkronkan dengan Grid atau jaringan PLN

D. Batasan Masalah

1. Menggunakan motor listrik sebagai *Prime Mover* atau Penggerak utama generator
2. Memanfaatkan motor listrik 1 fasa untuk dijadikan sebagai generator

E. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan setelah tujuan penelitian ini tercapai adalah dapat merancang generator induksi satu fasa untuk menghasilkan tenaga listrik yang bisa digunakan sebagai alternatif listrik dalam kehidupan sehari – hari, dan juga dapat digunakan sebagai bahan studi perbandingan untuk penelitian dan pengembangan dalam perancangan generator induksi 1 fasa jika disinkronkan dengan Grid atau jaringan PLN.

F. Sistematika Penulisan

Skripsi ini terdiri dari 5 bagian dimana sistem penulisan yang diterapkan dalam skripsi ini menggunakan urutan sebagai berikut :

Bab I : Pendahuluan

Bab ini berisi tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, metode penelitian dan sistem penulisan.

Bab II : Tinjauan Pustaka

Bab ini berisi tentang materi pembahasan motor listrik dan generator yang digunakan sebagai alat penelitian.

Bab III : Metodologi Penelitian

Bab ini berisi tentang lokasi pengujian/penelitian, alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian, hal-hal lain yang berhubungan dengan proses penyusunan tugas akhir.

Bab IV : Analisa dan Pembahasan

Bab ini berisi hasil dari analisa data pengujian dari generator induksi 1 fasa.

Bab V : Penutup

Bab ini berisi kesimpulan dan saran penelitian yang telah dilakukan dalam skripsi ini.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Motor Listrik 1 Fasa

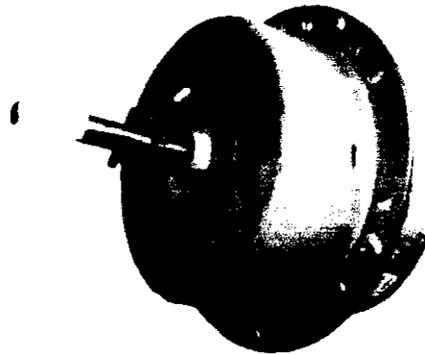
1. Pengertian Motor Listrik 1 Fasa

Motor listrik 1 fasa adalah sebuah alat yang mengubah tenaga listrik menjadi tenaga mekanik secara induksi. Motor listrik ini mempunyai sebuah lilitan konduktor yang berbentuk seperti sangkar tupai yang dapat dijalankan dengan sumber listrik 1 fasa maupun 3 fasa. Motor listrik ini merupakan motor AC yang paling banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari.

Motor listrik ini disebut juga *Induction motor* atau motor induksi, yang merupakan mesin dengan arus listrik bolak-balik (AC) yang putaran rotornya tidak sebanding dengan putaran medan stator. Nama motor induksi ini berasal dari prinsip kerjanya, khususnya arus listrik yang terinduksi menjadi perbedaan keseluruhan antara putaran rotor motor dengan medan putar motor yang dihasilkan oleh stator.

motor listrik 1 fasa ini sering ditemukan pada alat-alat rumah tangga seperti pompa air, mesin kipas angin, mesin cuci, blender, penyedot debu, dll.

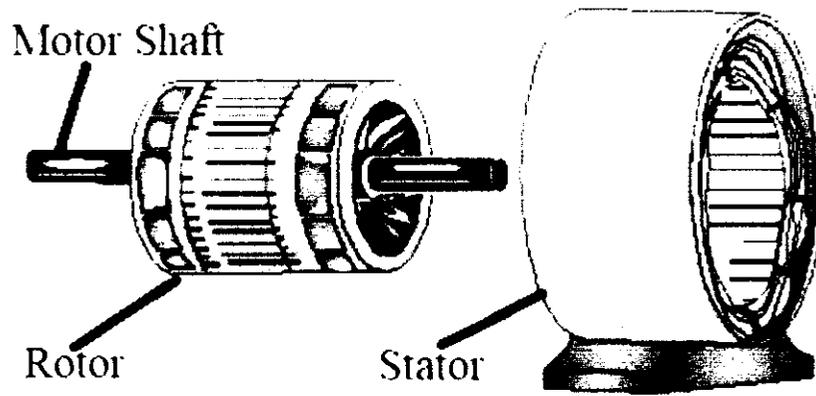
Motor listrik 1 fasa dapat dilihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Motor Listrik 1 Fasa

2. Kontruksi Motor Listrik 1 Fasa

Secara umum, motor listrik terdiri dari rotor dan stator. Rotor adalah bagian yang bergerak, sedangkan stator adalah bagian yang diam atau tetap. Antara stator dengan rotor terdapat jarak celah udara yang kecil. Celah udara antara stator dan rotor tersebut akan melewati stator yang memicu transisi yang memotong loop rotor, membuat rotor berputar. Jarak celah udara antara stator dengan rotor diatur sedemikian rupa sehingga ideal untuk mendapatkan kinerja maksimal motor listrik. Apabila jarak celah antara stator dengan rotor terlalu besar maka berakibat rendahnya efektifitas motor listrik, begitupun sebaliknya asumsi jarak antara lubang stator dan rotor yang terlalu kecil akan menyebabkan gangguan mekanik pada motor. Konstruksi motor Listrik 1 fasa dapat dilihat pada gambar 2.2.



Gambar 2.2 Konstruksi Motor Listrik 1 Fasa

Motor listrik 1 fasa terdapat dua bagian utama, dua bagian tersebut yaitu :

a. Stator

Stator yaitu bagian motor listrik yang diam/tidak bergerak. Stator terdiri dari belitan stator. Pada saat belitan stator diberi aliran listrik, belitan stator akan menimbulkan gerak tarik-menarik stator atau medan putar.

b. Rotor

Rotor yaitu bagian motor listrik yang berputar. Rotor terdiri dari inti magnet, belitan penguat dan slip ring/sikat. Slip ring berfungsi untuk memasukan listrik DC pada belitan penguat, sehingga menimbulkan kutub - kutub magnet pada rotor.

3. Prinsip Kerja Motor Listrik 1 Fasa

Motor listrik 1 fasa atau motor induksi bekerja berdasarkan induksi elektromagnetik dari lilitan stator ke rotornya. Jika kumparan stator diberikan sumber tegangan listrik, maka akan timbul garis – garis gaya daya pada stator yang akan diinduksikan ke kumparan rotor. Garis - garis gaya daya yang berasal dari kumparan stator akan memotong kumparan rotor, sehingga menghasilkan elektromagnetik GGL atau tegangan induksi.

Kumparan rotor berupa kumparan yang dialiri arus garis garis daya yang berasal dari kumparan stator, sehingga kumparan rotor akan mengalami Gaya Lorentz yang akan menimbulkan torsi untuk menggerakkan rotor sesuai arah arus pergerakan medan induksi stator.

Didalam rangka stator, ada belitan stator yang ditempatkan pada ruang slot dan jumlah kutub menentukan kecepatan medan stator berputar dan diinduksikan ke dalam rotor. Semakin banyak jumlah kutub, semakin rendah kecepatan putaran medan stator begitu juga sebaliknya. Kecepatan medan stator dapat juga disebut kecepatan sinkron.

Untuk mengetahui besarnya kecepatan sinkron dapat ditentukan dengan rumus sebagai berikut :

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

dengan :

n_s = kecepatan sinkron (rpm)

f = frekuensi (Hz)

p = jumlah kutub motor induksi

Slip merupakan Perbedaan antara kecepatan sinkron dengan kecepatan rotasi rotor motor induksi. Slip dapat ditentukan dengan rumus sebagai berikut :

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

Dengan :

S = slip

n_r = kecepatan rotor berputar (rpm)

n_s = kecepatan sinkron (rpm)

Slip juga dapat dinyatakan dalam persen, dan dapat ditentukan dengan rumus sebagai berikut :

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

Dengan :

S = slip

n_r = adalah kecepatan putar rotor (rpm)

n_s = kecepatan medan putar (rpm)

B. Generator AC

1. Pengertian Generator AC

Generator AC adalah sebuah alat yang berfungsi mengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Generator AC sering disebut sebagai alternator, generator alternating current (AC), atau generator sinkron.

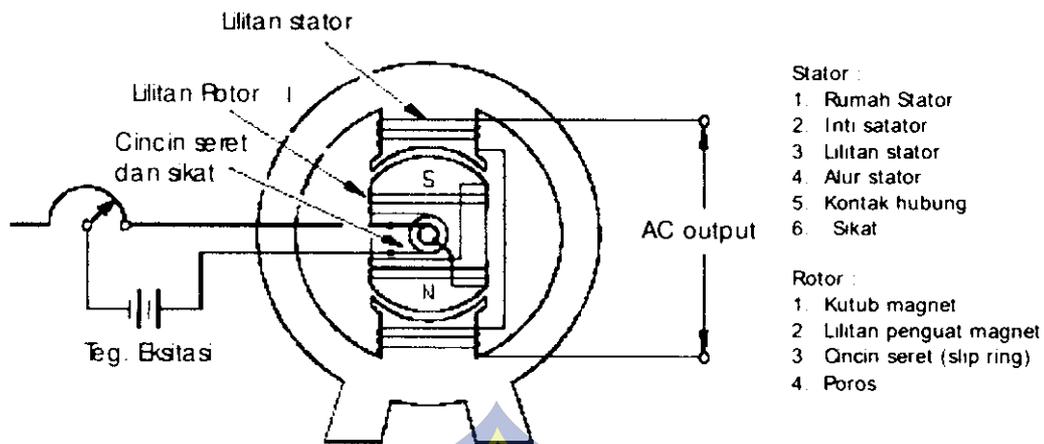
Generator ini dianggap sebagai generator Sinkron mengingat fakta bahwa jumlah putaran poros rotor sama dengan jumlah putaran medan magnet pada stator. Kecepatan sinkron ini dihasilkan dari kecepatan putaran kutub magnet rotor yang berputar pada kecepatan yang sama dengan putaran medan magnet pada stator.

Generator AC dibagi menjadi dua jenis, yaitu :

- a. Generator arus bolak – balik 1 fasa
- b. Generator arus bolak – balik 3 fasa

2. Konstruksi Generator AC

Generator AC sebagian besar dibuat agar kumparan tempat terjadinya ggl yang diminta tidak bergerak, sedangkan poros kutub yang terdapat pada generator AC dapat menimbulkan medan tarik-menarik yang berputar. Konstruksi generator AC dapat dilihat pada gambar 2.3.



Gambar 2.3 Konstruksi Generator AC

Bagian penting dari generator AC adalah stator dan rotor. Pada stator terdapat belitan stator dan pusat stator, sedangkan pada rotor terdapat kutub poros rotor, belitan penyangga, slip ring dan poros (as). Penjelasan bagian – bagian tersebut sebagai berikut :

a. Rangka stator

Rangka stator terbuat dari logam padat. Rangka besar stator adalah tempat tinggal bagian generator lainnya.

b. Stator

Stator yaitu bagian yang tidak bergerak/diam. Bagian ini terdiri dari lilitan stator dan plat stator yang terdiri alur – alur sebagai tempat terjadinya GGL induksi.

c. Rotor

Rotor adalah bagian dari mesin yang bergerak/berputar. Rotor memiliki poros magnet yang dapat menciptakan medan tarik menarik yang akan diinduksikan ke dalam stator melalui lubang udara.

