





## KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Puji syukur hanya bagi Allah SWT. Yang telah memberikan hidayah-Nya bagi kami yang melalui ilmu-Nya yang Maha luar biasa sedikit menuliskan setetes dari lautan ilmu kedalam tugas skripsi ini. Shalawat serta salam kami tunjukan serta teladan kami, Nabi Muhammad SAW. Beserta seluruh pengikutnya hingga akhir zaman yang telah melindungi kita dari alam yang menyesatkan. Maka dari itu apabila ada kesalahan kata atau penulisan dalam skripsi ini kami minta maaf yang sebesar-besarnya karena kami hanya manusia biasa yang tidak luput dari kesalahan, maka kami mengucapkan terima kasih atas bimbingan bapak ibu yang telah membimbing kami dalam menyusun skripsi kami, tanpa batuan bapak ibu kami mungkin tidak dapat berjalan lancar dalam menyelesaikan studi kami.

Skripsi ini di tulis dalam rangka memenuhi persyaratan akademik untuk mencapai gelar sarjana pada program studi Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah (UNISMUH) Makassar. Adapun judul skripsi adalah: *“Analisis Kinerja Mesin Induksi Tiga Fasa Sebagai Generator Induksi di PT. Vale Kabupaten Luwu Timur”*

Dalam penulisan ini kami menemui banyak sekali hambatan utamanya keterbatasan ilmu pengetahuan yang kami memiliki dan referensi, namun berkat bantuan dan motivasi dari berbagai pihak sehingga penulisan skripsi ini dapat terlaksanakan. Oleh karena itu pengharapan setinggi-tingginya kepada:

1. Bapak Ir. Hamzah Al Imran., ST, MT., Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
2. Bapak Umar Katu., ST, MT., Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
3. Ibu Dr. Ir. Hj. Hafsah Nirwana., M.T, pembimbing I dan bapak Ir. Abd. Hafid., M.T pembimbing II yang telah banyak menuangkan waktunya dalam membimbing kami.
4. Bapak dan ibu dosen serta staf pegawai pada Fakultas Teknik atas segala waktunya telah mendidik dan melayani kami selama mengikuti proses perkuliahan di Universitas Muhammadiyah Makassar.
5. Ayahanda dan ibunda tercinta, kami mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya atas segala limpahan kasih sayang, doa dan pengorbanan terutama dalam bentuk materi dalam menyelesaikan kuliah.
6. Saudara-saudara serta rekan-rekan mahasiswa fakultas teknik terkhusus angkatan 2013 yang dengan keakraban dan persaudaraan banyak membantu dalam menyelesaikan skripsi ini.

Semoga semua pihak tersebut di atas mendapat pahala yang berlipat ganda di sisi Allah SWT dan skripsi sederhana ini dapat bermanfaat bagi kami, rekan-rekan, masyarakat serta Nusa Bangsa dan Negara, Amin.

Makassar, 01 Januari 2018

Penulis

**Sutrisno, Zulfadli**  
**Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Unismuh Makassar**  
**Email; [sutrisno.sutris@gmail.com](mailto:sutrisno.sutris@gmail.com)**  
**Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Unismuh Makassar**  
**Email ;[zulfadli056@gmail.com](mailto:zulfadli056@gmail.com)**

### ABSTRAK

Abstrak: SUTRISNO dan ZULFADLI (2018). Analisis Kinerja Mesin Induksi Tiga Fasa Sebagai Generator Induksidi PT. Vale Kabupaten Luwu Timur. Skripsi. semakin besar nilai frekuensi yang diinput pada inverter maka semakin besar pula tegangan 3 fasa yang diperoleh motor induksi 3 fasa. Semakin besar tegangan keluaran inverter maka semakin cepat pula putaran roda motor induksi 3 fasa. Semakin cepat putaran motor induksi 3 fasa maka semakin besar pula tegangan yang dihasilkan oleh generator AC. Besar nilai tegangan dan arus pada beban dipengaruhi oleh tegangan sumber yang diterima dan beban pemakaian yang dipakai pada suatu instalasi. Sehingga dengan menentukan besar nilai frekuensi pada inverter, akan mempengaruhi besar tegangan generator AC yang dihasilkan untuk memenuhi kebutuhan beban listrik. Perkembangan penduduk khususnya di Indonesia semakin meningkat pesat dengan laju pertumbuhan penduduk mencapai 1,49% per tahun. Pengaplikasian generator induksi tereksitasi diri tidak tergantung pada jaringan (*grid*) dan sangat efektif penggunaanya untuk daerah terisolir.

Kata Kunci: Generator tiga fase, Motor Induksi, Inverter

### ABSTRACT

Abstract: SUTRISNO and ZULFADLI (2018). Performance Analysis of Three Phase Induction Machine as Inductor Generator PT. Vale East Luwu District. Essay. the greater the frequency value inputted to the inverter the greater the 3 phase voltage obtained by 3 phase induction motor. The larger the inverter output voltage the faster the wheel rotation of 3 phase induction motors. The faster the 3 phase induction motor rotation the greater the voltage generated by the AC generator. The value of the voltage and current in the load is affected by the received source voltage and the usage load used in an installation. So by generating a large frequency value in the inverter, will affect the generated AC generator voltage generated to meet the needs of the electrical load. The growth of population especially in Indonesia is increasing rapidly with population growth rate reaching 1.49% per year. The application of self-excited induction generators is independent of the grid and is highly effective for isolated.

Keywords: Three phase Generator, Induction Motor, Inverter

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PERSETUJUAN .....	iii
KATA PENGANTAR .....	iv
ABSTRAK .....	vi
DAFTAR ISI .....	v
DAFTAR TABEL .....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	xii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
A. Latar Belakang.....	3
B. Rumusan Masalah.....	6
C. Batasan Masalah .....	6
D. Maksud dan Tujuan .....	7
E. Manfaat Penelitian .....	7
F. Sistematika Pembahasan .....	7
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
A. Konsep Generator .....	9
B. Konstruksi Generator .....	14
C. Prinsip Kerja Generator .....	16
D. Karakteristik Generator Induksi dan Pembebanan Generator..	19

E. Jenis-Jenis Generator .....	26
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b>	
A. Tempat dan Waktu Penelitian .....	27
B. Teknik Pengumpulan Data .....	27
C. Alat dan Cara Kerja Alat .....	29
D. Diagram Alir Penelitian .....	33
E. Spesifikasi Generator Induksi.....	33
F. Analisis Pengambilan Data .....	34
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
A. Pengujian Keluaran Inverter dan Kecepatan Motor .....	35
B. Pengujian Keluaran Generator .....	38
C. Pengujian Pada Beban Y Setimbang dan Tak Setimbang.....	41
D. Pengujian Pada Beban $\Delta$ Setimbang dan Tak Setimbang.....	44
<b>BAB V PENUTUP</b>	
A. Kesimpulan.....	48
B. Saran.....	49
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>50</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>52</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 4.1. Data Hasil Pengujian Keluaran Inverter dan Kecepatan Motor.....	35
Tabel 4.2. Data Hasil Pengujian Keluaran Generator.....	39
Tabel 4.3. Data Hasil Pengujian Pada Beban Y Setimbang.....	42
Tabel 4.4. Data Nyala Lampu Beban Y Setimbang.....	43
Tabel 4.5. Data Hasil Pengujian Pada Beban Y Tak Setimbang.....	43
Tabel 4.6. Data Nyala Lampu Beban Y Tak Setimbang.....	44
Tabel 4.7. Data Hasil Pengujian Pada Beban $\Delta$ Setimbang.....	45
Tabel 4.8. Data Nyala Lampu Beban $\Delta$ Setimbang.....	46
Tabel 4.9. Data Hasil Pengujian Pada Beban $\Delta$ Tak Setimbang.....	46
Tabel 4.10. Data Nyala Lampu Beban $\Delta$ Tak Setimbang.....	47

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Karakteristik torka kecepatan pada motor induksi .....	12
Gambar 2.2. Struktur generator induksi AC .....	15
Gambar 2.3. Pembangkitan tegangan induksi.....	17
Gambar 2.4. Tegangan rotor yang dihasilkan .....	17
Gambar 2.5. Sebuah generator induksi beroperasi sendiri dengan Bank kapasito runtuk mensuplai daya reaktif .....	20
Gambar 2.6 Sinyal arus dan tegangan untuk beban bersifat resistif.....	24
Gambar 2.7 Sinyal arus dan tegangan untuk beban bersifat induktif .....	24
Gambar 2.8 Sinyal arus dan tegangan untuk beban kapasitif.....	25
Gambar 3.1. Gambar Blok Diagram Perencanaan Perangkat .....	29
Gambar 3.2. Gambar Skematik Rancangan Perangkat.....	31
Gambar 3.3. <i>Flowchart</i> Penelitian.....	33
Gambar 4.1. Grafik Tegangan Keluaran Inverter Terhadap Perubahan Frekuensi.....	36
Gambar 4.2. Grafik Kecepatan Motor Terhadap Perubahan Frekuensi.....	38
Gambar 4.3. Grafik Tegangan Keluaran Generator Terhadap Perubahan Frekuensi.....	40
Gambar 4.4. Grafik Kecepatan Generator Terhadap Perubahan Frekuensi .....	41

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **A. Latar Belakang**

Perkembangan penduduk khususnya di Indonesia semakin meningkat pesat dengan laju pertumbuhan penduduk mencapai 1,49% per tahun (Yudha, 2013). Pertumbuhan sumber daya manusia yang terus meningkat akan berpengaruh dalam beberapa aspek. Salah satunya kebutuhan akan energi listrik sebagai tolak ukur dimana sangat diperlukan sebagai sarana dan prasarana untuk menunjang kehidupan sehari-hari. Saat ini pembangunan proyek pembangkit listrik sedang gencar dilakukan oleh pemerintah, namun kenyataannya pembangunan tersebut memerlukan waktu yang cukup lama bahkan tak sesuai target yang telah ditentukan.

Di era modern ini hampir semua peralatan membutuhkan sumber energi listrik. Semakin lama penggunaan energi listrik semakin meningkat sedangkan cadangan bahan bakar fosil menjadi semakin berkurang bahkan habis. Untuk itu energi alternatif perlu diaplikasikan dalam peralatan skala kecil atau rumah tangga. Salah satunya adalah penggunaan motor induksi yang dioperasikan sebagai generator induksi, yang akan mengubah energi gerak menjadi energi listrik. Negara Indonesia sendiri merupakan negara maritim, terdiri dari beberapa pulau dan disetiap daerah banyak dijumpai sungai. Aliran air sungai tersebut sangat efisien jika dimanfaatkan sebagai tenaga penggerak mula pada generator induksi. Di Indonesia pemerataan jangkauan energi listrik masih sangat kurang terutama untuk daerah terisolir, sampai saat ini belum juga terkoneksi secara

merata. Pengaplikasian generator induksi tereksitasi diri tidak tergantung pada jaringan (*grid*) dan sangat efektif penggunaannya untuk daerah terisolir. Rumusan masalah penelitian ini yaitu bagaimana pengaruh kecepatan putar rotor terhadap keluaran generator induksi tereksitasi diri dan juga pada saat pembebanan (*load*) maupun tanpa beban adakah pengaruh terhadap keluaran pada generator tersebut (Saputro, 2016).

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi di dunia sudah semakin pesat. Ilmu dari segala bidang telah mempunyai porsinya masing-masing dalam kehidupan manusia. Dari bidang teknologi keteknikan yang berkembang pada bidang kelistrikan meliputi segi pembangkitan listrik hingga ke ranah pengiriman sinyal yang berdaya rendah. Pada sisi tersebut, berkembang pula teknologi aplikatif yang digunakan pada industri-industri dan fabrikasi, seperti digunakannya motor dalam proses fabrikasi yang menuntut adanya pengendalian motor induksi.

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

Pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMh) merupakan pembangkit listrik energy terbarukan yang belum banyak ditemui di indonesia. Sedangkan potensi air di Indonesia memadai untuk dibangun pembangkit tenaga

mikrohidro. Alasan adanya pembangkit mikrohidro ialah dapat menolong sumber energi konvensional yang semakin menipis serta pembangkit ini dapat membantu masyarakat yang belum mendapatkan energi listrik khususnya di daerah pedalaman dengan ukuran pembangkit skala kecil agar masyarakat Indonesia dapat menikmati energi listrik.

Salah satu komponen utama pada mikrohidro ialah generator. Generator yang biasa dipakai pada pembangkit ini ialah generator induksi tiga fasa karena mudah perawatannya dan harga lebih murah akan tetapi mayoritas beban yang dipakai masyarakat ialah peralatan tiga fasa sedangkan generator harga relative mahal. Generator induksi tiga fasa mudah ditemukan di pasaran dan harga relative murah sehingga penelitian ini bisa dilakukan. Oleh karena itu penelitian ini membahas tentang analisis kinerja mesin induksi tiga fasa sebagai generator induksi satu fasa. Analisis kinerja dimasukkan dengan tujuan agar mengetahui seberapa mampu generator menyuplai sampai beban puncak dengan penambahan kapasitor. membahas tentang analisis kinerja mesin induksi tiga fasa sebagai generator induksi tiga fasa. Analisis kinerja dimasukkan dengan tujuan agar mengetahui seberapa mampu generator menyuplai sampai beban puncak dengan penambahan kapasitor.

