

**SKRIPSI**

**ANALISIS PERANCANGAN GENERATOR SINKRON TIGA FASA**

**DAYA KECIL**



**SASRI ALWI HASWING**  
**105 82 00673 10**

**DARMAWANSYAH**  
**105 82 00573 10**

**PROGRAM STUDI TEKNIK LISTRIK**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR**

**2015**

# ANALISIS PERANCANGAN GENERATOR SINKRON TIGA FASA

## DAYA KECIL



### SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat  
Untuk menyelesaikan Strata Satu (S1)  
Program Studi Teknik Listrik  
Jurusan Teknik Elektro

Oleh :

SASRI ALWI HASWING  
105 82 00673 10

DARMAWANSYAH  
105 82 00673 10

PADA

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR

2015



# UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR

## FAKULTAS TEKNIK

Jl. Sultan Alauddin No. 259 Telp. (0411) 866 972 Fax (0411) 865 588 Makassar 90221

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

### HALAMAN PENGESAHAN

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

Judul Skripsi : **Analisis Rancangan Generator Sinkron Tiga Fasa Daya Kecil**

Nama : Darmawansyah  
Sasri Alwi Haswing

Stambuk : 105 82 00573 10  
105 82 00673 10

Makassar, 12 Maret 2015

Telah Diperiksa dan Disetujui  
Oleh Dosen Pembimbing;

Pembimbing I

Pembimbing II

  
Dr. Ir. Indra Jaya Mansur, MT.

  
Ir. Abd. Hapid, MT.

Mengetahui,

Ketua Jurusan Elektro



  
Umar Katu, ST., MT.

NBM : 990 410



# UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR

## FAKULTAS TEKNIK

Jl. Sultan Alauddin No. 259 Telp. (0411) 866 972 Fax (0411) 865 588 Makassar 90221

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

### PENGESAHAN

Skripsi atas nama Darmawansyah dengan nomor induk Mahasiswa 105 82 00573 10 dan Sasri Ivi Haswing dengan nomor induk Mahasiswa 105 82 00673 10, dinyatakan diterima dan sahkan oleh Panitia Ujian Tugas Akhir/Skripsi sesuai dengan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar Nomor : 332/05/A.5-II/II/36/2015, sebagai salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar pada hari Sabtu 28 Februari 2015

Makassar, 02 Jumadil Akhir 1436 H  
12 Maret 2015 M

Panitia Ujian :

#### 1. Pengawas Umum

a. Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar

Dr. H. Irwan Akib, M.Pd.

b. Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

Dr. -Ing. Ir. Wahyu H. Piarah, MSME

#### 2. Penguji

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

b. Sekertaris : Adriani, ST., MT.

3. Anggota : 1. Rahmania, ST., MT.

2. Andi Fakhruddin, ST., MT.

3. A. Abd. Halik Lateko, ST., MT.

Mengetahui :

Pembimbing I

Dr. Ir. Indra Jaya Mansur, MT.

Pembimbing II

Ir. Abd. Hapid, MT.

Ketua Program Studi  
Teknik Elektro



Umar Kati, ST., MT.  
NBM : 990 410

## ABSTRAK

Sasri Alwi Haswing dan Darmawansyah, 2015. "Analisis Perancangan Generator Sinkron Tiga Fasa Daya Kecil". Dibimbing oleh Indra Jaya Mansyur dan Abdul Hapid. Generator sinkron tiga fasa adalah suatu peralatan listrik yang mengubah energi mekanis menjadi energi listrik. Energi mekanis dapat diperoleh dari motor diesel, air, gas, uap, panas bumi dan lain – lain. Generator sinkron atau sering disebut alternator merupakan sebuah mesin sinkron yang berfungsi mengubah energi mekanik berupa putaran menjadi energi listrik bolak-balik (AC). Dalam perancangan ini pemutar awal generator menggunakan motor listrik dan untuk menaikkan tegangan keluaran generator menggunakan transformator 3 buah dengan rasio trafo 220/7,5. Tujuan dalam perancangan ini adalah untuk mengetahui karakteristik keluaran dari generator, agar kelak bisa diaplikasikan pada perancangan selanjutnya.