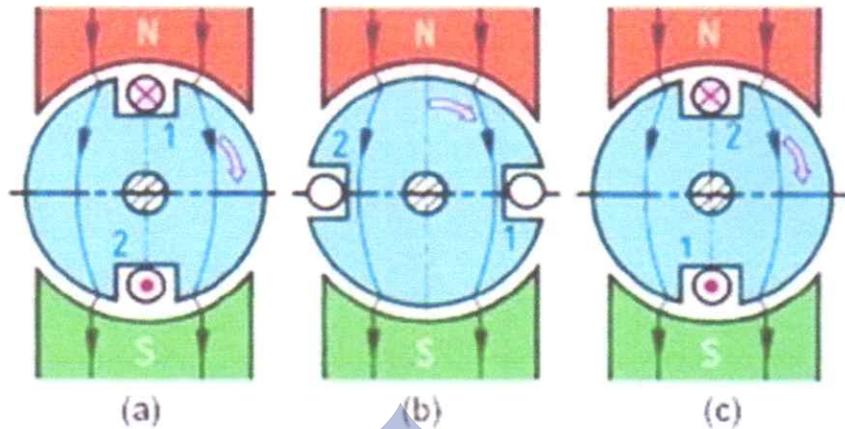
d. Slip ring

Slip ring terbuat dari logam atau tembaga yang dihubungkan ke poros menggunakan bahan pelindung. Cincin slip akan berputar seiring dengan poros dan rotor. Jumlah slip ring adalah 2, yang keduanya dapat menggerakkan sikat arang yang merupakan sikat positif dan sikat negatif, sikat arang berfungsi untuk mengalirkan arus penguat magnet kelilitan magnet pada rotor.

3. Prinsip Kerja Generator AC

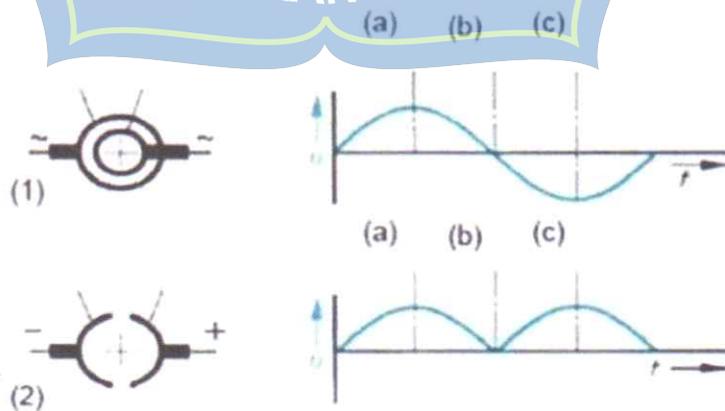
Tegangan yang dihasilkan oleh generator bergantung pada prinsip induksi elektromagnetik. Putaran rotor generator dalam medan magnet listrik akan menimbulkan gaya gerak daya magnet yang berputar, sehingga Putaran rotor akan menimbulkan tegangan pada belitan stator.

Pada saat rotor digerakkan oleh *Prime mover*, kutub magnet pada rotor akan berputar. Jika loop poros diberi arus langsung, pada lapisan luar kutub magnet akan ada medan tarik searah yang berputar dan kecepatannya setara dengan kecepatan poros yang menggerakkan belitan stator. Proses pembangkitan tegangan induksi pada generator dapat dilihat pada gambar 2.4 dan gambar 2.5.



Gambar 2.4 Proses Pembangkitan Tegangan Induksi

Dengan asumsi rotor diputar dipengaruhi oleh medan magnet, akan ada titik persilangan medan magnet oleh belitan kawat di rotor. Ini akan menyebabkan tegangan induksi yang diminta. Tegangan induksi terbesar akan terjadi saat rotor berada posisi gambar 2.4 (a) dan gambar 2.4 (c). saat posisi ini terjadi persilangan medan magnet secara maksimum oleh penghantar. Sedangkan posisi jangkar pada gambar 2.4 (b), akan menghasilkan tegangan induksi nol. Hal ini karena tidak adanya persilangan medan magnet dengan penghantar pada jangkar.



Gambar 2.5 Tegangan rotor yang dihasilkan

Apabila ujung belitan rotor dihubungkan dengan slip ring seperti ditunjukkan gambar 2.5 (1), maka dihasilkan listrik arus bolak - balik berbentuk sinusoidal. Bila ujung belitan rotor dihubungkan dengan komutator satu cincin seperti ditunjukkan gambar 2.5 (2) dengan dua belahan, maka dihasilkan listrik DC dengan gelombang.

C. Motor Listrik Satu Fasa Sebagai Generator.

Sebuah motor listrik dapat difungsikan sebagai generator. Proses ini dinamakan motor induksi. Motor induksi akan bekerja sesuai induksi medan magnet dari stator ke rotornya, arus rotor motor induksi tidak didapatkan dari sumber lain melainkan arus yang terinduksi yang terjadi akibat adanya perbedaan relatif antara putaran motor dengan medan putar yang dihasilkan dari arus stator.

Motor listrik memiliki kecepatan putaran rotor (n_r) yang umumnya lebih rendah daripada kecepatan sinkronnya (n_s), sebaliknya kecepatan putaran rotor pada generator yang sedang beroperasi dibuat lebih besar atau lebih cepat daripada kecepatan sinkronnya.

Generator listrik dapat bekerja dengan menghubungkan generator ke motor penggerak utama maupun motor induksi penggerak mula - mula, misalnya motor diesel atau mesin listrik lainnya serta dari poros turbin di pembangkit listrik tenaga angin.

Pada generator, nilai slip harus negatif sehingga generator induksi dapat menghasilkan tegangan pada kedua ujung belitan pada loop stator. Dalam proses pengubahan motor induksi sebagai generator dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti :

a. Pengaruh penggerak utama

Generator dikatakan bekerja jika rotor generator diputar oleh penggerak utama (*prime mover*). *Prime mover* terbagi dalam dua kelompok yaitu kecepatan tinggi dan kecepatan rendah. Kecepatan tinggi biasanya terdapat pada turbin pembangkit listrik tenaga gas sedangkan yang kecepatan rendah terdapat pada pembangkit listrik tenaga angin atau air. *Prime mover* ini harus dalam kondisi stabil dalam memutar rotor generator induksi baik tanpa beban maupun saat *output* generator dengan beban.

b. Pengaruh Kapasitor

Cara paling umum untuk mengubah motor induksi menjadi generator induksi membutuhkan daya responsif atau daya magnetisasi untuk menghasilkan tegangan pada terminal *output* generator.

Jika generator induksi terhubung langsung dengan rangka, maka daya reaktif diberikan oleh rangka. Jika generator listrik bekerja sendiri, diperlukan pemasok daya yang reaktif. Daya reaktif berasal dari kapasitor yang dipasang pada terminal generator. Jika kapasitor tidak dapat memenuhi daya reaktif, maka pada saat itu tegangan generator akan *built-up* atau tidak dapat menyalurkan daya.

Untuk menentukan besarnya nilai kapasitor yang digunakan dapat ditentukan dengan rumus :

$$C = \frac{Q}{V^2 2 \pi f} \dots\dots\dots (2.4)$$

Untuk mengetahui nilai daya reaktif (Q) dapat digunakan prinsip segitiga daya. Maka terlebih dahulu perlu menghitung daya aktif menggunakan rumus :

$$P = V \cdot I \cdot \cos \varphi \dots\dots\dots (2.5)$$

Kemudian mengetahui daya semu dengan menggunakan persamaan yaitu :

$$S = V \cdot I \dots\dots\dots (2.6)$$

Setelah mengetahui daya aktif dan semu maka besar daya reaktif (Q) yaitu :

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2} \dots\dots\dots (2.7)$$

Dengan :

C = besar kapasitor (Farad),

V = tegangan (Volt),

I = arus (Ampere),

P = daya nyata (Watt),

S = daya semu (Volt Ampere)

$\cos \varphi$ = Faktor daya

f = frekuensi (Hertz).

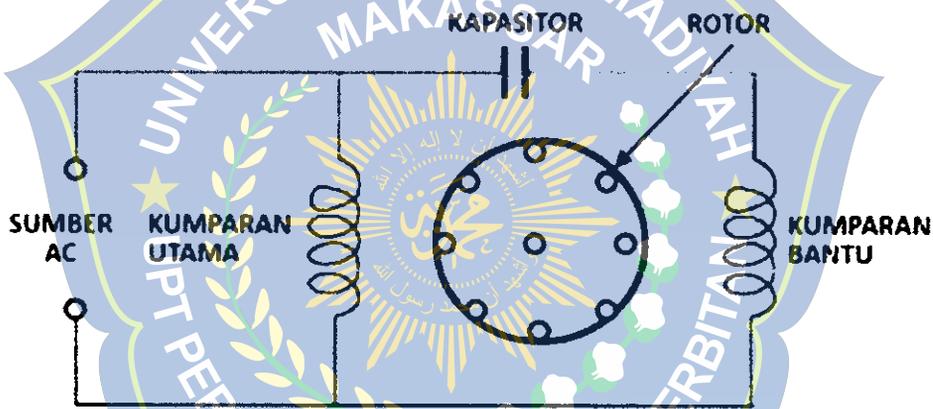
c. Rangkaian seri kapasitor

Rangkaian kapasitor seri adalah rangkaian yang terdiri dari 2 kapasitor atau lebih yang disusun secara seri atau sama. Rangkaian kapasitor seri ini dapat dimanfaatkan untuk mendapatkan kapasitor pengganti yang ideal. Rumus dari rangkaian seri kapasitor adalah :

$$\frac{1}{C_{total}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots + \frac{1}{C_n} \dots\dots\dots (2.8)$$

D. Proses Motor listrik Menjadi Generator Induksi

Sebuah motor listrik dapat diubah menjadi generator induksi. Keyakinan ini didasarkan pada konsep generator (pembangkit GGL induksi, Hukum Faraday) hanya saja daya magnet pada motor listrik ini lebih kecil dibandingkan dengan generator pada umumnya, karena itu adalah magnet yang tersisa (*remanensi*). Jalannya peristiwa GGL dapat dijelaskan pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Ekuivalen motor saat rotor diputar

Pada saat rotor yang memiliki magnet yang tertinggal (*remanensi*) dalam keadaan berputar, belitan stator akan menimbulkan GGL yang diinduksi (Hukum Faraday) namun masih kecil, jumlahnya bergantung pada *fluks* magnet ($E_m = 4,44 f N m$, $N = \text{tetap}$).

Dapat dilihat pada gambar rangkaian stator diatas terdapat dua lilitan yaitu lilitan utama dan lilitan bantu, jika rotor dalam keadaan berputar maka lilitan utama dan lilitan bantu akan timbul GGL induksi yang berbeda fasa dan akan saling

mengisi kapasitor (C). saat kutub magnet sisa pada rotor berubah polaritasnya (U menjadi S) polaritas GGL induksi berbalik sehingga akan memperbesar tegangan, akibatnya arus balik, medan magnet dan GGL induksi menjadi 2 kali lipat sehingga kapasitor akan terisi 2 kali lipat, dengan pengisian berbalik. Setiap perubahan polaritas akan menaikkan tegangan, arus, medan magnet, dan GGL induksi yang sebelumnya, menjadi 2 kali lipat. Proses ini terus berlangsung sampai kapasitor penuh saat kapasitor, generator induksi (motor kapasitor *run*) siap dibebani.



BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

A. Tempat dan Waktu Penelitian

a. Tempat Penelitian.

Adapun tempat penelitian, pengambilan data, dan analisis secara umum dilakukan di :

Tempat : Laboratorium Fakultas Teknik Jurusan Teknik Elektro

Universitas Muhammadiyah Makassar

Alamat : Jl. Sultan Alauddin No. 259, Gn. Sari, Kec. Rappocini,

Kota Makassar, Sulawesi Selatan 90221

b. Waktu penelitian ini dimulai pada bulan Maret 2022 – Juli 2022

B. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini, sebagai berikut :

- a. Tachometer
- b. Avometer
- c. Kunci Pas
- d. Obeng Plus atau Mines
- e. Bor

Beberapa bahan komponen yang diperlukan dalam penelitian ini, sebagai berikut :

- a. 3 buah Motor Listrik
- b. Kayu

- c. Skrup
- d. Kapasitor
- e. Klem
- f. Double tip karet
- g. Isolasi

C. Desain alat



Gambar 3.1 Rencana Konstruksi Perancangan Alat Uji

Berdasarkan gambar 3.1, konstruksi tersebut terdapat komponen utama yang menjadi objek penelitian ini yaitu generator induksi. Pada generator induksi terdapat komponen utama yaitu sebagai berikut :

- a. Stator



Gambar 3.2 Stator Motor Listrik

Stator adalah bagian dari generator yang tetap atau tidak berputar. Potongan-potongan stator terbuat dari pelat stator yang memiliki alur-alur yang digunakan sebagai tempat lilitan stator. Fungsi lilitan pada stator ini yaitu tempat terjadinya proses induksi (GGL) dari proses kerja generator.

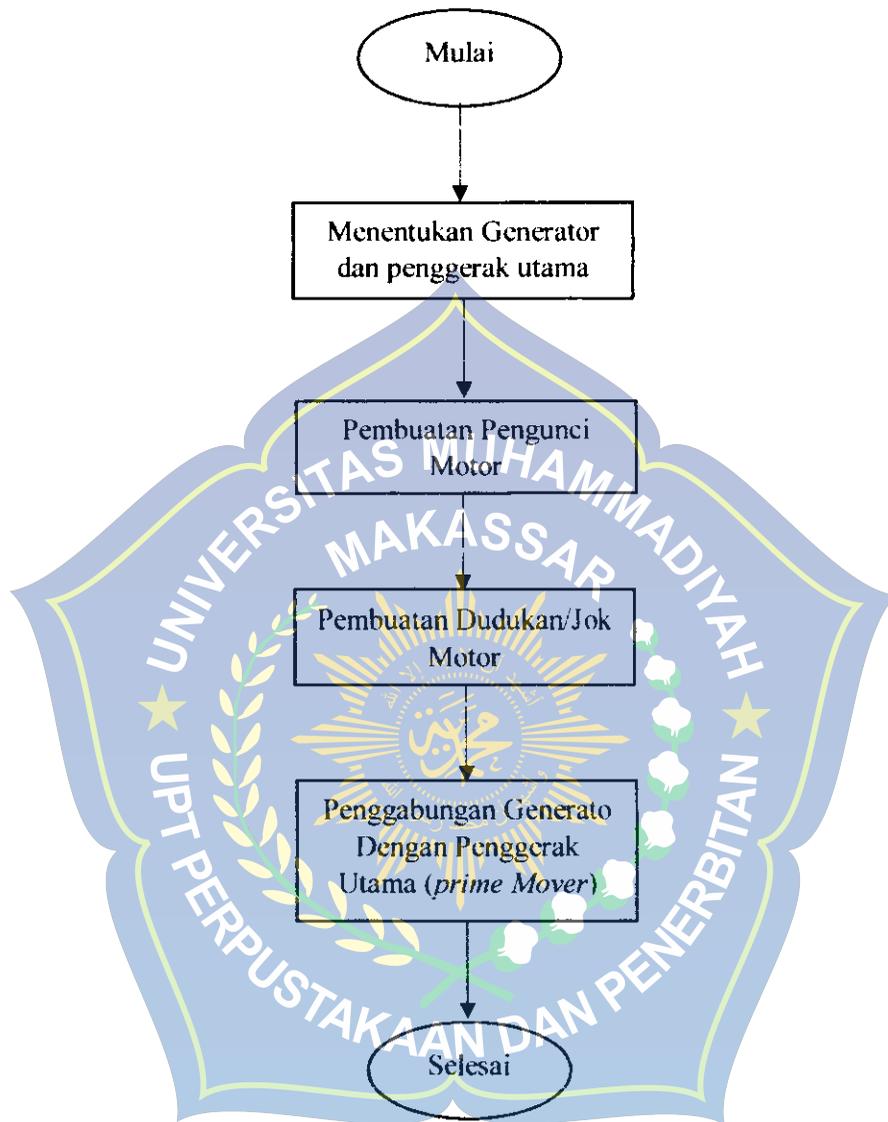
b. Rotor



Gambar 3.3 Rotor Motor Listrik

Rotor adalah bagian dari generator yang bergerak atau berputar. Pada bagian rotor ada sebuah kutub magnet dengan lilitan yang menghasilkan medan magnet yang akan diinduksikan ke bagian statornya melalui celah yang terdapat diantara stator dan rotor.

D. Perancangan Alat Uji



Gambar 3.4 Bagan Perancangan Alat Uji

Langkah – Langkah Perancangan alat yang akan diuji pada penelitian ini yaitu :

- a. Menentukan generator dan penggerak utama

Pada proses ini yaitu dengan mencari atau menentukan modul motor induksi 1 fasa yang akan digunakan sebagai generator induksi dan juga penggerak utama generator.

b. Pembuatan pengunci motor

Pada proses ini yaitu dengan membuat pengunci motor yang terbuat dari besi berbentuk pipa agar dapat terhubung dengan penggerak utama (*Prime Mover*).

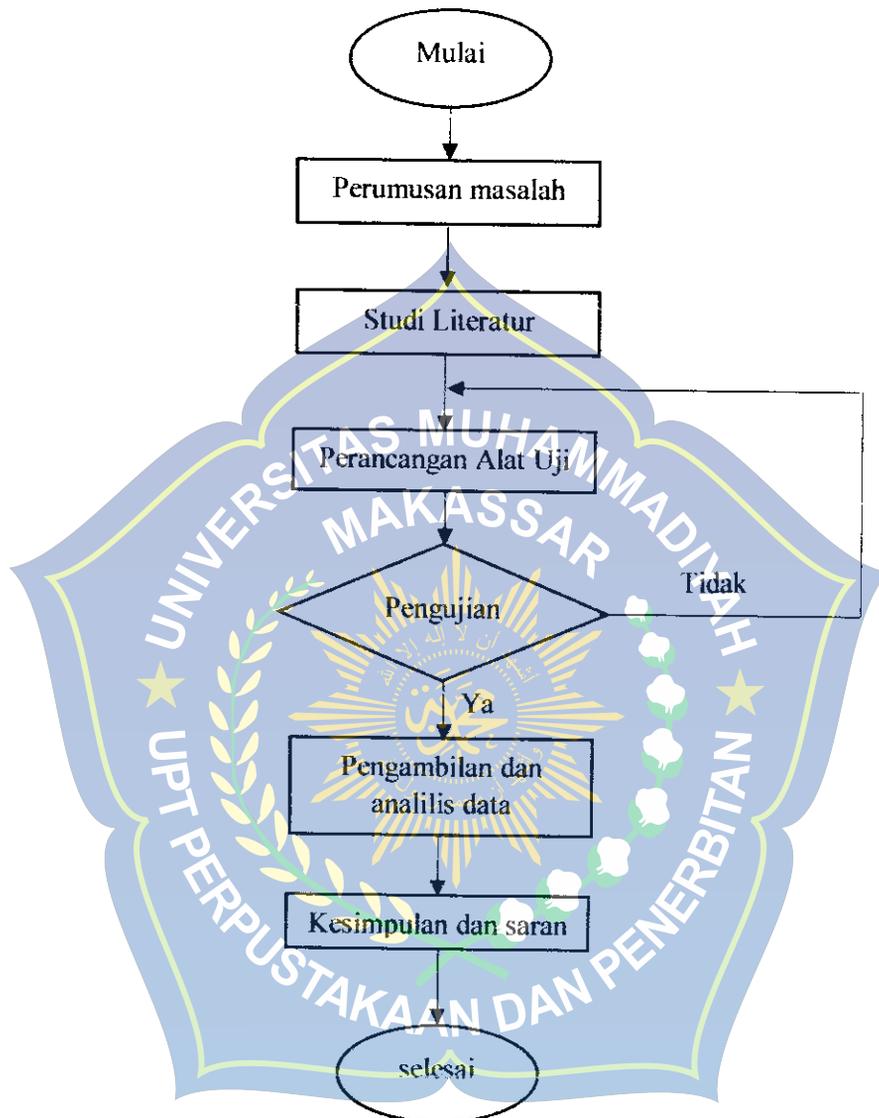
c. Pembuatan dudukan/jok motor

Pada proses ini yaitu membuat dudukan yang terbuat dari kayu sebagai tempat motor dengan penggeraknya agar tidak goyang atau tetap diam pada saat proses pengujian.

d. Penggabungan generator dengan *Prime Mover*

Jika pembuatan pengunci dan dudukan motor telah selesai, maka akan dilakukan penggabungan generator dengan penggerak utama (*prime mover*) diatas dudukan motor.

E. Tahap Penelitian



Gambar 3.5 Flowchart penelitian

Langkah – Langkah yang akan dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Studi Literatur

Tahap yang mendasari pelaksanaan ujian ini adalah mencari referensi melalui buku, web, dan jurnal - jurnal untuk memutuskan atribut bagian kerangka kerja, standar kerja dan hipotesis pendukung lainnya. Penulisan yang telah diperoleh diyakini dapat memberikan pedoman untuk mengurangi kesalahan dalam penelitian.

b. Perancangan Alat

Tahap ini merupakan tahap perencanaan alat uji secara efisien yang akan diteliti dan juga menyiapkan hal – hal lain yg berhubungan dengan alat uji guna memaksimalkan pengujian.

c. Pengujian

Setelah perancangan alat uji telah selesai, maka dilakukan pengujian terhadap kinerja generator mulai dari kecepatan putaran rotor dan keluaran dari stator, seperti tegangan induksi yang dihasilkan.

d. Analisis dan Pengambilan Data

Setelah menguji seluruh kerangka kerja dan memastikannya berfungsi dengan baik dan hasilnya memenuhi tujuan, maka, hal berikut yang harus dilakukan adalah mengambil data yang diperlukan untuk kemudian dianalisa hasil tegangan induksi yang dihasilkan.

e. Kesimpulan dan Saran

Pada tahap akhir ini, hasil pengambilan data dan analisa yang telah dilakukan dapat dicapai kesimpulan sehubungan dengan kinerja dari alat yang dibuat dan memberikan ide untuk memperbaiki kekurangan yang ada, potensi pengembangan, serta peningkatan alat di kemudian hari.