Kecenderungan menggunakan generator induksi (rotor sangkar) sebagai pengganti generator sinkron juga semakin meningkat khususnya untuk PLTMh kecil dengan beban penerangan (resistif). Generator Induksi adalah motor induksi yang dioperasikan sebagai generator dengan penambahan kapasitor penguat atau kapasitor eksitasi pada terminal motor. Kapasitor yang digunakan pada generator

umumnya adalah kapasitor tetap. Pada PLTMh berkapasitas 1-3 KW sangat tidak efisien jika menggunakan generator sinkron sebagai pembangkitnya dengan alasan perawatannya rumit, susah didapat dipasaran, dan harganya mahal. Oleh sebab itu perlu dicari alternatif pengganti generator sinkron untuk mikrohidro skala 1-3 KW (Berlianti, 2015).

Sistem generator yang biasanya digunakan (*non-variable speed sistem*) tidak dapat mengekstrak daya secara optimum serta tegangan yang dihasilkan memiliki amplitude yang berubah-ubah pula sehingga mengakibatkan kualitas daya yang dihasilkan jelek. Secara eksternal penggunaan mesin induksi dapat disesuaikan dengan nilai kapasitor bank yang digunakan pada generator. Sistem ini disebut dengan generator induksi penguatan sendiri atau *Self-excited induction generator* (SEIG). SEIG ini memiliki banyak keuntungan dibandingkan dengan generator sinkron seperti tidak perlu sikat-sikat atau baling-baling rotor, pengurangan ukuran, dan harga yang murah. Akan tetapi generator induksi menawarkan regulasi tegangan yang lemah dan nilainya bergantung pada kecepatan penggerak, kapasitor dan beban.

Pada penelitian sebelumnya hanya menghitung besar kapasitor untuk mengubah motor induksi tiga fasa sebagai generator induksi tiga fasa dan generator dihubungkan secara delta. sedangkan pada penelitian ini menghitung keluar daya yang dihasilkan generator induksi saat dihubungkan delta serta membandingkan tingkat efisiensi keluaran daya.

Pemakaian motor induksi 3 fasa dalam kehidupan sehari-hari tidak terhindarkan, begitu juga dalam industri. Motor induksi identik dengan beban atau

sebagai penggerak beban, misalnya sebagai penggerak belt konveyer untuk industri dan pompa air untuk kebutuhan sehari-hari (rumah tangga). Untuk kondisi tertentu, kadang kala motor induksi digunakan sebagai generator induksi untuk memenuhi kebutuhan sumber daya. Jika ditinjau dari segi ekonomis, khusus untuk kebutuhan daya tertentu (daya kecil), motor induksi dapat digunakan sebagai pembangkit mengganti peran generator induksi.

Motor induksi tiga fasa adalah motor listrik arus bolak-balik yang paling banyak digunakan. Motor induksi banyak digunakan karena memiliki beberapa keuntungan, diantaranya yaitu konstruksinya kompak, harganya murah dan perawatannya mudah. Selain beberapa keuntungan tadi, terdapat kelemahan pada motor induksi tiga fasa, yaitu sulitnya mengendalikan kecepatan. Motor induksi tiga fasa berputar pada kecepatan konstan, padahal industri biasanya menghendaki motor listrik yang bisa diatur kecepatan sesuai dengan keinginan.

Langkah yang dapat dilakukan untuk mengatur kecepatan motor induksi yaitu dilakukan dengan mengubah frekuensi yang masuk pada motor induksi. Belakangan ini berkembang alat elektronika daya yang digunakan untuk mengatur kecepatan motor induksi dengan merubah frekuensi. Alat ini dinamakan dengan variabel speed drive.

Secara umum konstruksi motor induksi sama dengan generator induksi, hanya saja generator induksi memerlukan adanya *prime mover* sebagai penggerak mula. Oleh karena itu motor induksi tiga fasa dapat dioperasikan sebagai generator dengan cara memutar rotor pada kecepatan di atas kecepatan medan putar, sehingga menghasilkan slip ( $s$ ) negatif. Untuk menjadikan motor induksi

sebagai generator maka mesin ini membutuhkan daya reaktif untuk membangkitkan arus eksitasi. Dengan cara ini maka motor listrik tiga fasa dapat dioperasikan sebagai generator. Tetapi dalam prakteknya tidaklah sama karena berbagai pengaruh tegangan dalam kinerja motor tersebut. Sehingga penulisan ini akan mencoba menganalisis pengaruh tegangan injeksi terhadap kinerja motor induksi tiga fasa jenis rotor belitan pada saat beroperasi. Oleh karena itu perlu dilakukan suatu kajian baik berupa analisis maupun penelitian di laboratorium untuk melihat bagaimana pengaruh injeksi tegangan terhadap torsi tersebut.

## **B. Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang di atas maka dapat dirumuskan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengujian keluaran inverter dan kecepatan generator induksi tiga fasa di PT. Vale Kabupaten Luwu Timur?
2. Bagaimana pengujian keluaran generator tiga fasa di PT. Vale Kabupaten Luwu Timur?
3. Bagaimana pengujian pada beban Y setimbang dan tak setimbang generator induksi tiga fasa di PT. Vale Kabupaten Luwu Timur?
4. Bagaimana pengujian pada beban  $\Delta$  setimbang dan tak setimbang generator induksi tiga fasa di PT. Vale Kabupaten Luwu Timur?

## **C. Batasan Masalah**

Pembahasan tentang motor induksi sebagai generator induksi cakupannya sangat luas, oleh karena itu perlu dibatasi ruang lingkup pembahasannya. Peneliti hanya membahas tentang pengujian generator tiga fasa.

#### **D. Maksud dan Tujuan Penelitian**

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah maka dirumuskan maksud dan tujuan penelitian sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui pengujian keluaran inverter dan kecepatan generator induksi tiga fasa di PT. Vale Kabupaten Luwu Timur.
2. Untuk mengetahui pengujian keluaran generator tiga fasa di PT. Vale Kabupaten Luwu Timur.
3. Untuk mengetahui pengujian pada beban Y setimbang dan tak setimbang generator induksi tiga fasa di PT. Vale Kabupaten Luwu Timur.
4. Untuk mengetahui pengujian pada beban  $\Delta$  setimbang dan tak setimbang generator induksi tiga fasa di PT. Vale Kabupaten Luwu Timur

#### **E. Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat adanya penjelasan yang mendukung kajian teori teknologi tentang energi listrik, dalam hal ini adanya penjelasan tentang dampak akibat perubahan putaran terhadap unjuk kerja motor induksi tiga fasa. Unjuk kerja motor dilihat dari aspek pengukuran kecepatan putaran, arus dan dayanya.
2. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat dengan hadirnya suatu pembangkit listrik di daerah-daerah terpencil serta menciptakan energi listrik alternatif bagi masyarakat.

#### **F. Sistematika Pembahasan**

Secara garis besar penyusunan proposal skripsi ini adalah sebagai berikut:

## **BAB I PENDAHULUAN**

Bab ini berisi tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, maksud dan tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika pembahasan.

## **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

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

## **BAB III METODE PENELITIAN**

Menjelaskan tentang metode kajian yang digunakan untuk menyelesaikan skripsi, terdiri atas waktu dan tempat penelitian, teknik pengumpulan data, alat dan bahan, diagram alir penelitian, blok diagram sistem, spesifikasi motor induksi dan analisis pengambilan data.

## **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

Bab ini terdiri atas tiga sub bab yaitu nilai tegangan dan frekuensi pada motor induksi 3 fasa, perubahan unjuk kerja pada motor listrik 3 fasa dan pengaruh perubahan frekuensi terhadap unjuk kerja motor.

## **BAB V PENUTUP**

Bab ini membahas tentang kesimpulan dan saran

## **DAFTAR PUSTAKA**

## **LAMPIRAN**

**BAB II**  
**TINJAUAN PUSTAKA**

**A. Konsep Generator**

Generator adalah mesin pembangkit tenaga listrik dengan masukan tenaga mekanik, jadi generator berfungsi untuk mengubah tenaga mekanik menjadi tenaga listrik. Generator arus bolak-balik atau generator AC termasuk mesin serempak (mesin sinkron) dan sering disebut juga sebagai alternator, generator *alternating current* (AC), atau generator sinkron (Asnal, 2014). Dikatakan generator sinkron karena jumlah putaran rotornya sama dengan jumlah putaran medan magnet pada stator. Kecepatan sinkron dihasilkan dari kecepatan putar rotor dengan kutub-kutub magnet yang berputar pada kecepatan yang sama dengan medan putar pada stator (Zuriman, 2004). Listrik yang dihasilkan adalah listrik arus bolak-balik (Asnal, 2014). 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.

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

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

$N_s$  = Kecepatan putar medan magnet (Rpm)

$f$  = frekuensi (Hz)

$p$  = Jumlah kutub mesin induksi

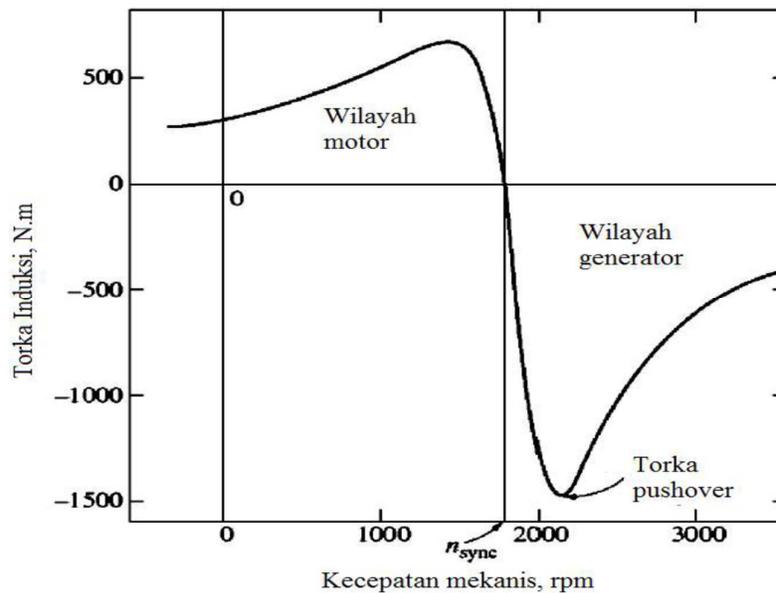
Generator induksi dioperasikan dengan menggerakkan rotornya secara mekanis lebih cepat daripada kecepatan sinkron sehingga menghasilkan slip negatif. Motor induksi biasa umumnya dapat digunakan sebagai sebuah generator tanpa ada modifikasi internal. Generator induksi sangat berguna pada aplikasi-aplikasi seperti pembangkit listrik mikrohidro, turbin angin, atau untuk menurunkan aliran gas bertekanan tinggi ke tekanan rendah, karena dapat memanfaatkan energi dengan pengontrolan yang relatif sederhana (Wikipedia). Generator induksi merupakan perubahan motor induksi menjadi sebuah generator induksi dengan ketentuan kecepatan pada putar porosnya lebih besar daripada kecepatan sinkron ( $n_p > n_s$ ) sedangkan pada motor induksi kecepatan putar porosnya lebih kecil daripada kecepatan sinkron ( $n_p < n_s$ ). Generator induksi memiliki karakteristik sendiri bahwa jika kecepatan motor induksi lebih tinggi dari pada besar maka arah torka induksinya semakin kecil dan motor akan bekerja sebagai generator.

Dengan bertambahnya maka besar daya yang dihasilkan generator induksi semakin besar. Perinsip kerja generator induksi kebalikan dari generator induksi yang bekerja sebagai motor, kumparan stator di beri tegangan tiga fasa sehingga akan timbul medan timbul dengan kecepatan sinkron ( $n_s$ ) namun jika motor berfugsi sebagai generator induksi penggerak pada kecepatan penuh. Arus pada rotor ini berintraksi dengan medan maknet pada kumparan stator pada kumparan stator pada reaksi atas gaya mekanik yang di berikan pada proses kumparan

induksi di butuhkan pada daya reaktif atau daya megetisasi untuk membangkitkan tegangan keluaranya, Sedangka induksi merupakan jenis pembangkit listrik alternatif yang cocok untuk sekala kecil atau beben rumah tenaga 450 Va, hal ini di sebabkan karna harga generator induksi harga lebih murah di banding dengan generator sinkron. Kelemahan generator induksi, parameter motor induksi kinerjanya sangat di pengaruhi oleh beban penelitian ini untuk mempearuhi strage terhadap kinerja generator induksi, parameter mtor induksi yang digunakan sebagai generator induksi yang sesuai dengan apa yang dibutuhkan oleh motor induksi.