F. Proses Pengujian Generator

Pada proses pengujian generator induksi ini akan dilakukan pengambilan data guna analisa kinerja dari penelitian. Proses pengujian yang dilakukan yaitu dengan memutar generator dengan berbagai kecepatan sehingga menghasilkan tegangan keluaran induksi yang berbeda beda, dan melakukan perubahan kapasitor pada generator induksi sehingga menghasilkan tegangan yang berbeda beda. Kemudian dilanjutkan dengan pengujian sinkronisasi generator induksi dengan grid atau jaringan PLN.



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada proses pengujian kali ini, ada 3 buah motor induksi yang akan digunakan sebagai generator.

1. Motor induksi yang ke-1 dengan spesifikasi Daya $P = 35$ Watt, tegangan kerja $V = 220$ V dan frekuensi $f = 50$ Hz, tiga kecepatan yaitu putaran kencang, sedang dan lambat. Akan dilakukan pengujian pada performa tegangan keluaran jika dioperasikan sendiri (*stand alone*) tanpa beban.
2. Motor induksi yang ke-2 dengan spesifikasi Daya $P = 70$ Watt, tegangan kerja $V = 220$ V, arus $I = 0,75$ A dan frekuensi $f = 50$ Hz, satu kecepatan. Akan dilakukan pengujian yang sama dengan motor induksi ke-1.
3. Motor induksi yang ke-3 dengan spesifikasi Daya $P = 45$ Watt, tegangan kerja $V = 220$ V dan frekuensi $f = 50$ Hz, dan kapasitor eksitasi $1,5$ μF , tiga kecepatan yaitu putaran kencang, sedang dan lambat. Yang akan digunakan untuk sinkronisasi dengan Grid/ jaringan PLN 220 V $f = 50$ Hz.

Sebelum melakukan pengujian pada performa tegangan keluaran generator induksi, ada hal - hal perlu diketahui seperti nilai kapasitansi kapasitor yang akan digunakan pada generator maupun rangkaian ekuivalen motor induksi yang akan digunakan.

A. Perhitungan Nilai Kapasitansi Kapasitor Pada Generator Induksi

Perhitungan nilai kapasitansi ini bertujuan untuk menentukan nilai kapasitansi kapasitor yang akan digunakan generator saat dimasukkan tenaga

mekanik pada generator sehingga dapat menghasilkan tegangan induksi yang diharapkan. Maka perhitungan kapasitansi kapasitor generator dapat dilakukan sebagai berikut.

- ❖ Motor induksi yang ke-1 dengan spesifikasi Daya $P = 35$ Watt, tegangan kerja $V = 220$ V dan frekuensi $f = 50$ Hz, tiga kecepatan yaitu putaran kencang, sedang dan lambat.



Gambar 4.1 Nameplate motor induksi ke-1

Berdasarkan gambar 4.1, nameplate motor hanya diketahui dua variabel, yaitu daya nyata P dan tegangan kerja motor V maka untuk menghitung nilai kapasitansi kapasitor digunakan asumsi faktor daya motor tertentu. Untuk faktor daya $\cos(\phi) = 0,76$ tertinggal. Untuk mencari nilai kapasitor yang digunakan dapat ditentukan dengan rumus :

$$C = \frac{Q}{v^2 2 \pi f}$$

Maka :

$$P = v \times i \times \cos \varphi \quad \Rightarrow I = \frac{p}{v \cos \varphi} = \frac{35}{220 \times 0,76} = 0,21 \text{ A}$$

$$\cos \varphi = 0,76$$

$$\cos^{-1}(0,76) = 40^{\circ}32'88876''$$

$$\sin(40^{\circ}) = 0,643$$

$$\text{Daya reaktif } Q = V \times I \times \sin \varphi = 220 \times 0,21 \times 0,643 = 29,707 \text{ Var}$$

$$C = \frac{Q}{V^2 2 \pi f} = \frac{29,707}{220^2 2 \pi 50} = \frac{29,707}{15205308,443} = 1,953725 \times 10^{-6} = 1,9 \mu\text{f}$$

Berdasarkan perhitungan apabila faktor daya motor tersebut ($\cos(\varphi) = 0,76$ tertinggal) maka kapasitor motor adalah 1,9 uF. Syarat motor induksi beroperasi sebagai generator adalah bahwa motor induksi satu fasa harus diputar diatas kecepatan sinkronnya ($n_r > n_s$).

Nilai kapasitor motor induksi yang spesifikasinya disebutkan sebelumnya untuk berbagai faktor daya dicantumkan pada table 4.1.

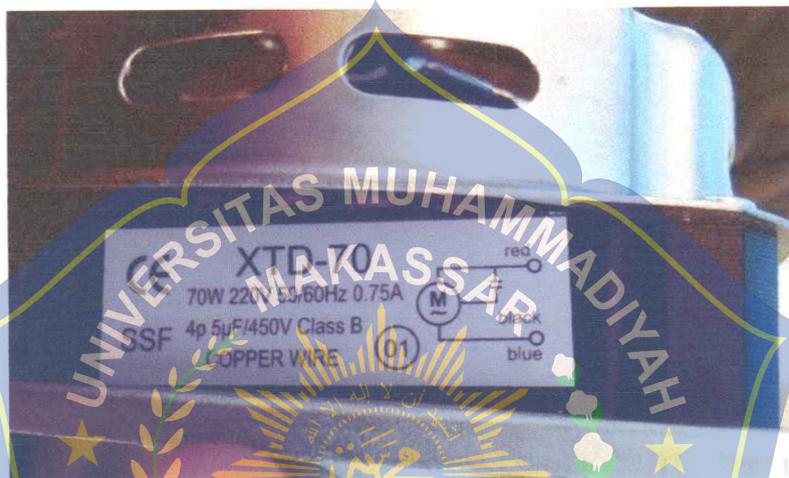
Table 4.1 Nilai kapasitor dengan berbagai faktor daya

Asumsi	Faktor daya (<1,00)								
	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6	0,75	0,8	0,85	0,9
C (uF)	2,77	2,71	2,63	2,52	2,43	1,99	1,79	1,56	1,28

Berdasarkan tabel 4.1, Nilai kapasitor motor agar berfungsi sebagai generator bergantung pada faktor daya motor. Semakin besar daya reaktif yang dihasilkan maka akan semakin besar kerugian daya dan tentunya semakin besar selisih antara daya aktif dengan daya semu yang akan menyebabkan faktor daya

($\cos\phi$) semakin rendah, atau bisa dikatakan Semakin kecil kapasitor digunakan maka semakin besar faktor daya motor.

- ❖ Motor induksi yang ke-2 dengan spesifikasi Daya $P = 70$ Watt, tegangan kerja $V = 220$ V, arus $I = 0,75$ A dan frekuensi $f = 50$ Hz, satu kecepatan. Akan dilakukan pengujian yang sama dengan motor induksi ke-1.



Gambar 4.2 Nameplate motor induksi ke-2

Berdasarkan gambar 4.2 dapat diketahui empat variabel yaitu daya nyata, tegangan, frekuensi dan arus. maka untuk menentukan nilai kapasitor dapat dilakukan sebagai berikut.

Dari nameplate : $P = 70$ W

$V = 220$ V

$I = 0,75$ A

$F = 50/60$ Hz

Maka,

$$\text{Daya semu } S = V \cdot I = 220 \cdot 0,75 = 165 \text{ VA}$$

$$\text{Daya Reaktif } Q = \sqrt{S^2 - P^2} = \sqrt{165^2 - 70^2} = \sqrt{27225 - 4900} = 149,4 \text{ Var}$$

Atau dihitung

$$\cos \varphi = \frac{P}{S} = \frac{70}{165} = 0,42 \qquad \sin \varphi = 0,9055$$

$$\text{Daya Reaktif } Q = V \cdot I \cdot \sin \varphi = 220 \cdot 0,75 \cdot 0,9055 = 149,4 \text{ Var}$$

$$\text{Nilai Kapasitor : } C = \frac{Q}{V^2 2 \pi f} = \frac{149,4}{220^2 2 \pi 50} = 9,8255 \cdot 10^{-6} = 9,8 \mu f$$

Dapat dilihat $\cos \varphi$ motor sangat rendah, selisih daya semu dengan daya aktif terlalu besar sehingga kerugian daya pada motor terlalu besar, ini tidak waja perlu memperkecil daya reaktif yang diperlukan, maka :

$$\text{Hitung ulang dengan asumsi } \cos \varphi = 0,72 \text{ didapat } \sin \varphi = 0,694$$

$$\text{Daya nyata } P = v \cdot i \cdot \cos \varphi = 220 \cdot 0,75 \cdot 0,72 = 118,8 \text{ watt}$$

$$\text{Daya Reaktif } Q = V \cdot I \cdot \sin \varphi = 220 \cdot 0,75 \cdot 0,694 = 114,51 \text{ Var}$$

$$\text{Nilai Kapasitor : } C = \frac{Q}{V^2 2 \pi f} = \frac{149,4}{220^2 2 \pi 50} = 7,53 \cdot 10^{-6} = 7,53 \mu f$$

Berdasarkan perhitungan nilai kapasitansi kapasitor motor induksi ke-1 dan motor induksi ke-2, didapatkan nilai kapasitor pada motor induksi ke-1 adalah $1,9 \mu f$ dan pada motor induksi ke-2 adalah $7,53 \mu f$. Maka selanjutnya akan dilakukan pengukuran tegangan keluaran pada motor induksi ke-1 dan motor induksi ke-2.

B. Pengukuran Tegangan Induksi Pada Generator Induksi

- ❖ Motor induksi yang ke-1 dengan spesifikasi Daya P = 35 Watt, tegangan kerja V = 220 V dan frekuensi f = 50 Hz, tiga kecepatan yaitu putaran kencang, sedang dan lambat.

Sebelum melakukan pengukuran perlu mengetahui persentase error yang akan terjadi pada generator dan rangkaian ekuivalen generator untuk mengetahui letak kapasitor, power keluaran tegangan induksi, serta power kecepatan motor induksi.

Pada pengukuran persentase error yang akan terjadi pada motor, dapat dilakukan dengan mula mula mengukur kecepatan motor induksi yang akan digunakan sebagai generator dengan menggunakan tachometer, terukur kecepatan maksimal rotor 1432 RPM, sedangkan pada nameplate motor tercatat kecepatan putar rotor 1250 RPM. Maka dari pengukuran tersebut, dapat dihitung besarnya persentase error yang terjadi.

$$\text{Error} = \frac{\text{nilai pengujian} - \text{nilai nameplate}}{\text{nilai nameplate}} \times 100\%$$

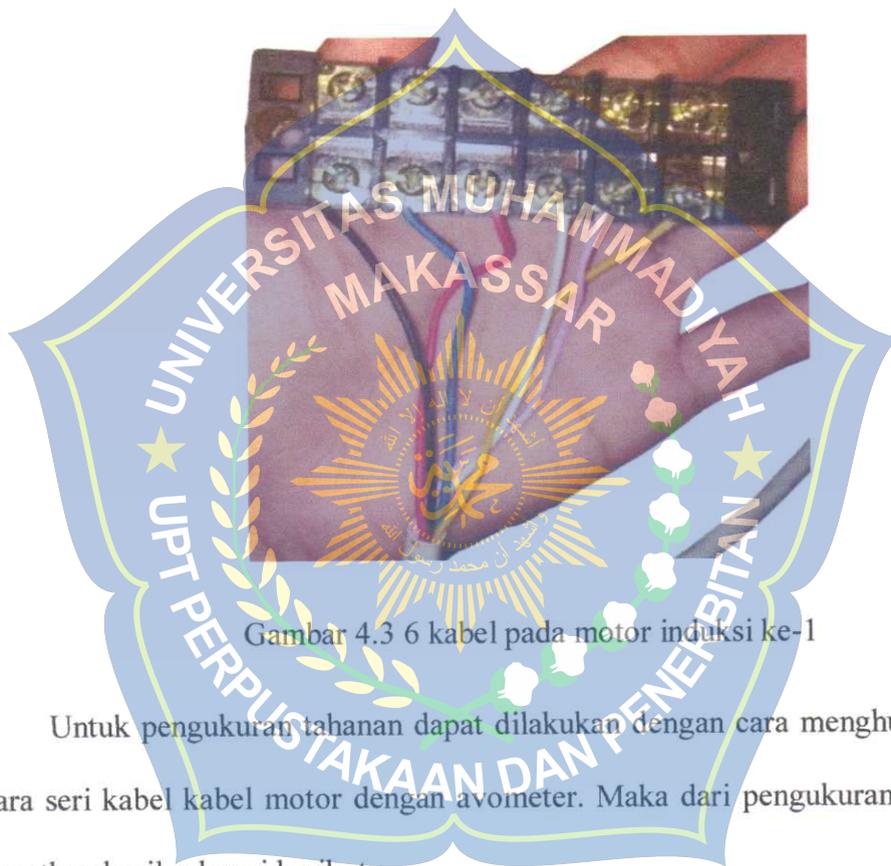
$$\text{Error} = \frac{1432 - 1250}{1250} \times 100\% = 14,56\%$$

Syarat motor induksi untuk menjadi generator adalah kecepatan rotor lebih besar dari pada kecepatan sinkronnya ($N_r > N_s$) maka motor induksi harus diputar diatas 1432 RPM agar Slip menjadi Negatif. Maka kecepatan sinkron motor dihitung sebagai berikut :

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

$$n_s = \frac{120 \times 50}{4} = \frac{6000}{4} = 1500 \text{ RPM}$$

Kemudian, untuk menentukan rangkaian ekuivalen generator dimana letak kapasitor, power input (*running*) dan power kecepatan motor induksi dapat dilakukan dengan cara pengukuran resistansi/tahanan pada 6 kabel motor induksi yang akan digunakan sebagai generator induksi dengan menggunakan Avometer.



Gambar 4.3 6 kabel pada motor induksi ke-1

Untuk pengukuran tahanan dapat dilakukan dengan cara menghubungkan secara seri kabel-kabel motor dengan avometer. Maka dari pengukuran tersebut, didapatkan hasil sebagai berikut :

Kabel Hitam + Kabel Kuning = 750 Ω

Kabel Hitam + Kabel Pink = 0 Ω

Kabel Hitam + Kabel Merah = 400 Ω

Kabel Hitam + Kabel Putih = 500 Ω

Kabel Hitam + Kabel Biru = 590 Ω

Kabel Kuning + Kabel Pink = 750 Ω

Kabel Kuning + Kabel Merah = 390 Ω

Kabel Kuning + Kabel Putih = 290 Ω

Kabel Kuning + Kabel Biru = 210 Ω

Kabel Merah + Kabel Pink = 390 Ω

Kabel Merah + Kabel Biru = 190 Ω

Kabel Merah + Kabel Putih = 120 Ω

Kabel Putih + Kabel Pink = 520 Ω

Kabel Putih + Kabel Biru = 80 Ω

Kabel Pink + Kabel Biru = 590 Ω

Dari data resistansi diatas, dapat disimpulkan bahwa kabel :

- Kabel Hitam = Power (*running*)
- Kabel Kuning = Kapasitor (*start*)

Karena resistansi terbesar ada pada kabel hitam dan kabel kuning yang merupakan kumparan bantu.

Selanjutnya untuk menentukan 3 masukan kecepatan (*cummon*) tinggi, sedang, rendah. Yang perlu kita perhatikan hanya kabel yang dihubungkan seri dengan kabel hitam (*running*) maka :

- Kabel Hitam + Kabel Merah = Motor kecepatan tinggi

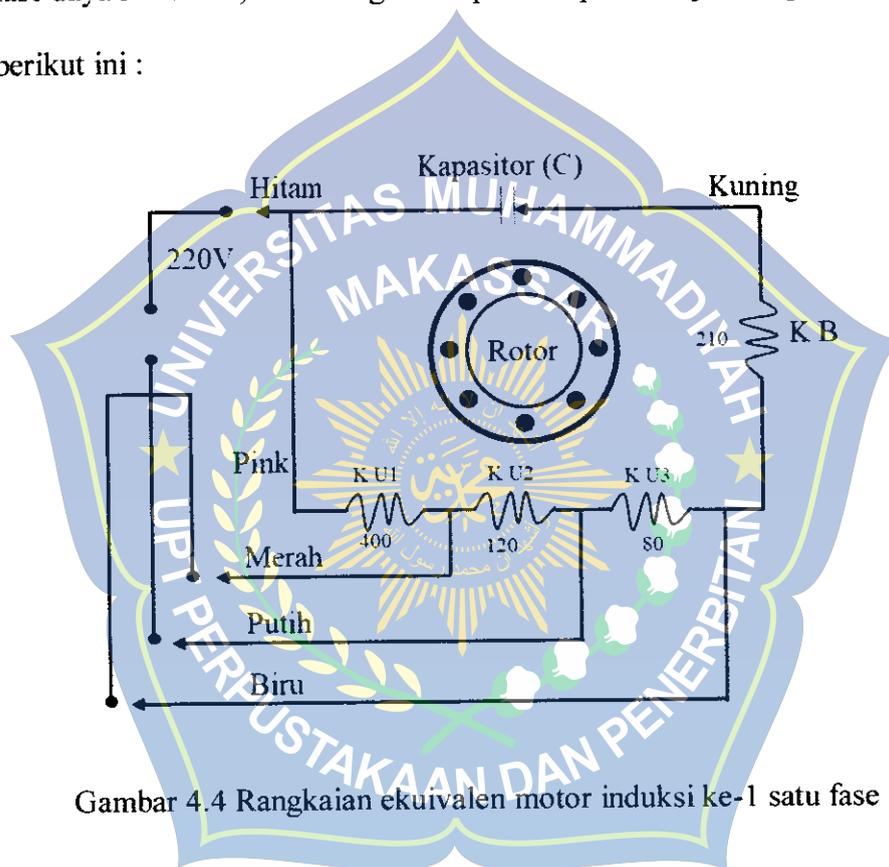
Karena tahanan paling kecil artinya putaran motor semakin kencang

- Kabel Hitam + Kabel Biru = Motor kecepatan rendah

Karena tahanan paling besar artinya putaran motor semakin lambat

- Kabel Hitam + Kabel Putih = Motor kecepatan sedang

Berdasarkan pengukuran resistansi, Maka rangkaian motor induksi satu fase daya $P = 35 \text{ W}$, 220 V Tiga Kecepatan dapat ditunjukkan pada gambar 4.4 berikut ini :



Gambar 4.4 Rangkaian ekuivalen motor induksi ke-1 satu fase

Setelah didapatkan persentase error yang akan terjadi pada generator dan rangkaian ekuivalen generator, maka akan dilakukan pengukuran keluaran tegangan induksi pada motor induksi ke-1 dengan kapasitor yaitu $1,9 \mu\text{f}$. Namun sebelum melakukan pengukuran keluaran tegangan dengan kapasitor $1,9 \mu\text{f}$, perlu juga dipersiapkan kapasitor yang lebih rendah guna memperbesar faktor daya sehingga kerugian daya pada generator akan rendah sehingga mendapatkan hasil

keluaran maksimal dan juga sebagai perbandingan antara kapasitor 1 dengan lainnya.

Untuk memperkecil nilai kapasitor, kapasitor akan dihubung seri dengan kapasitor lainnya. Maka untuk Perhitungan Rumus dari Rangkaian Seri Kapasitor (Kondensator) adalah :

$$\frac{1}{C_{total}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots + \frac{1}{C_n}$$

Maka :

1. C2

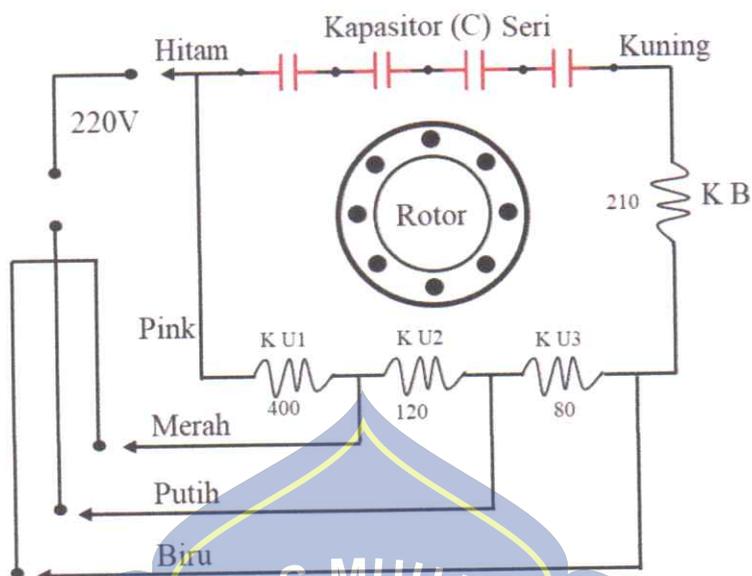
$$2. \frac{1}{C_{total}} = \frac{1}{C_{1,5}} + \frac{1}{C_{2,5}} = \frac{2,5+1,5}{3,75} = \frac{4}{3,75} = C_{total} = \frac{3,75}{4} = 0,9375 \mu f$$

$$3. \frac{1}{C_{total}} = \frac{1}{C_{1,5}} + \frac{1}{C_{2,5}} + \frac{1}{C_2} = \frac{5+3+3,75}{7,5} = \frac{11,75}{7,5} = C_{total} = \frac{7,5}{11,75} = 0,6383 \mu f$$

$$4. \frac{1}{C_{total}} = \frac{1}{C_{1,5}} + \frac{1}{C_{2,5}} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_2} = \frac{5+3+3,75+3,75}{7,5} = \frac{15,5}{7,5} = C_{total} = \frac{7,5}{15,5} = 0,4839 \mu f$$

$$5. \frac{1}{C_{total}} = \frac{1}{C_{1,5}} + \frac{1}{C_{2,5}} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_2} = \frac{5+3+3,75+3,75+3,75}{7,5} = \frac{19,25}{7,5} =$$

$$C_{total} = \frac{7,5}{19,25} = 0,3896 \mu f$$



Gambar 4.5 Rangkaian ekuivalen kapasitor seri motor induksi ke-1 satu fase

Hasil data pengukuran :

Proses pengukuran tegangan induksi yang dihasilkan oleh generator yaitu dengan memutar rotor generator dengan berbagai kecepatan tertentu (diatas kecepatan sikron = 1500 RPM). Hasil pengukuran tegangan induksi generator dengan beberapa terminal kabel kecepatan yang ada pada generator dapat dilihat pada tabel 4.2, tabel 4.3, dan tabel 4.4.