Bila dioprasikan sebagai mesin induksi harus dihubungkan dengan motor induksi harus di hubungkan dengan sumber tegangan yang akan memberikan energi mekais pada energi tersebut dengan mengambil arus eksitansi dari jala dan mesin bekerja dengan slip yang lebih besar dari nol sampai satu ( $0 < s < 1$ ) jika mesin di persiapkan sebagai generator, maka di perlukan daya mekanis untuk memutar rotornya searah dengan daya medan putar melebihi kecepatan sinkronya dan sumber daya relatif untuk memenuhi kebutuhan arus eksitansinya. Kebutuhan daya relatif dapat di peroleh dari jala atau suatu kapasitor tanpa adanya daya relatif di ambil dari jala namun bila generator induksi tidak terhubung dengan jala maka kebutuhan relative dapat di sediakan dari suatu unit kapasitor. Kapasitor tersebut dihubungkan pararel dengan termiar keluaran generator, dan kapasitor yang terpasang harus mampu memberi daya yang relatif yang di butuhkan fluksi di celah udara karna generator dapat melakukan eksitensi sendiri maka generator tersebut,di namakan generator induksi penguatan sendiri di mana generator

induksi bekerja dengan baik. dan suatu alat yang membatasi suatu tenaga yang di alirkan ke, kawat pengantar dan menginduksi panas yang di hasilkan cangkram tenaga generator homopolar yang di kembangkan selanjutnya dan menyelesaikan masalah ini dan menggunakan sejumlah maknet yang di susun mengelilingi sejumlah maknet untuk mempertahankan efek medan maknet dan maknet dapat mengubah tenaga mekanik menjadi tenaga listrik. Tenaga mekanik bisa berasal dari panas, air, uap, dan dll, energi listrik yang di hasilkan oleh generator, bias berupa listrik AC (listrik bolak balik ) maupun DC (listrik searah) hal tersebut tergantung dari kondisi generator yang di pakai, generator berhubungan dengan hukum faraday dan berikut dari hasil faraday bahwa apabila sepotong kawat listrik berada dalam medan maknet berubah-ubah maka dalam kawat tersebut akan terbentuk gaya gerak listrik yang sesuai dengan apa yang di butuhkan.



Gambar 2.1. Karakteristik torka kecepatan pada motor induksi  
Sumber: Rosa, 2005.

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

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

- a. Inti rotor yaitu bahannya dari besi lunak dan baja silikon sama dengan inti stator.
- b. Alur yaitu bahannya dari besi lunak atau baja silikon sama dengan inti. Alur merupakan tempat meletakkan belitan (kumparan) rotor.
- c. Belitan rotor yaitu bahannya dari tembaga. Stator adalah bagian yang terluar dari motor merupakan bagian yang diam dan mengalirkan arus fase. Stator terdiri atas tumpukan laminasi inti yang memiliki alur yang menjadi tempat

kumparan dililitkan yang berbentuk silindris. yang sesuai dengan apa yang di miliki sesuai ketentuan.

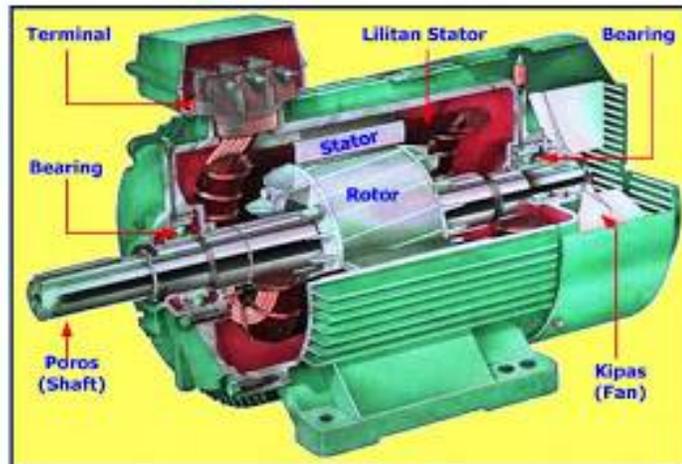
Generator listrik dengan maknek permanen sering juga disebut *mageto dyamo* karena banyak kekurangannya, maka sekarang jarang digunakan. Sedangkan generator yang di gunakan generator dengan maknet listrik, mempunyai kelebihan kelebihan yang sesuai dengan apa yang kita butuhkan. Sedangkan tipe penguat bebas dan terpisah adalah generator yang lilitan medanya dapat dihubungkan ke, sumber dc yang secara listrik tidak tergantung dari mesi, tegangan searah di pasangkan pada kumparan medan yang mempunyai Rf akan menghasilkan arus If dan menimbulkan fluks pada kedua kutub. tegangan induksi akan di bangkitkan pada tegangan induksi yang harus di lakukan.

Generator induksi merupakan salah satu jenis generator AC yang menerapkan prinsip mesin induksi untuk menghasilkan daya generator induksi yang di operasikan dengan menggerakan rotornya secara mekanis, lebih cepat dari pada kecepatan sinkron sehingga menghasilkan slip negatif. Motor induksi biasa umumnya dapat digunakan sebagai sebuah generator yang biasa di gunakan sebagai sebuah generator tanpa ada modifikasi interal. Generator induksi sangat berguna pada aplikasi apalikasi seperti pembangkit listrik mikrohikro, turbin angina, atau untuk menurunkan aliran bertekanan tinggi ketekanan rendah karna dapat memanfaatkan energi dengan pengontrolan yang relatip sederhana.

## **B. Konstruksi Generator**

Generator AC 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 (Asnal, 2014). Konstruksi generator AC dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Struktur generator induksi AC

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) (Asnal, 2014). Penjelasan bagian-bagian dari 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-plat stator yang mempunyai alur-alur sebagai tempat meletakkan lilitan stator. Lilitan stator berfungsi 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 ke lilitan magnet pada rotor.

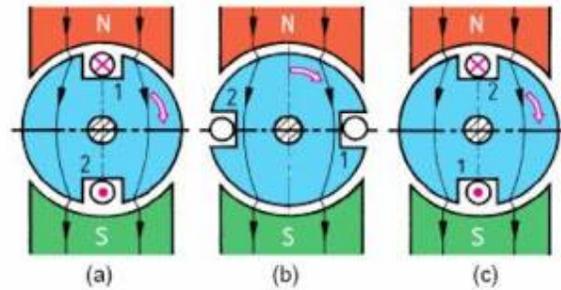
e. Generator penguat

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

### C. Prinsip kerja Generator

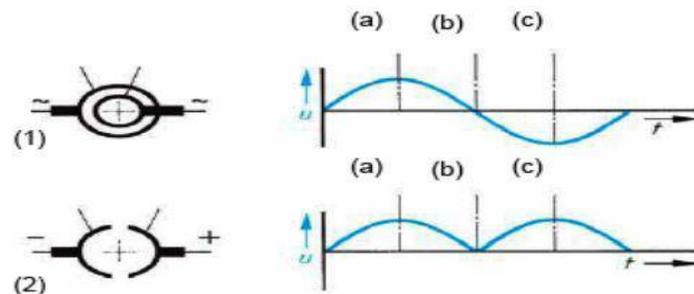
Tegangan yang dibangkitkan pada generator sinkron berdasarkan prinsip kerja induksi elektromagnetik. Putaran rotor generator dalam medan magnet listrik akan menimbulkan *fluks* magnet yang berputar. Putaran rotor akan menimbulkan tegangan imbas pada kawat gulungan stator (Anonim, 2012). Pada saat rotor digerakan dengan penggerak utama, kutub-kutub pada rotor akan berputar. Jika kumparan kutub diberi arus searah maka pada permukaan kutub akan timbul medan magnet searah yang berputar dan kecepatannya sama dengan kecepatan kutub yang menginduksi lilitan stator (Ardi, 2008). Proses

pembangkitan tegangan induksi pada generator dapat dilihat pada Gambar 2.3 dan Gambar 2.3.



Gambar 2.3. Pembangkitan tegangan induksi

Jika rotor diputar dalam pengaruh medan magnet, maka akan terjadi perpotongan medan magnet oleh lilitan kawat pada rotor. Hal ini akan menimbulkan tegangan induksi. Tegangan induksi terbesar terjadi saat rotor menempati posisi Gambar 2.3 (a) dan (c). Pada posisi ini terjadi perpotongan medan magnet secara maksimum oleh penghantar. Sedangkan posisi jangkar pada Gambar 2.3 (b), akan menghasilkan tegangan induksi nol. Hal ini karena tidak adanya perpotongan medan magnet dengan penghantar pada jangkar.



Gambar 2.4. Tegangan rotor yang dihasilkan

Jika ujung belitan rotor dihubungkan dengan slip ring seperti ditunjukkan Gambar 2.4 (1), maka dihasilkan listrik arus bolak balik berbentuk sinusoidal. Bila ujung belitan rotor dihubungkan dengan komutator satu cincin seperti

ditunjukkan Gambar 2.4 (2) dengan dua belahan, maka dihasilkan listrik DC dengan gelombang positif.

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

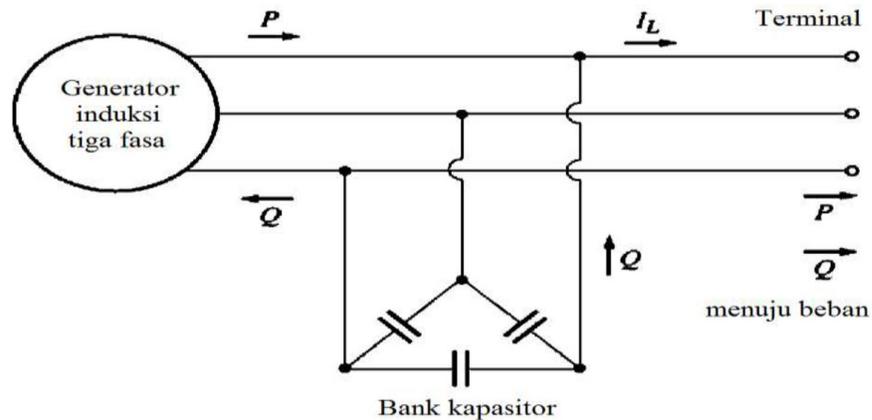
Generator sering dipasang guna mencukupi suplai daya tambahan untuk beban di daerah terpencil dimana layanan saluran transmisinya terbatas. Dengan segala keunggulan yang disebutkan diatas adalah pilihan yang tepat pada kasus ini digunakan mesin induksi sebagai generator. Penggunaan generator induksi pada sistem pembangkit tenaga angin dimana turbin yang memutar generator berpungsi sebagai motor kumparan stator di beri tegangan tiga fasa sehingga akan timbul medan putar dengan kecepatan singron (ns) , namun jika motor berpungsi sebagai generator, pada rotor motor diputar sumber penggerak dengan kecepatan yang lebih besar dari pada kecepatan singronnya bila suatu konduktor yang berputar di dalam medan magnet (kumparan stator) akan membangkitkan tegangan sebesar tegangan iduksi yang di hasilkan.

#### **D. Karakteristik Generator Induksi dan Pembebanan Generator Induksi**

Dalam aplikasinya generator induksi dibagi menjadi dua jenis yaitu generator induksi masukan ganda (*Doubly Fed Induction Generator* atau *DFIG*) dan generator induksi berpenguat sendiri (*Self Excited Induction Generator* atau *SEIG*). Pembagian jenis generator ini berdasarkan pada sumber eksitasi generator berasal. Eksitasi pada generator induksi dibutuhkan untuk menghasilkan medan magnet pada rotor generator untuk selanjutnya menghasilkan induksi elektromagnetik pada stator yang akan menghasilkan energi listrik. Selain itu eksitasi juga dibutuhkan untuk mengkompensasi daya reaktif yang dibutuhkan oleh generator dalam membangkitkan listrik.

##### **1. Generator Penguat Sendiri**

Pada generator penguat sendiri arus eksitasi berasal dari kapasitor yang dipasang paralel pada terminal keluaran generator. Kapasitor itu sendiri berfungsi sebagai sumber daya reaktif untuk menghasilkan tegangan keluaran generator. Hubungan antara kapasitor dan tegangan generator. Generator induksi yang bekerja sebagai generator, oleh karena itu mesin induksi mempunyai persamaan dan konstruksi yang sama untuk generator maupun untuk motor. Pada gambar di bawah di perhatikan gambar konstruksi dari mesin induksi dengan  $a_s, a_s', b_s, c_s, c_s$ , adalah kumparan stator dan rotor yang sesuai dengan apa yang di butuhkan dalam generator iduksi sebagai wadah untuk menyesuaikan antara motor induksi itu sendiri.



Gambar 2.5 Sebuah generator induksi beroperasi sendiri dengan bank kapasitor untuk mensuplai daya reaktif

Sumber: Rosa, 2005.

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

Mesin induksi sebagai generator juga dimungkinkan untuk beroperasi sebagai generator terisolasi yang tidak terhubung pada sistem tenaga maupun jaringan listrik luar selama terdapat kapasitor yang dapat mensuplai daya reaktif yang dibutuhkan generator dan beban-beban lainnya yang dihubungkan. seperti diperlihatkan pada Gambar 2.5 di atas.

Arus magnetisasi  $I_m$  yang dibutuhkan mesin induksi sebagai fungsi tegangan terminal dapat dicari dengan menjalankan mesin sebagai motor pada keadaan tanpa beban dan mengukur tegangan kangkarnya sebagai fungsi tegangan terminal. Untuk mencapai level tegangan yang diberikan pada generator induksi, kapasitor eksternal harus mensuplai arus magnetisasi yang sesuai dengan level

tersebut karena arus reaktif yang dihasilkan oleh sebuah kapasitor berbanding lurus dengan tegangan yang diberikan, lokus dari semua kemungkinan kombinasi tegangan dan arus yang melalui kapasitor berupa garis lurus. Jika sekelompok kapasitor tiga fasa dihubungkan kepada terminal generator induksi, tegangan tanpa beban generator induksi adalah perpotongan kurva magnetisasi generator dengan garis beban kapasitor (Amri, 2005).