Tabel 4.2 Motor kecepatan tinggi (terminal kabel Hitam + Merah)

No.	Nilai Kapasitor minimum C (μf), Tegangan induksi V (volt) dan Kecepatan n (RPM)					
	C2	C1,5 + C2,5	C1,5 + C2,5 + C2	C1,5 + C2,5 + C2 + C2	C1,5 + C2,5 + C2 + C2 + C2	
	n (RPM)	V (Volt)	V (Volt)	V (Volt)	V (Volt)	
1	1600	4,5V	3,8V	3,6V	2,4V	3,2V
2	1800	4,7V	4,2V	4V	3,6V	3,6V
3	2000	5V	4,8V	4,4V	4,2V	4V
4	2200	5V	6,1V	5V	4,8V	4,6V

No.	Nilai Kapasitor minimum C (μf), Tegangan induksi V (volt) dan Kecepatan n (RPM)					
		C2	C1,5 + C2,5	C1,5 + C2,5 + C2	C1,5 + C2,5 + C2 + C2	C1,5 + C2,5 + C2 + C2 + C2
	n (RPM)	V (Volt)	V (Volt)	V (Volt)	V (Volt)	V (Volt)
5	2400	4,1V	6,9V	5,8V	5,6V	5V
6	2600	4V	7,3V	6,4V	6V	5,8V
7	2800	3,9V	7,9V	8V	7,8V	7V
8	3000	3,8V	8,4V	11V	11V	9V

Motor kecepatan tinggi (terminal kabel Hitam +

Merah)



Gambar 4.6 Diagram perbandingan tegangan keluaran (terminal kabel Hitam +

Merah)

Berdasarkan tabel 4.2 dan gambar 4.6, dapat dilihat tegangan maksimal yang dihasilkan generator pada terminal kabel Hitam + kabel merah adalah 11V dengan kapasitor/daya reaktif sebesar 0,64 μf (C1,5 + C2,5 + C2). Dapat dilihat pada awal mula generator diputar diatas kecepatan sikronnya (1500 RPM) tegangan keluaran generator sebesar 3,6V dengan kecepatan 1600 RPM. kemudian akan meningkat seiring bertambahnya kecepatan putar rotor generator sebesar 3000 RPM sehingga mendapatkan tegangan keluaran sebesar 11V.

Tabel 4.3 Motor kecepatan sedang (terminal kabel Hitam + Putih)

No.	Nilai Kapasitor minimum C (μf), Tegangan induksi V (volt) dan Kecepatan n (RPM)					
		C2	C1,5 + C2,5	C1,5 + C2,5 + C2	C1,5 + C2,5 + C2 + C2	C1,5 + C2,5 + C2 + C2 + C2
	n (RPM)	V (Volt)	V (Volt)	V (Volt)	V (Volt)	V (Volt)
1	1600	3,8V	1,8V	3V	2,6V	3V
2	1800	3,8V	2,4V	3,8V	3,8V	3,8V
3	2000	3,9V	4,9V	4,6V	4,6V	4,2V
4	2200	3,6V	6,5V	5,4V	5V	4,6V
5	2400	3,5V	7,2V	6,2V	5,8V	5,4V
6	2600	3,3V	7,5V	7V	6,6V	6,8V
7	2800	2,8V	8V	8,2V	8V	8V
8	3000	2,7V	8,4V	12V	12,5V	10V



Gambar 4.7 Diagram perbandingan tegangan keluaran (terminal kabel Hitam + Putih)

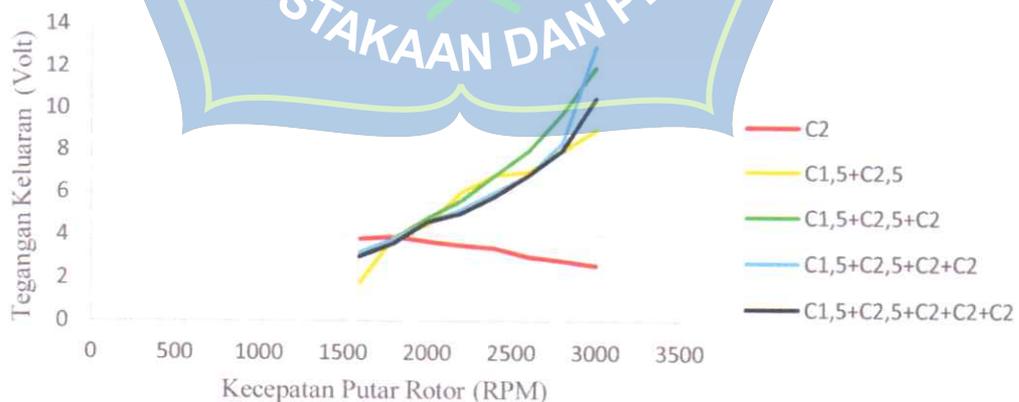
Berdasarkan tabel 4.3 dan gambar 4.7, dapat dilihat tegangan maksimal yang dihasilkan generator pada terminal kabel Hitam + kabel putih adalah 12,5V dengan kapasitor/daya reaktif sebesar 0,48 μf (C1,5 + C2,5 + C2 + C2). Dapat

dilihat pada awal mula generator diputar diatas kecepatan sikronnya (1500 RPM) tegangan keluaran generator sebesar 2,6V dengan kecepatan 1600 RPM. kemudian akan meningkat seiring bertambahnya kecepatan putar rotor generator sebesar 3000 RPM sehingga mendapatkan tegangan keluaran sebesar 12,5V.

Tabel 4.4 Motor kecepatan rendah (terminal kabel Hitam + Biru)

No.	Nilai Kapasitor minimum C (μf), Tegangan induksi V (volt) dan Kecepatan n (RPM)					
		C2	C1,5 + C2,5	C1,5 + C2,5 + C2	C1,5 + C2,5 + C2 + C2	C1,5 + C2,5 + C2 + C2 + C2
	n (RPM)	V (Volt)	V (Volt)	V (Volt)	V (Volt)	V (Volt)
1	1600	3,8V	1,8V	3,2V	3,2V	2,6V
2	1800	3,9V	3,9V	3,8V	3,8V	3,6V
3	2000	3,7V	4,5V	4,8V	4,6V	4,6V
4	2200	3,5V	6V	5,6V	5,2V	5V
5	2400	3,4V	6,8V	6,8V	6V	5,8V
6	2600	3V	7,4V	8V	6,8V	6,8V
7	2800	2,8V	8V	9,8V	8,4V	8V
8	3000	2,6V	9V	12V	13V	10,5V

Motor kecepatan rendah (terminal kabel Hitam + Biru)



Gambar 4.8 Diagram perbandingan tegangan keluaran (terminal kabel Hitam + biru)

Berdasarkan tabel 4.4 dan gambar 4.8, dapat dilihat tegangan maksimal yang dihasilkan generator pada terminal kabel Hitam + kabel biru adalah 13V dengan kapasitor/daya reaktif sebesar 0,48 μf ($C_{1,5} + C_{2,5} + C_2 + C_2$). Dapat dilihat pada awal mula generator diputar diatas kecepatan sinkronnya (1500 RPM) tegangan keluaran generator sebesar 3,2V dengan kecepatan 1600 RPM. kemudian akan meningkat seiring bertambahnya kecepatan putar rotor generator sebesar 3000 RPM sehingga mendapatkan tegangan keluaran sebesar 13V.

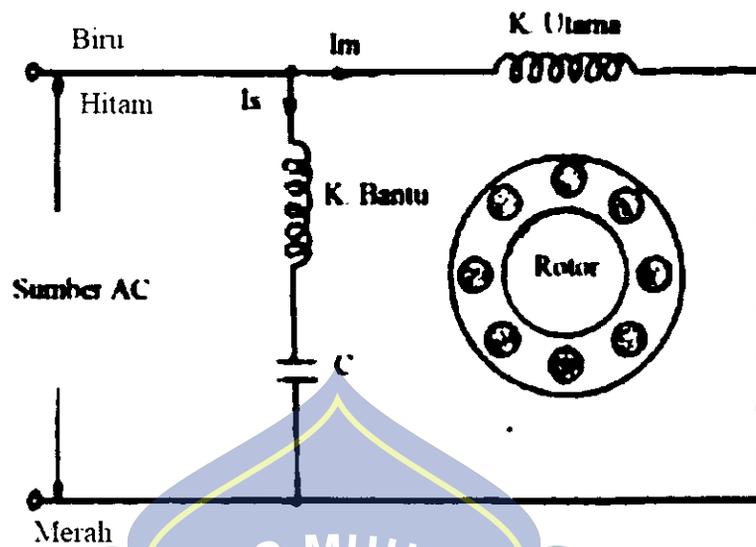
- ❖ Motor induksi yang ke-2 dengan spesifikasi Daya P = 70 Watt, tegangan kerja V = 220 V, arus I = 0,75 A dan frekuensi f = 50 Hz, satu kecepatan.

Untuk pengukuran persentase error pada motor induksi ke-2 tidak perlu karena pada nameplate motor induksi ke-2 tidak terdapat kecepatan maksimal motor, hanya pengukuran kecepatan motor induksi dengan menggunakan tachometer maka terukur kecepatan maksimal rotor 1432 RPM. Dan kecepatan sinkronnya dapat ditentukan sebagai berikut :

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

$$n_s = \frac{120 \times 50}{4} = \frac{6000}{4} = 1500 \text{ RPM}$$

Pada nameplate motor induksi ke-2 sudah terdapat rangkaian diagram maka untuk rangkaian ekuivalen dapat di gambarkan sebagai berikut.



Gambar 4.9 Rangkaian ekuivalen motor induksi satu fase

Selanjutnya akan dilakukan pengukuran keluaran tegangan induksi pada motor induksi ke-2 dengan kapasitor yaitu $7,53 \mu f$. Namun sebelum melakukan pengukuran keluaran tegangan dengan kapasitor $7,53 \mu f$, perlu juga dipersiapkan kapasitor yang lebih rendah guna memperbesar faktor daya sehingga kerugian daya pada generator akan rendah sehingga mendapatkan hasil keluaran maksimal dan juga sebagai perbandingan antara kapasitor 1 dengan lainnya.