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

## **2. Generator Masukan Ganda**

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

Keuntungan dari generator jenis ini ialah tegangan dan frekuensi yang dihasilkan tetap walaupun kecepatan putarnya berubah-ubah. Namun generator jenis ini membutuhkan inverter sebagai pengatur tegangan pada rotor dan juga rotor jenis kumparan karena generator ini membutuhkan sumber pada rotornya

sehingga tidak semua jenis mesin induksi dapat digunakan sebagai generator induksi jenis ini. (dokumen. tips; jenis generator induksi; 2015).

Generator jenis ini membutuhkan adanya jaringan listrik untuk dapat beroperasi, karena sumber daya reaktif yang dibutuhkan generator berasal dari jaringan sehingga apabila tidak ada jaringan listrik maka generator ini tidak dapat beroperasi. Selain itu jika terjadi gangguan pada jaringan atau blackout jaringan generator ini juga tidak dapat beroperasi sedangkan generator induksi ganda (Doubly Fed Induction Generator, dan generator induksi penguat sendiri pembagian jenis generator ini berdasarkan pada sumber eksitasi generator berasal, eksitasi pada generator induksi di butuhkan untuk menghasilkan maknet pada rotor generator untuk selanjutnya menghasilkan induksi elektromagnetik pada stator yang akan menghasilkan energi listrik, selain itu juga eksitasi dibutuhkan untuk mengkompensasi daya reaktif yang di butuhkan oleh generator dalam membangkitkan listrik. eksitasi diperoleh dari jaringan listrik yang telah dipasang generator induksi ini menyerap daya reaktif dari jaringan listrik untuk membangkitkan medan magnet yang di butuhkan pada generator jenis ini terminal keluaran generator yang di hubungkan dengan inverter itu sendiri.

Karakteristik pembebanan generator induksi ada dua, yaitu generator tanpa beban dan generator berbeban.

### **1. Generator Tanpa Beban**

Apabila sebuah mesin difungsikan sebagai alternator dengan diputar pada kecepatan sinkron dan rotor diberi arus medan ( $I_f$ ), maka pada kumparan jangkar stator akan diinduksikan tegangan tanpa beban ( $E_o$ ), pada generator tanpa beban

mengandung arti bahwa arus armature ( $I_a$ ) = 0. Dengan demikian besar tegangan adalah:

$$V_t = E_a = E_o \dots \dots \dots (2.2)$$

Oleh karena besar ggl armature adalah merupakan fungsi dari flux magnet maka ggl armatur juga ditulis:

$$E_a = f(\Phi) \dots \dots \dots (2.3)$$

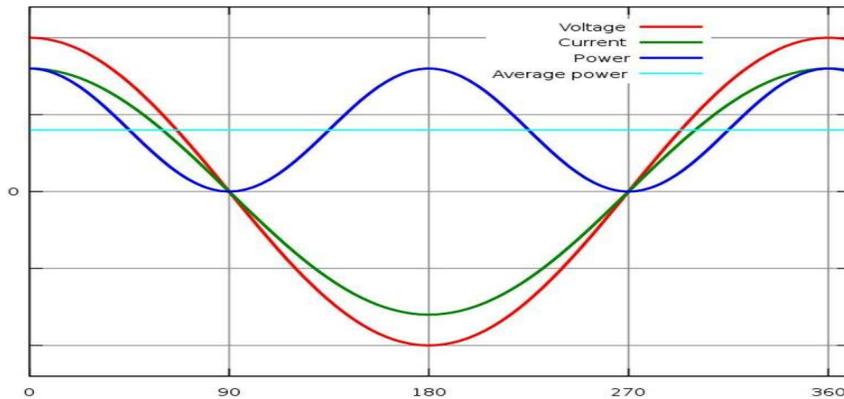
Dari persamaan di atas, jika arus penguat medan diatur besarnya maka akan diikuti kenaikan flux dan akhirnya juga pada ggl armatur. Pengaturan arus penguat medan pada keadaan tertentu besarnya, akan didapatkan besar ggl armatur tanpa beban dalam keadaan saturasi.

## 2. Generator Berbeban

Tiga macam sifat beban generator, yaitu: beban resistif, beban induktif, dan beban kapasitif. Akibat pembeban ini akan berpengaruh terhadap tegangan beban dan faktor dayanya. Jika beban generator bersifat resistif mengakibatkan penurunan tegangan relatif kecil dengan faktor daya sama dengan satu. Jika beban generator bersifat induktif terjadi penurunan tegangan yang cukup besar dengan faktor daya terbelakang (*lagging*). Sebaliknya, Jika beban generator bersifat kapasitif akan terjadi kenaikan tegangan yang cukup besar dengan faktor daya mendahului (*leading*).

### a. Beban Resistif

Dalam sebuah sumber arus bolak-balik, bila beban yang diaplikasikan bersifat resistif murni, maka gelombang tegangan dan arus adalah sefasa seperti tampak pada gambar berikut.

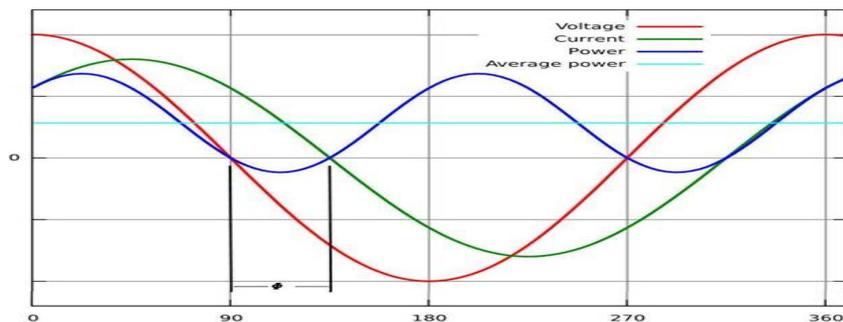


Gambar 2.6 Sinyal arus dan tegangan untuk beban bersifat resistif

Apabila beban yang dimiliki suatu peralatan listrik tidak seimbang antara sifat kapasitif dan induktifnya, maka titik persilangan nol (*zero cross*) antara arus dan tegangan seperti yang terlihat sebelumnya pada gambar. Contoh beban induktif murni yaitu: lampu pijar dan pemanas. Namun apabila sifat kapasitif dan induktif tidak seimbang, sinyalnya tidak akan sefase lagi karena gelombang arus dan tegangannya sudah saling bergeser.

### b. Beban Induktif

Apabila sifat bebannya adalah induktif, maka persilangan nol (*zero cross*) gelombang arus muncul beberapa saat setelah persilangan nol sinyal tegangan muncul, atau dengan kata lain sinyal arus tertinggal dari sinyal tegangan sebesar  $\phi$ , dan keadaan ini disebut *lagging*. Seperti tampak pada gambar berikut.

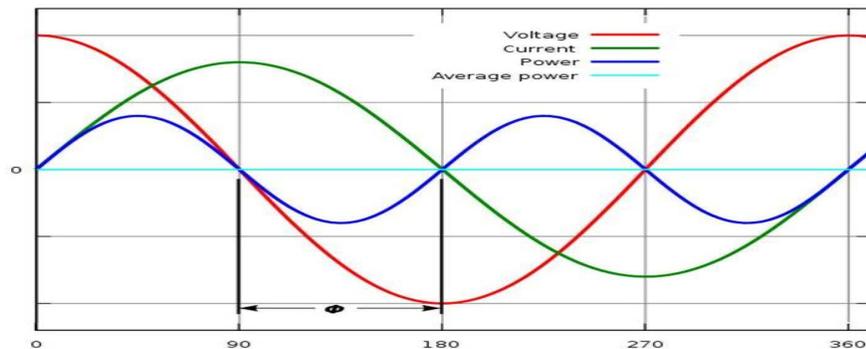


Gambar 2.7 Sinyal arus dan tegangan untuk beban bersifat induktif

Contoh beban yang bersifat induktif yaitu: motor induksi, transformator, lampu neon atau juga disebut TL (*Tubular Lamp*) yang memiliki ballast magnetik.

### c. Beban Kapasitif

Sedangkan untuk beban bersifat kapasitif, maka sebaliknya persilangan nol (*zero cross*) sinyal arus muncul beberapa saat sebelum sinyal tegangan muncul, atau dengan kata lain sinyal arus mendahului tegangan sebesar  $\phi$ , keadaan ini disebut dengan *leading*. Seperti tampak pada gambar berikut.



Gambar 2.8 Sinyal arus dan tegangan untuk beban kapasitif

Contoh beban yang bersifat kapasitif yaitu: kapasitor, mesin–mesin sinkron.

Kita dapat mendefenisikan  $\phi$  adalah besarnya sudut sinyal arus yang mendahului tegangan dalam suatu sirkuit kapasitif atau besarnya sudut sinyal arus yang tertinggal di dalam sirkuit induktif, dan  $\cos \phi$  adalah faktor daya, dengan menggunakan persamaan:

$$PF = \cos \phi = \frac{R}{Z} = \frac{V_R}{V} \dots\dots\dots(2.4)$$

Dalam persamaan ini  $R$  adalah tahanan total rangkaian dalam ohm,  $Z$  adalah impedansi rangkaian dalam ohm,  $V_R$  adalah tegangan yang melewati  $R$ , dan  $V$  adalah tegangan yang terpakai di dalam rangkaian.

Ada beberapa persamaan selain (1.4) untuk menghitung daya nyata, yaitu:

$$P = I^2 R = \frac{(V_R)^2}{R} \dots\dots\dots(2.5)$$

Dalam persamaan ini,  $I$  adalah arus rangkaian dalam ampere,  $R$  adalah tahanan total rangkaian dalam ohm,  $V_R$  adalah tegangan yang melalui  $R$ , dan  $W$  satuannya adalah dalam Watt.

Beban-beban induktif dan kapasitif memiliki faktor daya yang lebih kecil dari satu, sedangkan beban resistif memiliki faktor daya satu.

$$0 \leq \text{PF} < 1 \quad \text{untuk beban-beban reaktif}$$

$$\text{PF} = 1 \quad \text{untuk beban-beban resistif}$$

#### **E. Jenis-Jenis Generator**

- a. Jenis generator berdasarkan letak kutupnya
  - 1) Generator kutub dalam mempunyai medan maknek yang berputar
  - 2) Generator kutub luar generator kutub luar mempunyai medan maknek yang terletak pada bagian yang diam (stator)
- b. Jenis generator berdasarkan putaran medan di bagi menjadi ;
  - 1) Generator sinkron
  - 2) Generator tidak sinkron
- c. Jenis berdasarkan jenis arus yang di bangkitkan
  - 1) Generator arus searah (DC)
  - 2) Generator arus bolak balik (AC)

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **A. Tempat dan Waktu Penelitian**

##### **1. Waktu Penelitian**

Penelitian ini akan dilakukan pada bulan Oktober tahun 2017.

##### **2. Tempat Penelitian**

Penelitian akan dilakukan di PT. Vale Kabupaten Luwu Timur. Pemilihan lokasi penelitian ini dilakukan secara sengaja (*purposive*). Sebelum menentukan tempat penelitian, peneliti telah melakukan observasi bulan September 2008, melakukan penelusuran kepustakaan majalah, surat kabar, internet dan informasi dari beberapa narasumber yang mengetahui keadaan/kondisi lapangan.

#### **B. Teknik Pengumpulan Data**

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

##### **a. Studi Literatur**

Mengumpulkan beberapa sumber literature yang di gunakan sebagai acuan dan landasan dalam melakukan prosedur penelitian. Jenis penelitian yang digunakan adalah studi literatur. Metode studi literature adalah serangkaian kegiatan yang berkenaan dengan metode pengumpulan data pustaka, membaca dan mencatat, serta mengelolah bahan penelitian (Zed, 2008).

Studi kepustakaan merupakan kegiatan yang diwajibkan dalam penelitian, khususnya penelitian akademik yang tujuan utamanya adalah

mengembangkan aspek teoritis maupun aspek manfaat praktis. Studi kepustakaan dilakukan oleh setiap peneliti dengan tujuan utama yaitu mencari dasar pijakan/fondasi untuk memperoleh dan membangun landasan teori, kerangka berpikir, dan menentukan dugaan sementara atau disebut juga dengan hipotesis penelitian. Sehingga para peneliti dapat mengelompokkan, mengalokasikan mengorganisasikan, dan menggunakan variasi pustaka dalam bidangnya.

Dengan melakukan studi kepustakaan, para peneliti mempunyai pendalaman yang lebih luas dan mendalam terhadap masalah yang hendak diteliti. Melakukan studi literatur ini dilakukan oleh peneliti antara setelah mereka menentukan topik penelitian dan ditetapkannya rumusan permasalahan, sebelum mereka terjun ke lapangan untuk mengumpulkan data yang diperlukan (Darmadi, 2011).