Untuk memperkecil nilai kapasitor, kapasitor akan dihubung seri dengan kapasitor lainnya. Maka untuk Perhitungan Rumus dari Rangkaian Seri Kapasitor (Kondensator) adalah :

$$\frac{1}{C_{total}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots + \frac{1}{C_n}$$

Maka :

1. C4

2. C2

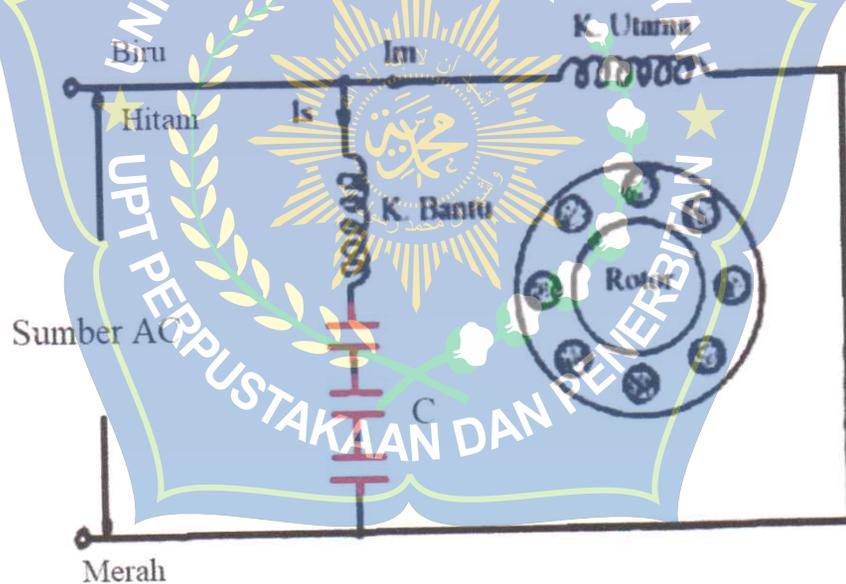
3. C1,5

$$4. \frac{1}{C_{total}} = \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_2} = \frac{1+1}{2} = \frac{2}{2} = C_{total} = \frac{2}{2} = 1 \mu f$$

$$5. \frac{1}{C_{total}} = \frac{1}{C_{1,5}} + \frac{1}{C_{2,5}} + \frac{1}{C_2} = \frac{5+3+3,75}{7,5} = \frac{11,75}{7,5} = C_{total} = \frac{7,5}{11,75} = 0,6383 \mu f$$

$$6. \frac{1}{C_{total}} = \frac{1}{C_{1,5}} + \frac{1}{C_{2,5}} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_2} = \frac{5+3+3,75+3,75}{7,5} = \frac{15,5}{7,5} = C_{total} = \frac{7,5}{15,5} = 0,4839 \mu f$$

$$7. \frac{1}{C_{total}} = \frac{1}{C_{1,5}} + \frac{1}{C_{2,5}} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_2} = \frac{5+3+3,75+3,75+3,75}{7,5} = \frac{19,25}{7,5} = C_{total} = \frac{7,5}{19,25} = 0,3896 \mu f$$



Gambar 4.10 Rangkaian ekuivalen kapasitor seri motor induksi ke-2 satu fase

Hasil data :

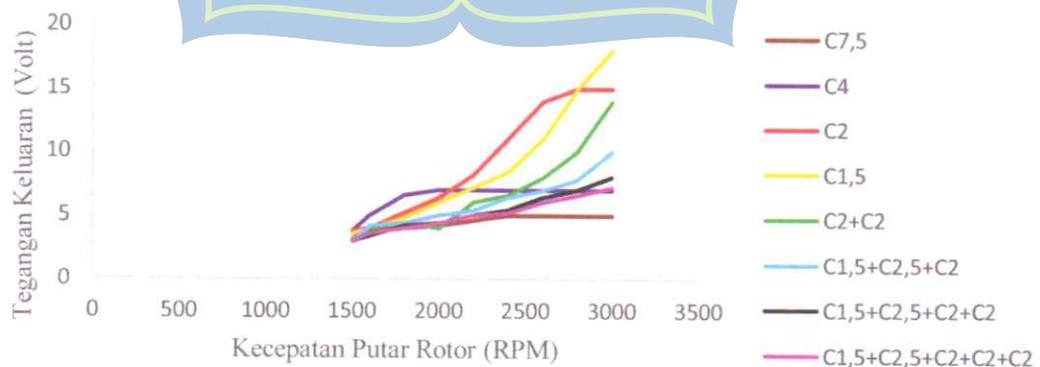
Proses pengukuran tegangan induksi yang dihasilkan oleh generator yaitu dengan memutar rotor generator dengan berbagai kecepatan tertentu (disatas

kecepatan sinkron = 1500 RPM). Hasil pengukuran tegangan induksi generator dengan beberapa terminal kabel kecepatan yang ada pada generator dapat dilihat pada tabel 4.5.

Tabel 4.5 Motor induksi satu fase P = 70W, 220V dan arus 0,75A satu kecepatan

No.	Nilai Kapasitor minimum C (μf), Tegangan induksi V (volt) dan Kecepatan n (RPM)								
		C7,5	C4	C2	C1,5	C2 + C2	C1,5 + C2,5 + C2	C1,5 + C2,5 + C2 + C2	C1,5 + C2,5 + C2 + C2 + C2
	n (RPM)	V (Volt)	V (Volt)	V (Volt)					
1	1500	3,8V	3,8V	3,8V	3,6V	3,2V	3V	3V	3V
2	1600	3,9V	5V	4V	4V	4V	3,8V	3,4V	3,6V
3	1800	4V	6,6V	5,2V	4,8V	4,4V	4,2V	4,2V	4V
4	2000	4,2V	7V	6,4V	6V	5V	5V	4,4V	4,4V
5	2200	4,6V	7V	8,2V	7,2V	6V	5,4V	5V	5V
6	2400	5V	7V	11V	8,4V	6,6V	5,8V	5,4V	5,2V
7	2600	5V	7V	14V	11V	8V	7V	6,4V	6V
8	2800	5V	7V	15V	15V	10V	7,8V	7V	6,6V
9	3000	5V	7V	15V	18V	14V	10V	8V	7,2V

Motor induksi satu fase = 70W, 220V dan arus 0,75A satu kecepatan



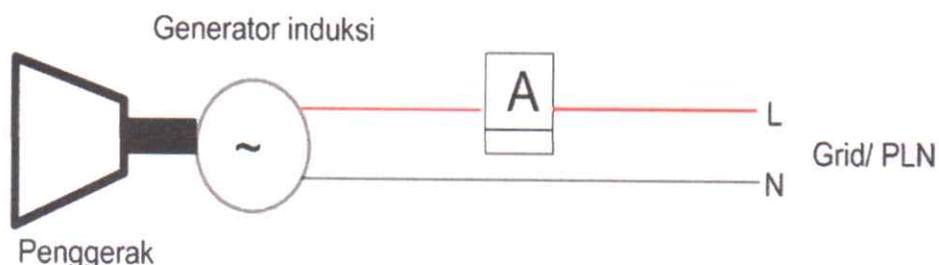
Gambar 4.11, Diagram perbandingan tegangan keluaran motor induksi satu fase P = 70W, 220V dan arus 0,75A satu kecepatan

Berdasarkan tabel 5 dan gambar 4.11, dapat dilihat tegangan maksimal yang dihasilkan generator adalah 18V dengan kapasitor/daya reaktif sebesar $1,5 \mu\text{f}$ (C1,5). Dapat dilihat pada awal mula generator diputar diatas kecepatan sikronnya (1500 RPM). Dapat dilihat pada awal mula generator diputar diatas kecepatan sikronnya (1500 RPM) tegangan keluaran generator sebesar 3,6V dengan kecepatan 1500 RPM. kemudian akan meningkat seiring bertambahnya kecepatan putar rotor generator sebesar 3000 RPM sehingga mendapatkan tegangan keluaran sebesar 18V.

C. Sinkronisasi Generator Induksi dengan Grid/Jaringan PLN

- ❖ Spesifikasi motor induksi ke-3 sebagai generator induksi 1 fasa (self excitation induction generator, SEIG) yang digunakan untuk sinkronisasi dengan Grid/jaringan PLN 220 V $f=50$ Hz sebagai berikut:

Daya $P = 45$ Watt, tegangan kerja $V = 220$ V dan frekuensi $f = 50$ Hz, dan kapasitor eksitasi $1,5 \mu\text{F}$, tiga kecepatan yaitu putaran kencang, sedang dan lambat. Pada proses pengujian sinkronisasi generator induksi 1 fasa (SEIG) ke Grid/Jaringan PLN 220 V $f=50\text{Hz}$ dapat dilakukan dengan skema sebagai berikut :



Gambar 4.12 Skema sinkronisasi motor induksi ke-3 sebagai generator induksi dengan Grid

Proses sinkronisasi antara SEIG dengan grid PLN adalah mula mula dengan menjalankan generator dalam mode motor, yaitu SEIG diberi sumber dari jala-jala PLN. Selanjutnya SEIG diputar diatas kecepatan sinkronnya (RPM motor 1350, $N_s = 1500$ RPM). Hasil pengukuran arus yang mengalir antara jaringan PLN dengan generator diberikan pada tabel 4.6.

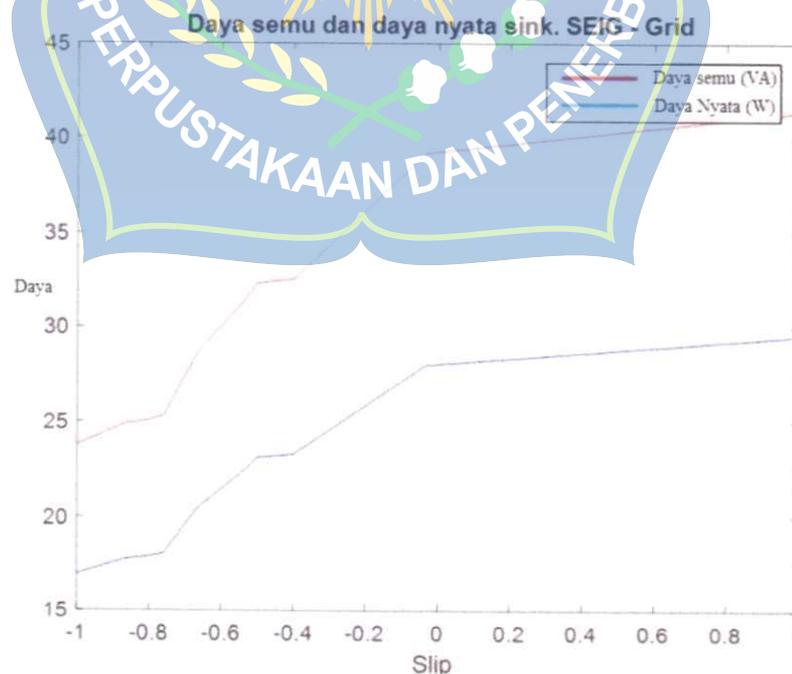
Tabel 4.6. Data hasil pengukuran sinkronisasi SEIG dengan Grid PLN.