#### b. Dokumentasi

Pengumpulan data berdasarkan dokumen-dokumen penelitian yang bersumber dari jurnal ilmiah tertulis ataupun elektronik dari lembaga/institusi yang telah dilakukan sebelumnya. Arikunto (2002) metode dokumentasi adalah mencari data yang berupa catatan, transkrip, buku, surat kabar, majalah, prasasti, notulen rapat, legger, agenda dan sebagainya. Nawawi (2005) menyatakan bahwa studi dokumentasi adalah cara pengumpulan data melalui

peninggalan tertulis terutama berupa arsip-arsip dan termasuk juga buku mengenai pendapat, dalil yang berhubungan dengan masalah penyelidikan.

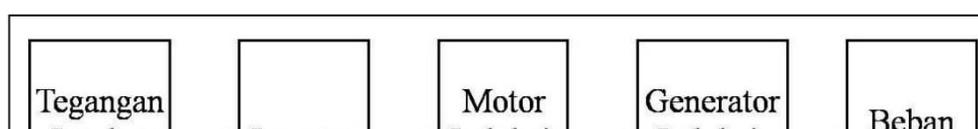
c. Observasi

Pengumpulan data dari hasil observasi langsung di laboratorium guna memperoleh data penelitian yang akurat. Arikunto (2006) observasi adalah mengumpulkan data atau keterangan yang harus dijalankan dengan melakukan usaha-usaha pengamatan secara langsung ke tempat yang akan diselidiki. Sedangkan menurut Suardeyasari (2010) kata observasi berarti suatu pengamatan yang teliti dan sistematis, dilakukan secara berulang-ulang. Metode observasi seperti yang dikatakan Hadi dan Nurkencana (dalam Suardeyasari, 2010) adalah suatu metode pengumpulan data yang dilakukan dengan cara mengadakan pengamatan dan pencatatan secara sistematis baik secara langsung maupun secara tidak langsung pada tempat yang diamati.

**C. Alat dan Cara Kerja Alat**

Dalam membuat suatu perangkat proses perancangan sangat diperlukan yang digunakan sebagai tolak ukur dalam pembuatan suatu perangkat serta untuk menentukan spesifikasi alat yang akan digunakan pada perangkat. Disamping itu dengan adanya proses perancangan kemungkinan-kemungkinan yang dapat menghambat dalam pembuatan perangkat dapat dihindari.

Blok diagram merupakan salah satu tahapan dari perancangan perangkat. Pembuatan blok diagram dilakukan yang bertujuan untuk menentukan urutan kerja alat dan komponen yang ada pada perangkat. Dimana setiap blok

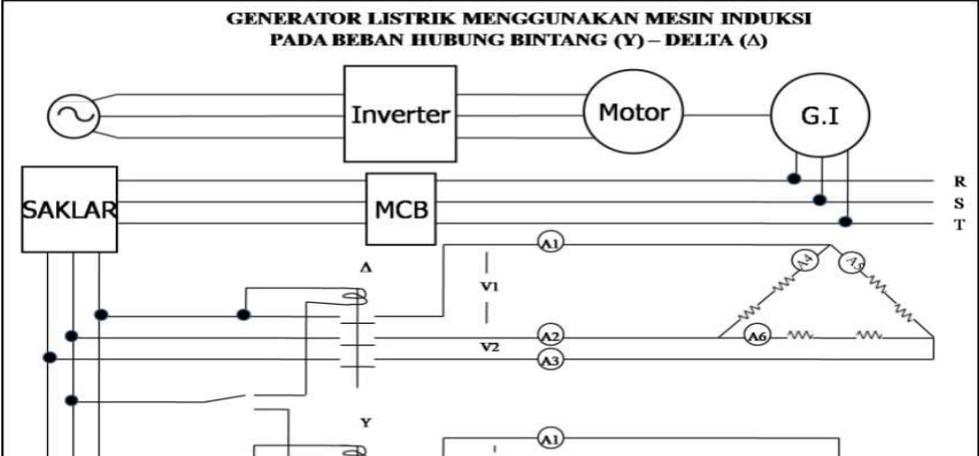


mempunyai fungsi tertentu dan gabungan dari tiap – tiap blok tersebut akan membentuk suatu sistem.

Gambar 3.1. Gambar Blok Diagram Perencanaan Perangkat

Misal seperti pada diagram blok diatas jika dibaca setiap blok dapat dibaca mula-mula tegangan satu fasa digunakan sebagai tegangan sumber untuk menjalankan inverter, keluaran inverter sendiri berupa tegangan 3 fasa digunakan untuk menjalankan motor induksi 3 fasa, kemudian motor induksi 3 fasa yang berputar diberi kopel ke generator induksi yang dimaksudkan sebagai penggerak generator 3 fasa, generator induksi 3 fasa inilah yang akan menghasilkan output tegangan yang nantinya akan digunakan pada beban hubung bintang (Y) dan hubung delta ( $\Delta$ ).

Langkah selanjutnya dalam perancangan perangkat adalah pembuatan gambar skematik. Gambar Skematik dibuat untuk mempermudah pada saat merancang perangkat yakni untuk menentukan jarak antar alat serta sebagai dasar dan acuan dalam membuat perangkat Generator Listrik menggunakan Mesin Induksi dengan Beban Hubung Y -  $\Delta$ .



### Gambar 3.2. Gambar Skematik Rancangan Perangkat

Dengan menggambar gambar skematik juga akan mempermudah proses perancangan perangkat dalam merealisasikan perakitan atau perancangan perangkat sesuai dengan perbandingan spesifikasi perangkat yang akan dirakit dan karakteristik setiap komponen yang memenuhi karakteristik perangkat sesuai yang diinginkan.

Setelah semua persiapan dan pengecekan selesai dilakukan barulah langkah selanjutnya adalah menjalankan perangkat. Seperti pada blok diagram pada gambar 3.1. di atas dijelaskan bahwa pada tahap perancangan perangkat dibuat per blok. Maka langkah kerja alat akan diuraikan secara tahap demi tahap sesuai lajur blok diagram.

1. Langkah awal dalam menjalankan perangkat, pertama inverter yang telah terhubung dengan sumber tegangan diaktifkan terlebih dahulu. Kemudian dengan memasukkan nilai frekuensi pada tombol keypad pada inverter akan mempengaruhi besar nilai tegangan yang dikeluarkan oleh inverter.
2. Keluaran Inverter yang berupa tegangan 3 fasa dihubungkan ke papan perangkat. Pada papan perangkat, kabel jumper keluaran dari inverter dan

kabel jumper dari motor dihubungkan. Dengan mengubah tegangan keluaran 3 fasa dari inverter menjadi energi mekanik, maka roda motor induksi 3 fasa akan berputar. Kecepatan motor induksi sendiri bergantung pada nilai frekuensi yang diinputkan pada inverter.

3. Selanjutnya sesuai langkah persiapan dan pengecekan sebelumnya. Roda motor induksi yang telah diberi karet kopel dan dihubungkan pada roda generator AC. Akan menggerakkan roda generator AC dan memutar turbin yang ada pada generator. Putaran turbin akan merubah energi mekanik yang didapat generator menjadi energi listrik berupa tegangan 3 fasa.
4. Energi listrik yang dihasilkan oleh generator berupa tegangan 3 fasa akan dihubungkan pada papan perangkat. Sehingga listrik dapat mengalir pada setiap komponen melalui kabel sesuai jalur hubung tegangan yang dibuat pada tahap wiring atau pengkabelan.
5. Setelah listrik mengalir pada papan perangkat, MCB dan handle switch dirubah keposisi ON sehingga listrik mengalir pada rangkaian instalasi yang ada pada papan perangkat.
6. Dengan menggunakan saklar tukar dan fungsi magnetic contactor, jalur listrik dapat diatur dan diarahkan ke salah satu beban. Yaitu beban hubung Y atau beban hubung  $\Delta$ .

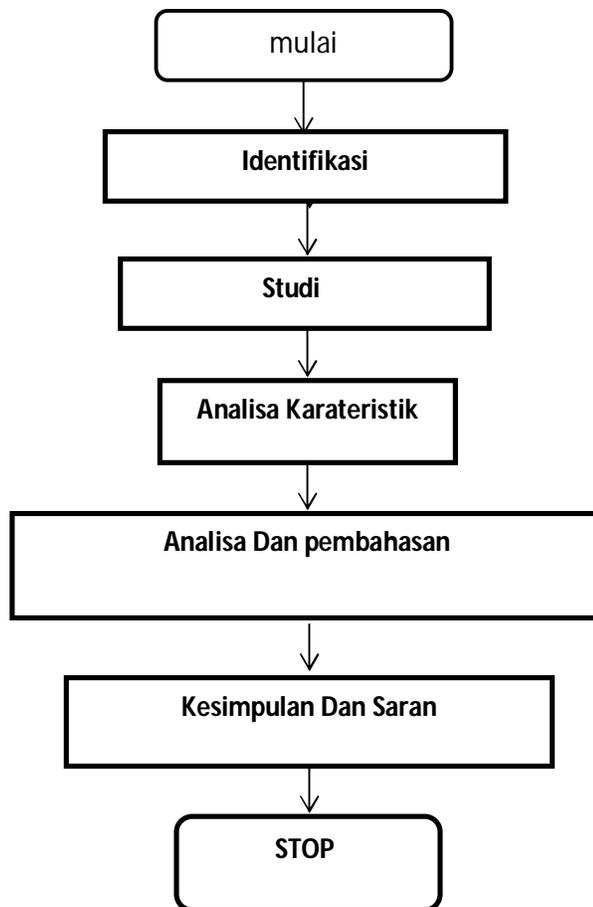
Setelah perangkat telah dijalankan selanjutnya dapat dilakukan pengujian perangkat. Pengujian perangkat dilakukan pada dengan menggunakan alat bantu dan ukur yakni multimeter. Pada pengujian perangkat, multimeter yang digunakan adalah multimeter digital. Pemakaian multimeter digital dikarenakan multimeter

digital memiliki akurasi yang tinggi dan memiliki satuan-satuan yang lebih teliti. Sehingga data yang didapat saat pengujian akan lebih akurat. Pada proses pengujian yaitu:

1. Pengujian Keluaran Inverter dan Kecepatan Motor.
2. Pengujian Keluaran Generator.
3. Pengujian Pada Beban Y Setimbang dan Tak Setimbang.
4. Pengujian Pada Beban  $\Delta$  Setimbang dan Tak Setimbang.

#### D. Diagram Alir Penelitian

Gambaran secara umum proses penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.3 *Flowchart* Penelitian

### **E. Spesifikasi Generator Induksi**

Pada penelitian ini generator induksi yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. Tegangan terminal : 200 Volt
2. Kecepatan : 1500 Rpm
3. Arus : 9,1 Ampere
4. Frekuensi : 50 Hz

### **F. Analisis Pengambilan Data**

Penelitian yang akan dilakukan pada penelitian ini ialah melakukan pengujian keluaran daya generator tiga fasa pada beban satu fasa sehingga mengetahui daya yang paling optimal. Penelitian ini juga untuk membuktikan efisiensi ketika mesin induksi tiga fasa ketika menyuplai beban satu fasa. Pengambilan data dilakukan pada kapasitor satu maupun kapasitor dua, tiap kapasitor untuk mengetahui arus dan kecepatan generator saat kapasitor berfungsi. Selanjutnya pengukuran pada beban. Pada beban diukur tegangan dan arus ketika beban menyala, serta pengukuran frekuensi dan daya yang dihasilkan. Selanjutnya digunakan untuk mengetahui efisien keluaran daya pada mesin induksi tiga fasa yang digunakan untuk menyuplai beban satu fasa.

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa data pada penelitian ini dilakukan untuk memperoleh jawaban terhadap rumusan masalah yang ada dan analisa dapat dipakai sebagai bahan untuk membuat kesimpulan dan saran-saran yang berguna untuk penelitian selanjutnya.

#### A. Pengujian Keluaran Inverter dan Kecepatan Motor

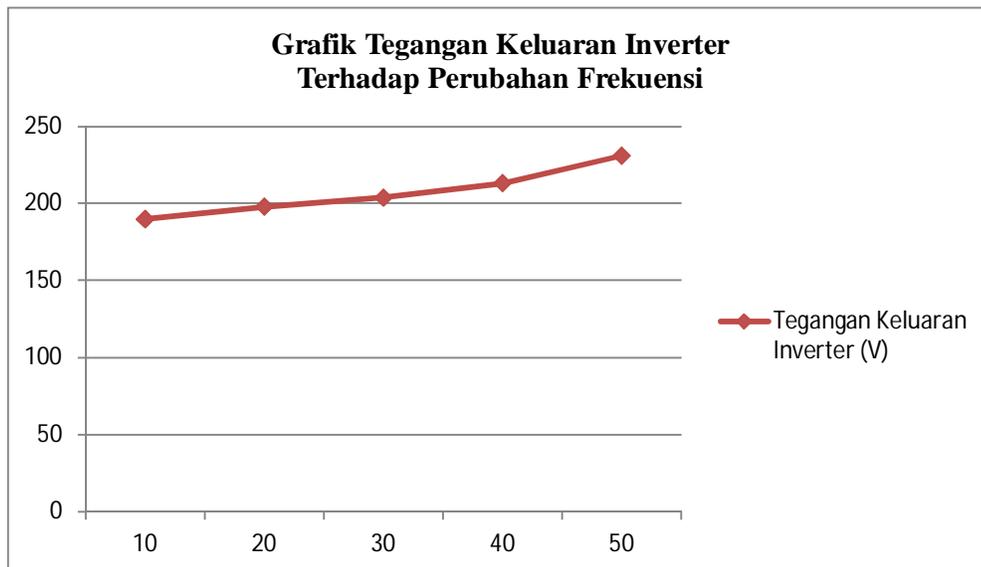
Sesuai besar nilai frekuensi yang diinput, maka data yang diambil pada pengujian ini adalah data tegangan keluaran yang dihasilkan oleh inverter dan data kecepatan putar motor induksi 3 fasa. Pengambilan data pada pengujian ini dilakukan dengan cara: 1) Untuk data keluaran inverter. Pengambilan data dilakukan dengan memasukkan kabel test pin positif dan test pin negatif multimeter pada jack R – S, R – T, dan S – T keluaran inverter. 2) Untuk Kecepatan Putar Motor. Pengambilan data dilakukan dengan menghitung kecepatan putar motor induksi 3 fasa dengan menggunakan alat pengukur kecepatan putaran yaitu tachometer.