Arus (A)	Kec. (Rpm)	Slip	Daya semu (VA)	Daya nyata $\text{Cos } (\phi) = 0,72$ (W)
0.188	0	1	41.36	29.54
0.178	1350	-0.033	39.16	27.97
0.148	2100	-0.40	32.56	23.25
0.147	2250	-0.50	32.34	23.10
0.143	2300	-0.5333	31.46	22.47
0.13	2500	-0.6667	28.6	20.42
0.115	2640	-0.76	25.3	18.07
0.114	2700	-0.80	25.08	17.91
0.113	2800	-0.8667	24.86	17.75
0.108	3000	-1	23.76	16.97



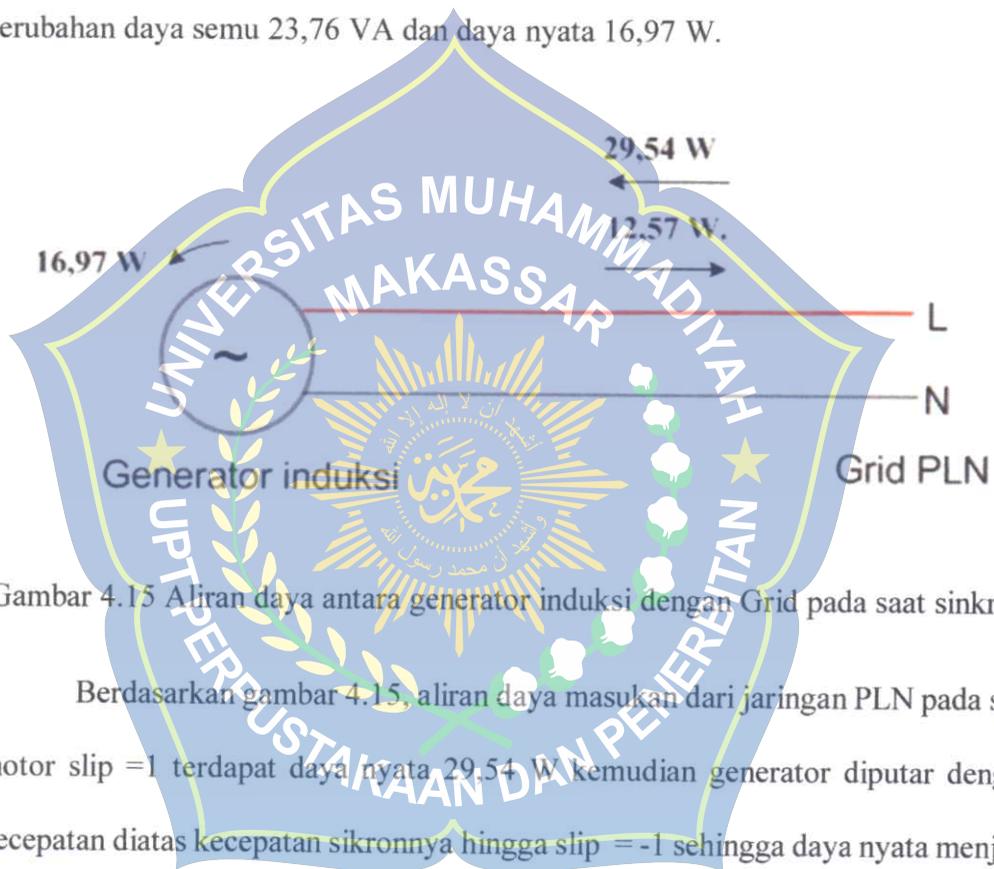
Gambar 4.13 Sinkronisasi motor induksi ke-3 sebagai generator induksi dengan Grid pada tahap awal

Berdasarkan tabel 4.6 dan gambar 4.13, pada awal sinkronisasi generator induksi dengan jaringan PLN, dapat dilihat generator dalam keadaan berputar menggunakan energi listrik dari Jaringan PLN (Belum diputar diatas kecepatan sikronnya) dengan Slip $S = \frac{N_s - N_r}{N_s} = \frac{1500 - 0}{1500} = 1$. Terdapat daya yang mengalir dari jaringan PLN ke generator sebesar 29,54 W. Dimana daya tersebut diserap generator sebagai rugi-rugi tembaga pada kumparan stator generator dan rugi-rugi pada celah udara antara stator dan rotor. Kemudian jika generator diberi masukan tenaga mekanik dengan kecepatan diatas kecepatan sikron motor hingga mencapai 3000 RPM. maka generator mulai menyalurkan daya ke grid dengan slip $S = \frac{N_s - N_r}{N_s} = \frac{1500 - 3000}{1500} = -1$, terdapat daya total yang mengalir antara grid dengan generator adalah sebesar 16,97 W. Ini berarti bahwa generator menyalurkan daya ke grid sebesar 12,57 W.



Gambar 4.14 Daya versus slip pada sinkronisasi generator induksi dengan Grid

Dapat dilihat pada gambar 4.14, pada awal generator diberi tegangan PLN dapat terlihat daya semu 41,36 VA dan daya nyata 29,54 W dengan slip = 1. kemudian diberi masukan tenaga mekanik/diputar, dapat dilihat diagram diatas slip akan berkurang/berubah secara perlahan seiring besarnya kecepatan masukan tenaga mekanik generator hingga menjadi negative (slip = -1), sehingga terjadi perubahan daya semu 23,76 VA dan daya nyata 16,97 W.



Gambar 4.15 Aliran daya antara generator induksi dengan Grid pada saat sinkron

Berdasarkan gambar 4.15, aliran daya masukan dari jaringan PLN pada saat motor slip =1 terdapat daya nyata 29,54 W kemudian generator diputar dengan kecepatan diatas kecepatan sikronnya hingga slip = -1 sehingga daya nyata menjadi 16,97 W, maka daya yang disalurkan oleh generator adalah $29,54 \text{ W} - 16,97 \text{ W} = 12,57 \text{ W}$.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

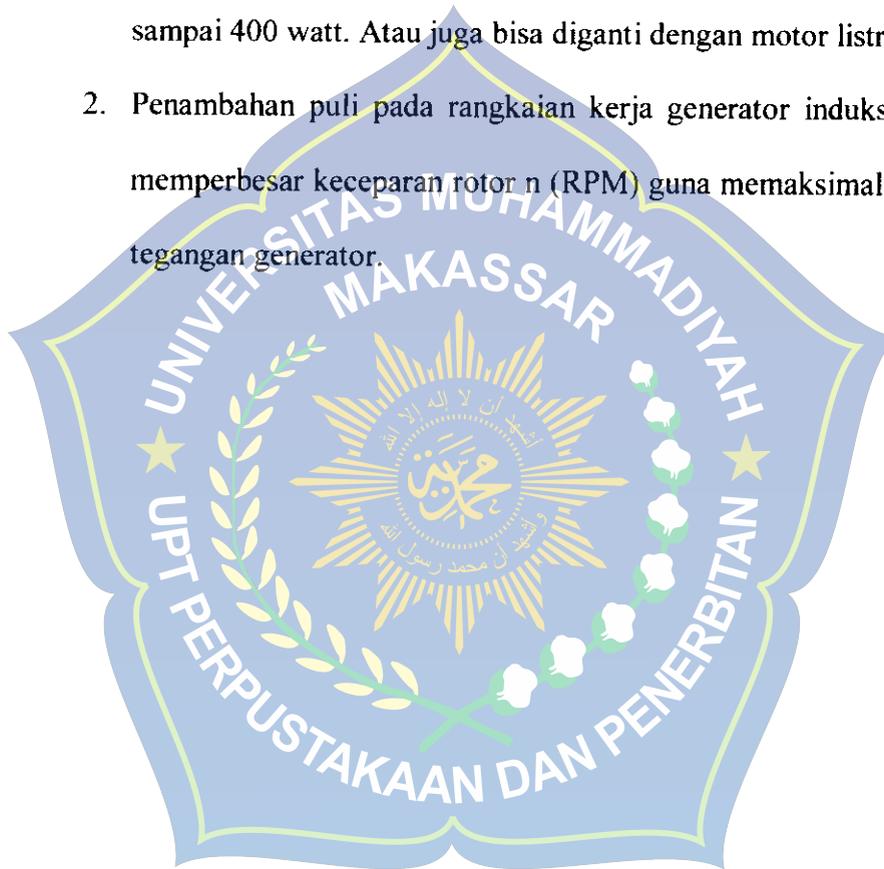
Dari hasil pengujian dan percobaan motor induksi 1 fasa sebagai generator induksi dengan operasi terisolasi (*stand alone*) tanpa beban dan dalam kondisi operasi sinkronisasi dengan jaringan PLN dapat disimpulkan bahwa :

1. Motor listrik 1 fasa dapat bekerja sebagai generator induksi apabila slip motor negatif yaitu motor listrik harus diputar diatas kecepatan sinkronnya. Berdasarkan hasil percobaan dalam skripsi ini tegangan induksi yang dihasilkan generator induksi ke-1 daya kecil 35W (dioperasikan secara terisolasi tanpa beban) menghasilkan tegangan induksi dengan rata rata 9,06V AC. Dan generator induksi ke-2 daya kecil 70W (dioperasikan secara terisolasi tanpa beban) menghasilkan tegangan induksi dengan rata rata 10,525V AC. Oleh sebab itu motor induksi daya yang kecil ini tidak memuaskan jika digunakan sebagai generator induksi.
2. Berdasarkan hasil percobaan sinkronisasi generator induksi ke-3 daya kecil 45W dengan jaringan PLN, diperoleh hasil bahwa generator dapat menyalurkan daya ke Grid. Generator induksi dengan daya 45 W (sesuai nameplate) daya maksimum yang dapat disalurkan ke Grid dalam operasi sinkron adalah sebesar 12,57 W.

B. Saran

Saran untuk pengembangan motor listrik 1 fasa sebagai generator induksi adalah sebagai berikut :

1. Motor listrik 1 fasa yang digunakan diganti dengan motor listrik berkapasitas daya yang lebih besar, seperti mesin pompa air daya 125 sampai 400 watt. Atau juga bisa diganti dengan motor listrik 3 fasa.
2. Penambahan puli pada rangkaian kerja generator induksi agar dapat memperbesar kecepatan rotor n (RPM) guna memaksimalkan keluaran tegangan generator.



DAFTAR PUSTAKA

- Abimanyu, Arianda. 2018. *Perancangan Generator Menggunakan Motor Induksi 1 Fasa*, Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Medan.
- Gunawan, H., 1993, *Mesin Listrik dan Rangkaian Listrik*, Erlangga, Jakarta.
- Joni, Alpensus. 2013. *Pemanfaatan Generator Induksi Satu Fasa Sebagai Generator*. Teknik Elektro Universitas Sanata Dharma. Yogyakarta.
- Juhari, Dipl. Eng, S. Pd., 2014. *Generator*. Jakarta
- Purwanto, Ely. 2020. *Pemodifikasian Motor Listrik Induksi Sebagai Generator Magnet Permanen RPM Rendah*. Institut Agama Islam Negeri Palangka Raya.
- Rohani, Ani. 2019. *Rancang Bangun Generator Induksi Satu Fasa Putaran Rendah*. Teknik Elektro Universitas Jember. Jawa Timur.
- Saleh Al Amin, M., 2018. *Pembangkit Tegangan Generator Induksi Satu Fasa*. Teknik Elektro Universitas PGRI Palembang, Palembang.
- Sumanto, M.A., 1992, *Mesin – Mesin Sinkron*, Andi offset, Yogyakarta.
- Sumanto, M.A., 1989, *Motor Arus Bolak Balik*, Andi offset, Yogyakarta.
- Tim Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta. 2003. *Teknik Dasar Generator*. Departemen Pendidikan Nasional. Yogyakarta.