Tabel 4.1. Data Hasil Pengujian Keluaran Inverter dan Kecepatan Motor

No.	Frekuensi (Hz)	Tegangan Keluaran Inverter (V)			Kecepatan Motor (rpm)
		R-S	R-T	S-T	
1	10	190,2	190,5	190,4	379
2	20	198,8	198,7	198,4	578
3	30	204,4	204,1	204,3	909
4	40	213,8	213,1	213,7	1194
5	50	231,2	230	231,1	1459

Pengujian keluaran inverter dan kecepatan motor dilakukan dengan cara mengubah frekuensi inverter. Frekuensi yang digunakan adalah angka kelipatan 10 mulai dari frekuensi 10 Hz sampai 50 Hz. Berdasarkan data yang diperoleh pada pengujian keluaran inverter dan kecepatan motor. Setiap kenaikan nilai frekuensi inverter, tegangan keluaran yang dihasilkan oleh inverter juga semakin besar. Begitu juga dengan kecepatan putar motor, kecepatan akan bertambah setiap naiknya nilai frekuensi.

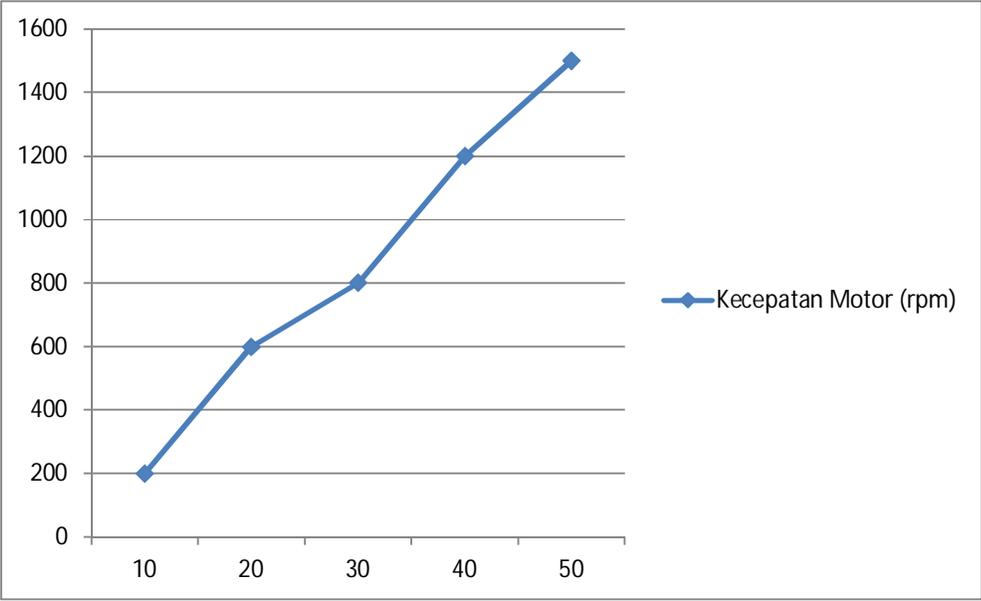
Seperti yang terlihat pada tabel 4.1, tegangan yang dihasilkan inverter dengan frekuensi 10 Hz hanya berkisar antara 190,2 – 190,5 Volt dan kecepatan putar yang dihasilkan motor induksi 3 fasa sekitar 379 rpm. Kemudian ketika mencapai nilai frekuensi maksimal inverter yaitu 50 Hz, tegangan yang dihasilkan inverter berkisar antara 230 – 231,2 Volt dan kecepatan putar yang dihasilkan motor induksi 3 fasa mencapai 1459 rpm.



Gambar 4.1. Grafik Tegangan Keluaran Inverter Terhadap Perubahan Frekuensi

Grafik hasil pengujian tegangan keluaran inverter menunjukkan bahwa besar nilai frekuensi mempengaruhi besarnya tegangan yang dihasilkan oleh inverter. Hal tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.1, frekuensi inverter dengan nilai 10 Hz menghasilkan tegangan sebesar 190 Volt, frekuensi inverter dengan nilai 20 Hz menghasilkan tegangan sebesar 198 Volt, frekuensi inverter dengan nilai 30 Hz menghasilkan tegangan sebesar 204 Volt, frekuensi inverter dengan nilai 40 Hz menghasilkan tegangan sebesar 213 Volt dan dengan nilai maksimal frekuensi 50 Hz akan menghasilkan tegangan sebesar 231 Volt. Semakin besar nilai frekuensi pada inverter maka semakin besar pula tegangan yang dihasilkan.

Grafik hasil pengujian kecepatan menunjukkan bahwa besar nilai frekuensi mempengaruhi kecepatan putaran roda motor induksi. Hal tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.2, pada frekuensi inverter 10 Hz kecepatan putaran yang dihasilkan motor induksi sebesar 379 rpm, pada frekuensi inverter 20 Hz kecepatan putaran yang dihasilkan motor induksi sebesar 578 rpm, pada frekuensi inverter 30 Hz kecepatan putaran yang dihasilkan motor induksi sebesar 909 rpm, pada frekuensi inverter 40 Hz kecepatan putaran yang dihasilkan motor induksi sebesar 1194 rpm, pada frekuensi inverter 50 Hz kecepatan putaran yang dihasilkan motor induksi sebesar 1459 rpm. Dengan nilai kenaikan frekuensi berikutnya maka kecepatan putaran yang dihasilkan motor induksi akan semakin cepat. Semakin besar nilai frekuensi pada inverter maka semakin cepat putaran roda motor induksi.



Gambar 4.2. Grafik Kecepatan Motor Terhadap Perubahan Frekuensi

**B. Pengujian Keluaran Generator**

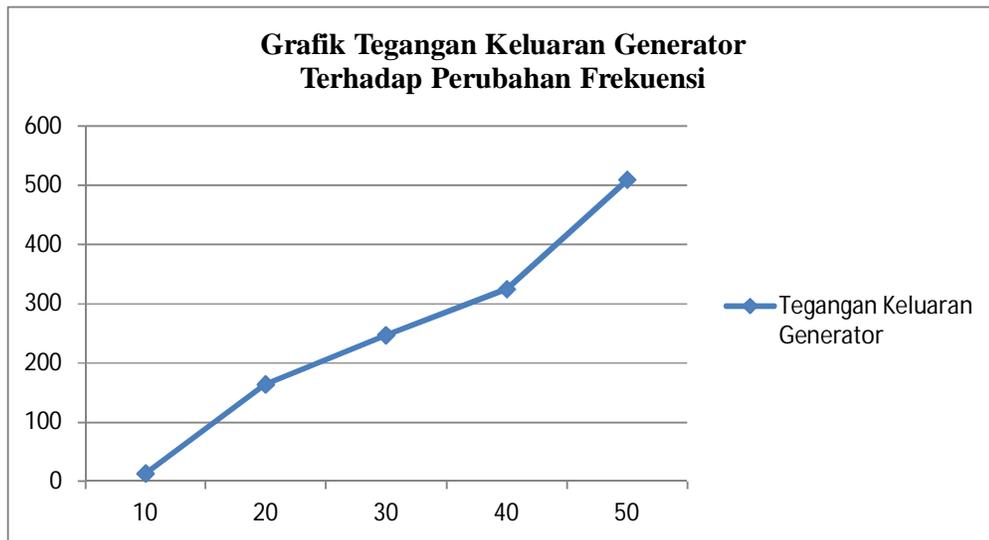
Data yang diambil pada pengujian ini adalah kecepatan putar roda generator AC 3 fasa dan tegangan listrik 3 fasa yang dihasilkan oleh generator. Untuk pengambilan data pada pengujian ini dilakukan dengan cara : 1) Untuk data hasil keluaran generator. Pengambilan data dilakukan dengan memasukkan kabel test pin positif dan test pin negatif multimeter pada jack R – S, R – T, dan S – T keluaran pada generator. 2) Untuk kecepatan putar generator. Pengambilan data dilakukan dengan menghitung kecepatan putar roda generator AC 3 fasa pada saat mengerakkan turbin dengan menggunakan tachometer.

Tabel 4.2. Data Hasil Pengujian Keluaran Generator

No	Frekuensi (Hz)	Kecepatan Generator (rpm)	Tegangan Keluaran Generator (V)		
			R-S	R-T	S-T
1	10	90	13	12	12
2	20	120	165	164	165
3	30	180	248	247	248
4	40	260	327	325	320
5	50	320	536	509	497

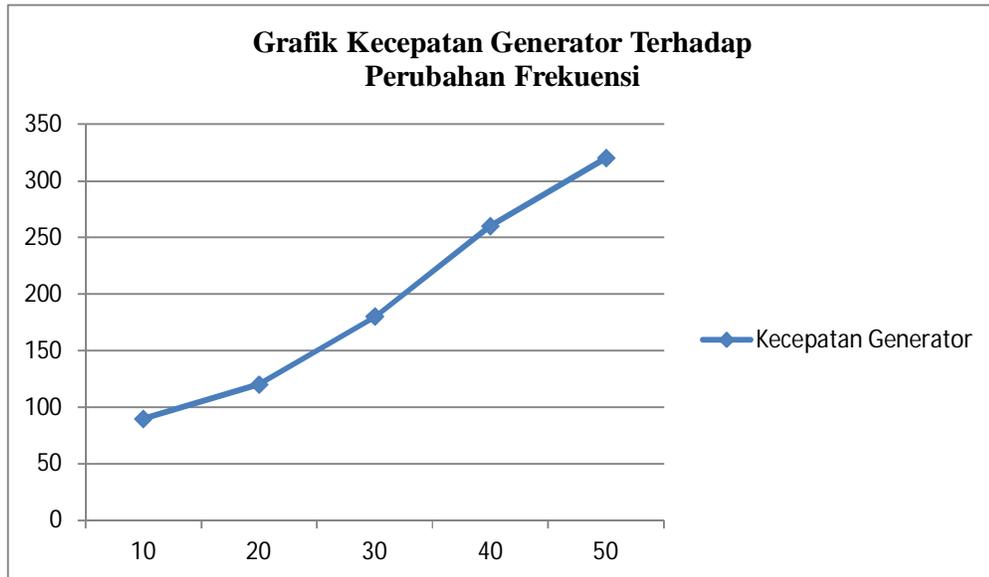
Pengujian keluaran generator dilakukan dengan cara mengubah frekuensi inverter. Frekuensi yang digunakan adalah angka kelipatan 10 mulai dari frekuensi 10 Hz sampai 50 Hz. Data yang didapat pada saat pengujian sampai frekuensi 50 Hz.

Untuk data pengujian yang diperoleh, dapat dilihat pada tabel 4.2. Dimulai dari frekuensi 10 Hz, kecepatan putaran roda generator untuk memutar turbin hanya sebesar 90 Volt. Berikutnya pada pengujian dengan nilai frekuensi sebesar 20 Hz, kecepatan putaran roda generator untuk memutar turbin sebesar 120 rpm sehingga tegangan yang dihasilkan generator berkisar 12 – 13 Volt, nilai frekuensi sebesar 30 Hz, kecepatan putaran roda generator untuk memutar turbin sebesar 180 rpm sehingga tegangan yang dihasilkan generator berkisar 164 – 165 Volt, nilai frekuensi sebesar 40 Hz, kecepatan putaran roda generator untuk memutar turbin sebesar 260 rpm sehingga tegangan yang dihasilkan generator berkisar 320 – 327 Volt, nilai frekuensi sebesar 50 Hz, kecepatan putaran roda generator untuk memutar turbin sebesar 320 rpm sehingga tegangan yang dihasilkan generator berkisar 497 – 536 Volt.



Gambar 4.3. Grafik Tegangan Keluaran Generator Terhadap Perubahan Frekuensi

Grafik hasil pengujian tegangan keluaran generator menunjukkan bahwa besar nilai frekuensi mempengaruhi besarnya tegangan yang dihasilkan oleh generator AC. Hal tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.3, frekuensi inverter dengan nilai 10 Hz menghasilkan tegangan pada generator sekitar 13 Volt, nilai 20 Hz menghasilkan tegangan pada generator sekitar 164 Volt, nilai 30 Hz menghasilkan tegangan pada generator sekitar 247 Volt, nilai 40 Hz menghasilkan tegangan pada generator sekitar 325 Volt dan dengan nilai frekuensi 50 Hz akan menghasilkan tegangan sekitar 509 Volt. Semakin besar nilai frekuensi pada inverter maka semakin besar pula tegangan 3 fasa yang dihasilkan oleh generator.



Gambar 4.4. Grafik Kecepatan Generator Terhadap Perubahan Frekuensi

Grafik hasil pengujian kecepatan menunjukkan bahwa besar nilai frekuensi mempengaruhi kecepatan putaran roda turbin generator. Hal tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.4, pada frekuensi inverter 10 Hz kecepatan putaran yang dihasilkan generator sebesar 90 rpm, nilai 20 Hz menghasilkan tegangan pada generator sekitar 120 rpm, nilai 30 Hz menghasilkan tegangan pada generator sekitar 180 rpm, nilai 40 Hz menghasilkan tegangan pada generator sekitar 260 rpm dan dengan nilai frekuensi 50 Hz akan menghasilkan tegangan sekitar 320 rpm. Dengan nilai kenaikan frekuensi berikutnya maka kecepatan putaran generator akan semakin cepat. Semakin besar nilai frekuensi pada inverter maka semakin cepat putaran roda turbin generator.

### C. Pengujian Pada Beban Y Setimbang dan Tak Setimbang

Data yang diambil pada pengujian ini adalah tegangan antar fasa, arus yang mengalir dan terang nyala lampu. 1) Untuk beban setimbang. Dengan memakai beban lampu dengan Watt yang sama pada masing – masing fasa. Untuk

pengambilan data V1, V2, V3, A1, A2 dan A3 dilakukan dengan memasukkan kabel test pin positif dan negatif multimeter pada jack seperti pada gambar 4.4. Untuk data terang nyala lampu, dapat dilihat saat pengujian berlangsung. Dengan membandingkan terang nyala lampu yang 1 dengan yang lain, berdasarkan perubahan Watt lampu dan frekuensi inverter. 2) Untuk beban tak setimbang. Dengan memakai beban lampu dengan Watt yang berbeda pada masing – masing fasa. Untuk pengambilan data V1, V2, V3, A1, A2 dan A3 dilakukan dengan memasukkan kabel test pin positif dan negatif multimeter pada jack seperti pada gambar 4.4. Untuk data terang nyala lampu, dapat dilihat saat pengujian berlangsung. Dengan membandingkan terang nyala lampu yang 1 dengan yang lain, berdasarkan perubahan Watt lampu dan frekuensi inverter.

Tabel 4.3. Data Hasil Pengujian Pada Beban Y Setimbang

No	Frekuensi (Hz)	Lampu Fasa (Watt)			Tegangan (V)			Arus (A)		
		Z1	Z2	Z3	V1	V2	V3	A1	A2	A3
1	10	100	100	100	165	165	167	1,1	2,15	2,10
2	30	100	100	100	248	247	250	1,32	2,53	2,51
3	50	100	100	100	327	327	329	1,74	3,45	3,43

Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan frekuensi 10 Hz, 30 Hz dan 50 Hz. Untuk pengujian pada beban hubung Y setimbang, digunakanlah lampu bohlam dengan Watt yang sama pada setiap beban. Dalam pengujian ini memakai lampu 55 Watt.

Data yang didapat untuk pengujian Y setimbang menyatakan bahwa tegangan antar fasa dan arus yang mengalir pada tiap fasa, tidak banyak memiliki perbedaan besar nilai. Hal ini dapat dilihat pada tabel 4.3, tegangan antar fasa dan

arus yang mengalir pada tiap beban memiliki besar nilai yang hampir sama. Seperti pada pengujian dengan frekuensi 10 Hz, data yang didapat adalah  $V1 = 165$ ,  $V2 = 165$ ,  $V3 = 167$ ,  $A1 = 1,1$ ,  $A2 = 2,15$  dan  $A3 = 2,10$ . Pada pengujian dengan frekuensi 30 Hz, data yang didapat adalah  $V1 = 248$ ,  $V2 = 247$ ,  $V3 = 250$ ,  $A1 = 1,32$ ,  $A2 = 2,53$  dan  $A3 = 2,51$ . Pada pengujian dengan frekuensi 50 Hz, data yang didapat adalah  $V1 = 327$ ,  $V2 = 327$ ,  $V3 = 329$ ,  $A1 = 1,74$ ,  $A2 = 3,45$  dan  $A3 = 3,43$ .

Tabel 4.4. Data Nyala Lampu Beban Y Setimbang

No	Frekuensi (Hz)	Lampu (Watt)			Nyala Lampu
		Z1	Z2	Z3	
1	10	55	55	55	Ketiganya Redup
2	30	55	55	55	Ketiganya Redup
3	50	55	55	55	Ketiganya Redup

Tabel data di atas menunjukkan bahwa nyala lampu pada Z1, Z2 dan Z3 sama redup. Hal ini dikarenakan karena pada setiap beban, memakai lampu dengan beban yang sama yaitu 55 Watt.

Tabel 4.5. Data Hasil Pengujian Pada Beban Y Tak Setimbang

No	Frekuensi (Hz)	Lampu Fasa (Watt)			Tegangan (V)			Arus (A)		
		Z1	Z2	Z3	V1	V2	V3	A1	A2	A3
1	10	5	25	55	532	404	360	0,06	0,08	0,10
2	30	5	25	55	488	388	344	0,11	0,12	0,13
3	50	5	25	55	464	372	288	0,16	0,18	0,22

Untuk pengujian pada beban hubung Y tak setimbang, digunakanlah lampu bohlam dengan Watt yang berbeda pada setiap beban. Dalam pengujian ini untuk Z1 memakai lampu 5 Watt, Z2 memakai lampu 25 Watt dan Z3 memakai lampu 55 Watt.

Data yang didapat untuk pengujian Y tak setimbang menyatakan bahwa tegangan antar fasa tidak banyak memiliki perbedaan besar nilai. Tetapi arus yang mengalir pada setiap beban memiliki nilai yang berbeda, hal ini disebabkan setiap fasa memakai lampu dengan beban yang berbeda. Seperti pada pengujian dengan frekuensi 10 Hz, data yang didapat adalah  $V1 = 532$ ,  $V2 = 404$ ,  $V3 = 360$ ,  $A1 = 0,06$ ,  $A2 = 0,08$  dan  $A3 = 0,10$ . Pengujian dengan frekuensi 30 Hz, data yang didapat adalah  $V1 = 488$ ,  $V2 = 388$ ,  $V3 = 344$ ,  $A1 = 0,11$ ,  $A2 = 0,12$  dan  $A3 = 0,13$ . Pengujian dengan frekuensi 50 Hz, data yang didapat adalah  $V1 = 464$ ,  $V2 = 372$ ,  $V3 = 288$ ,  $A1 = 0,16$ ,  $A2 = 0,18$  dan  $A3 = 0,22$ .

Tabel 4.6. Data Nyala Lampu Beban Y Tak Setimbang

No	Frekuensi (Hz)	Lampu (Watt)			Nyala Lampu
		Z1	Z2	Z3	
1	10	5	25	55	Ketiganya Terang
2	30	5	25	55	Ketiganya Redup
3	50	5	25	55	Ketiganya Redup

Tabel data di atas merupakan hasil dari masing-masing beban yang diberikan, beban yang diberikan berkisar dari 5 watt sampai 55 watt, dengan beban yang diberikan berupa lampu pijar. Tabel data di atas menunjukkan hasil dari pengukuran pada inverter dengan beban lampu pijar 5 sampai 55 Watt, tabel menunjukkan semakin besar beban yang digunakan maka nyala lampu yang dihasilkan akan semakin redup.

#### D. Pengujian Pada Beban $\Delta$ Setimbang dan Tak Setimbang

Data yang diambil pada pengujian ini adalah tegangan antar fasa, arus yang mengalir dan terang nyala lampu. 1) Untuk beban setimbang. Dengan

memakai beban lampu dengan Watt yang sama pada masing – masing fasa. Untuk pengambilan data V1, V2, V3, A1, A2, A3, A4, A5 dan A6 dilakukan dengan memasukkan kabel test pin positif dan negatif multimeter pada jack seperti pada gambar 4.4. Untuk data terang nyala lampu, dapat dilihat saat pengujian berlangsung. Dengan membandingkan terang nyala lampu yang 1 dengan yang lain, berdasarkan perubahan Watt lampu dan frekuensi inverter. 2) Untuk beban tak setimbang. Dengan memakai beban lampu dengan Watt yang berbeda pada masing – masing fasa. Untuk pengambilan data V1, V2, V3, A1, A2, A3, A4, A5 dan A6 dilakukan dengan memasukkan kabel test pin positif dan negatif multimeter pada jack seperti pada gambar 4.4. Untuk data terang nyala lampu, dapat dilihat saat pengujian berlangsung. Dengan membandingkan terang nyala lampu yang 1 dengan yang lain, berdasarkan perubahan Watt lampu dan frekuensi inverter.

Tabel 4.7. Data Hasil Pengujian Pada Beban  $\Delta$  Setimbang

No	Frekuensi (Hz)	Lampu Fasa (Watt)			Tegangan (V)			Arus (A)					
		Z1	Z2	Z3	V1	V2	V3	A1	A2	A3	A4	A5	A6
1	10	5	25	55	416	421	429	0,28	0,42	0,65	0,12	0,17	0,2
		5	25	55									
2	30	5	25	55	389	398	408	0,34	0,47	0,71	0,15	0,19	0,26
		5	25	55									
3	50	5	25	55	370	382	394	0,41	0,54	0,81	0,2	0,24	0,32
		5	25	55									

Pada pengujian  $\Delta$  setimbang diperoleh tegangan pada V1, V2 dan V3 dengan nilai yang hampir sama. Tetapi untuk nilai arus yang diperoleh sangat berbeda, hal ini dikarenakan pada setiap beban memakai lampu dengan daya yang

berbeda, kedua lampu untuk Z1 bernilai 5 Watt, Z2 bernilai 25 Watt dan Z3 bernilai 55 Watt. Dapat dilihat pada tabel 4.7. bahwa arus yang didapat pada A1 sampai A6 berbeda. Semakin besar nilai daya lampu semakin besar pula besar nilai arusnya.

Tabel 4.8. Data Nyala Lampu Beban  $\Delta$  Setimbang

No	Frekuensi (Hz)	Lampu Fasa (Watt)			Nyala Lampu
		Z1	Z2	Z3	
1	10	5	25	55	Semua lampu nyala
		5	25	55	
2	30	5	25	55	Lampu dengan beban 5 watt lebih terang
		5	25	55	
3	50	5	25	55	Lampu dengan beban 5 watt lebih terang
		5	25	55	

Sama seperti data nyala lampu untuk beban Y, semakin besar nilai daya lampu yang dipakai maka nyala lampu akan semakin terang. Tetapi untuk percobaan dengan memakai frekuensi 10 Hz, semua lampu pada Z1, Z2 dan Z3 redup. Hal ini disebabkan energi listrik yang dikeluarkan generator pada frekuensi 10 Hz tidak mampu memenuhi kebutuhan daya untuk pemasangan 6 lampu.

Tabel 4.9. Data Hasil Pengujian Pada Beban  $\Delta$  Tak Setimbang

No	Frekuensi (Hz)	Lampu Fasa (Watt)			Tegangan (V)			Arus (A)					
		Z1	Z2	Z3	V1	V2	V3	A1	A2	A3	A4	A5	A6
1	10	5	25	55	416	421	429	0,28	0,42	0,65	0,12	0,17	0,2
		25	5	55									
2	30	5	25	55	389	398	408	0,34	0,47	0,71	0,15	0,19	0,26
		25	5	55									
3	50	5	25	55	370	382	394	0,41	0,54	0,81	0,2	0,24	0,32
		25	5	55									

Sama seperti pada pengujian  $\Delta$  setimbang, pada pengujian  $\Delta$  tak setimbang diperoleh pula tegangan pada V1, V2 dan V3 dengan nilai yang hampir sama. Namun untuk nilai arus yang diperoleh berbeda dengan pengujian  $\Delta$  setimbang, hal ini dikarenakan pada pengujian  $\Delta$  tak setimbang, 1 dari 2 lampu dari Z1 dan Z2 ditukar. Sehingga Z1 memakai 5 Watt dan 25 Watt, Z2 memakai 25 Watt dan 5 Watt dan kedua lampu pada Z3 tetap memakai 55 Watt. Dapat dilihat pada tabel 4.9. bahwa arus yang didapat pada Z1 dan Z2 hampir sama, ini dikarenakan beban pada Z1 dan Z2 mempunyai nilai yang sama.

Tabel 4.10. Data Nyala Lampu Beban  $\Delta$  Tak Setimbang

No	Frekuensi (Hz)	Lampu Fasa (Watt)			Nyala Lampu
		Z1	Z2	Z3	
1	10	5	25	55	Semua lampu nyala
		25	5	55	
2	30	5	25	55	Lampu dengan beban 25 watt lebih terang sedangkan 5 watt redup
		25	5	55	
3	50	5	25	55	Lampu dengan beban 25 watt lebih terang sedangkan 5 watt redup
		25	5	55	

Pada pengujian  $\Delta$  tak setimbang pada Z1 dan Z2 nyala lampu 5 Watt sangat terang, namun nyala lampu 55 Watt menjadi sangat redup. Sedangkan pada Z3, terang nyala lampu sama seperti Z3 pada data nyala lampu beban  $\Delta$  setimbang.

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **A. Kesimpulan**

Berdasarkan data hasil penelitian dan analisis data yang telah dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut

1. semakin besar nilai frekuensi yang diinput pada inverter maka semakin besar pula tegangan 3 fasa yang diperoleh motor induksi 3 fasa. Semakin besar tegangan keluaran inverter maka semakin cepat pula putaran roda motor induksi 3 fasa. Semakin cepat putaran motor induksi 3 fasa maka semakin besar pula tegangan yang dihasilkan oleh generator AC.
2. Semakin besar nilai frekuensi pada inverter maka semakin besar pula tegangan 3 fasa yang dihasilkan oleh generator. Semakin besar nilai frekuensi pada inverter maka semakin cepat putaran roda turbin generator.
3. Pengujian nyala lampu dengan beban lampu pijar 5 sampai 55 Watt pada bebab Y menunjukkan semakin besar beban yang digunakan maka nyala lampu yang dihasilkan akan semakin redup.
4. Pada pengujian delta ( $\Delta$ ) nilai arus yang diperoleh sangat berbeda, hal ini dikarenakan pada setiap beban memakai lampu dengan daya yang berbeda, kedua lampu untuk Z1 bernilai 5 Watt, Z2 bernilai 25 Watt dan Z3 bernilai 55 Watt. Pada pengujian delta ( $\Delta$ ) tak setimbang pada Z1 dan Z2 nyala lampu 5 Watt sangat terang, namun nyala lampu 55 Watt menjadi sangat redup.

**B. SARAN**

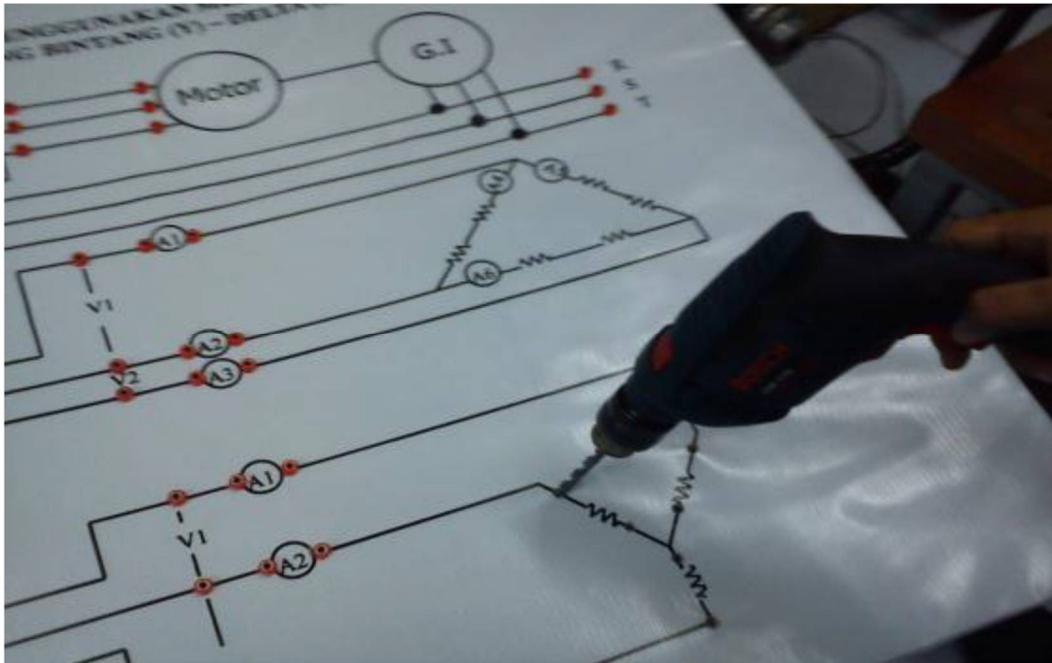
1. Bagi pemakai, hendaknya motor induksi difungsikan dengan kecepatan putaran konstan/tetap serta tegangan dan frekuensi kerjanya sesuai dengan spesifikasinya.
2. Untuk mendapatkan efisiensi yang tinggi dalam penggunaannya, sebaiknya diusahakan agar tegangan sumber yang masuk sesuai dengan kapasitas tegangan maksimum motor.
3. Dalam penggunaan motor induksi tiga fasa sebaiknya dilakukan perawatan yang kontinu, supaya tidak terjadi kerusakan yang lebih fatal yang dapat mengganggu sistem produksi.

## DAFTAR PUSTAKA

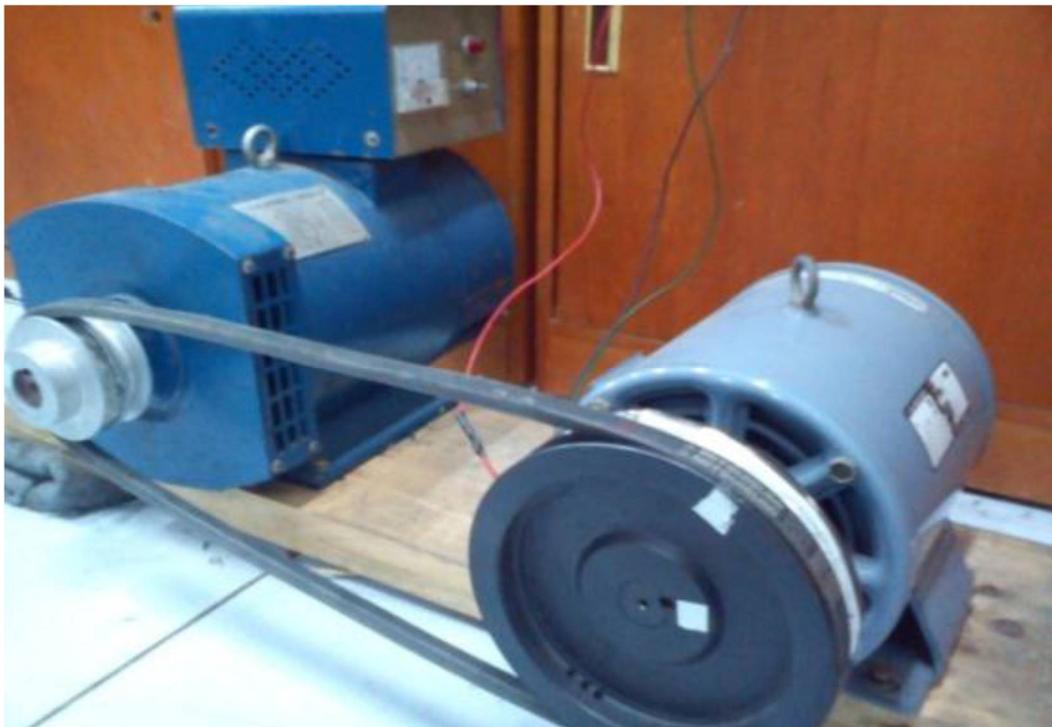
- Amri, Rejani. 2016. *Rancang Bangun Prototipe Pengendali Kecepatan Motor Induksi 3 Fasa dengan Pengaturan Tegangan Berbasis Mikrokontroler Arduino dan Android Smartphone*. Teknik Elektro. Universitas Lampung. Lampung.
- Anonim. 2013. *Teori Motor Induksi*. <http://www.slideshare.net/NemoGalau/teori-motorinduksi>. Diakses pada tanggal 31 Desember 2014.
- Ardi, Andreas. 2008. *Perancangan Dinamic Braking pada Motor Induksi Tiga Fasa Berbasis Mikrokontroler ATMEGA16*. Jurusan Teknik Elektro. Universitas Pakuan Bogor. Bogor
- Ardiansyah, Heri. 2010. *Studi Regulasi Output Generator Induksi dengan Voltage Source Inverter*. Surabaya: FTI. Institute Teknologi Sepuluh November.
- Arikunto, Suharsimi. 2004. *Prosedur Penelitian*. Jakarta : PT. Rineka Cipta.
- , 2006. *Prosedur Penelitian*. Jakarta : PT. Rineka Cipta.
- Arindya, Raditya. 2013. *Penggunaan dan Pengaturan Motor Listrik*. Graha Ilmu. Yogyakarta
- Asnal. 2014. *Pemodelan dan Simulasi Pengereman Dinamik Motor Induksi Tiga Fasa*. Jurusan Teknik Elektro. Universitas Indonesia
- Berlianti, Rahmi. “Analisis Motor Induksi Fasa Tiga Tipe Rotor Sangkar sebagai Generator Induksi dengan Variasi Hubungan Kapasitor untuk Eksitasi”. Vol: 4, No. 1, (Maret 2015).
- Budiyanti. *Studi Pemanfaatan Motor Induksi Sebagai Generator Induksi*, FT UI. Document, tips, 2015.

- Darmadi, Hamid. 2011. *Metode Penelitian Pendidikan*. Bandung: Alfabeta.
- Gagarin Irianto, Chairul, 2010, *Suatu Studi Penggunaan Motor Induksi sebagai Generator: Penentuan Nilai Kapasitor Untuk Penyedia Daya Reaktif*.
- Hadari, Nawawi. 2005. *Metode Penelitian Bidang Sosial*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Induksi 3-fasa terhadap efisiensi dan arus kumparan motor”. *Jurnal Teknik Elektro ITP*. Volume 1, No. 1; (Januari 2004).
- Prasetyo, Eko. 2016. *Analisis Pengaruh Jatuh Tegangan Jala-Jala Terhadap Unjuk Kerja Motor Induksi Tiga Fasa*. Universitas Sumatera Utara. Sumatera Utara.
- Rosa, M. Khairul Amri. 2005. *Electric Machinery Fundamental* (Stephen J.Chapman).
- Suardeyasarri. 2010. *Metode Penelitian Kualitatif*. Jakarta: Yayasan Obor.
- Sumanto, 1992. *Mesin-Mesin Sinkron*, Andi offset, Yogyakarta.
- Yudha, M. P. P. (2013). BKKBN: Jumlah Penduduk Indonesia Sangat Tinggi. Dari:<http://www.republika.co.id/berita/nasional/jabodetabeknasional/13/11/01/mvjx78-bkkbn-jumlah-penduduk-indonesia-sangat-tinggi>.Diakses pada: Jumat, 30 Desember 2017.
- Zed, Mestika. 2008. *Metode Penelitian Kepustakaan*. Jakarta: Yayasan Obor.
- Zuhal. 1995. *Dasar Teknik Tenaga Listrik dan Elektronika Daya*. Jakarta: P.T. Gramedia Pustaka Utama.
- Zuriman, Anthony. Pengaruh perubahan frekuensi dalam system pengendalian kecepatan motor).

**Lampiran 1. Dokumentasi**



Gambar 1. Pemasangan Komponen Pada Papan Perangkat



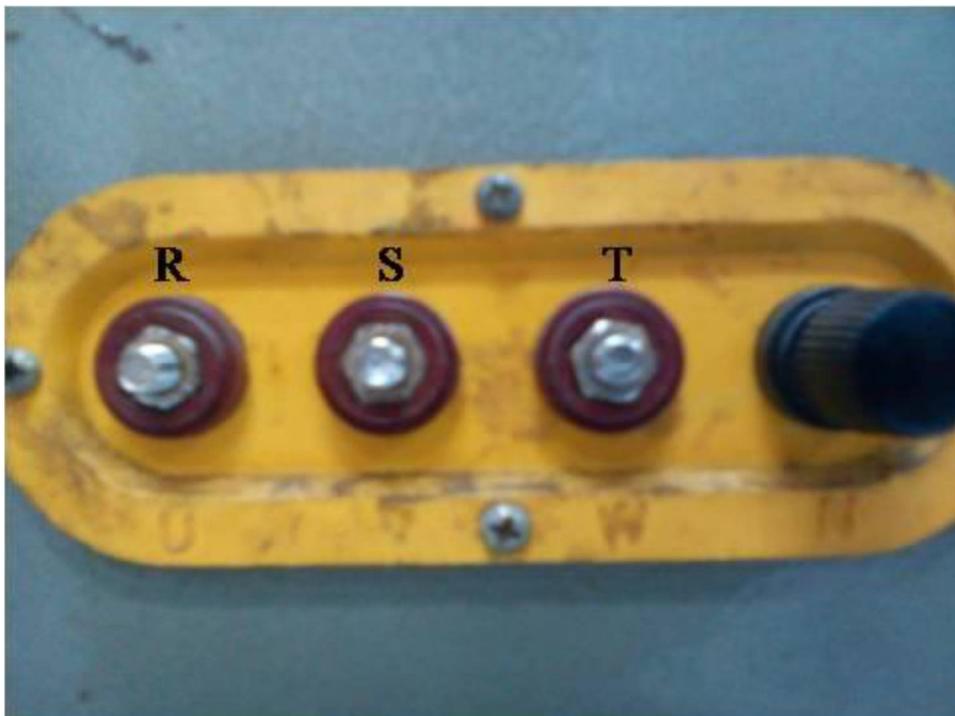
Gambar 2. Pengkabelan Komponen Yang Ada Pada Papan Perangkat



Gambar 3. Multimeter Digital



Gambar 4. Tachometer Digital



Gambar 5. Tempat Hasil Keluaran Generator