Hasil pengujian Generator 3 fasa yang dirancang menghasilkan putaran 1435 rpm dengan frekuensi 47,83 Hz dan pada saat berbeban frekuensi turun menjadi 46,93 Hz. Sedangkan pada saat generator diberi beban putaran generator turun menjadi 1408 rpm. tegangan keluaran yang dihasilkan generator 7,6 volt sampai 7,8 volt. Tegangan generator setelah dinaikkan menggunakan transformator menjadi 220 volt sampai 229 volt dan pada saat di berbeban tegangan menjadi 200 volt sampai 208 volt. Nilai regulasi tegangan pada saat berbeban tinggi antara 10% sampai 11,82% dengan dop tegangan 20 volt sampai 24 volt.

***Kata Kunci : Generator Tiga Fasa, Transformator, Motor, Drop Tegangan***

## KATA PENGANTAR

Puji Syukur Alhamdulillah penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT, karena Rahmat dan HidayahNya sehingga penulis dapat menyusun skripsi ini, dan dapat kami selesaikan dengan baik.

Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu persyaratan akademik untuk menyelesaikan program studi pada Jurusan Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar. Adapun judul tugas akhir ini adalah : “ *Analisis rancangan generator sinkron tiga fasa daya kecil*”.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa dalam penulisan skripsi ini masih banyak terdapat kekurangan-kekurangan, sebab itu penulis sebagai manusia biasa tidak lupuk dari kesalahan dan kekurangan baik dari segi teknik penulisan maupun dari segi perhitungan. Oleh karena itu penulis menerima dengan ikhlas dan lapang dada atas segala koreksi serta perbaikan guna menyempurnakan tulisan ini agar kelak dapat bermanfaat buat kita semua.

Skripsi ini dapat terwujud atas berkat bantuan, arahan, dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu dengan segala ketulusan dan kerendahan hati, kami mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada

1. Ayahanda dan Ibunda yang tercinta, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya atas segala limpahan kasih sayang, doa dan pengorbanan terutama dalam bentuk materi dalam materi menyelesaikan kuliah.

2. Bapak Hamzah Al Imran, ST, MT. sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
3. Bapak Umar Katu, ST, MT. sebagai Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
4. Bapak Dr. Ir. Indra Jaya Mansur, M.Sc. selaku Pembimbing I dan Bapak Ir. Abd. Hapid, MT. selaku Pembimbing II, yang telah banyak meluangkan waktunya dalam bimbingan kami.
5. Bapak dan Ibu dosen serta staf pegawai pada Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar atas segala waktunya yang telah mendidik dan melayani penulis selama mengikuti proses belajar mengajar di Universitas Muhammadiyah Makassar.
6. Saudara-saudaraku serta rekan-rekan mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar terkhusus angkatan 2010 yang dengan keakraban dan persaudaran banyak membantu dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

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

Makassar, Februari 2015

Penulis

# DAFTAR ISI

Halaman

<b>SAMPUL</b> .....	<b>i</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	<b>ii</b>
<b>PENGESAHAN</b> .....	<b>iii</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>iv</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>v</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>vii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>ix</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xi</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
A. Latar Belakang .....	1
B. Rumusan Masalah .....	2
C. Tujuan Penelitian.....	2
D. Batasan Masalah .....	2
E. Manfaat Penelitian.....	3
F. Sistematika Penulisan .....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>5</b>
A. Generator.....	5
B. Kontruksi Generator Sinkron .....	5
a. Rotor.....	6
b. Stator.....	11
C. Prinsip Kerja Generator.....	15
D. Frekuensi Pada Generator Sinkron.....	19
E. GGL Induksi Pada Alternator.....	20
F. Arus Stator dan Rotor.....	21
G. Daya Keluaran Generator Sinkron .....	22
a. Hubung Bintang.....	22
b. Hubung Delta.....	23



H. Polaritas Transformator.....	24
I. Jatuh Tegangan.....	25
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>28</b>
A. Waktu dan Tempat Penelitian .....	28
B. Tahapan Penelitian .....	28
C. Alat dan Bahan Perancangan.....	29
D. Diagram Alir (Flowchart).....	30
<b>BAB IV HASIL DAN ANALISIS .....</b>	<b>32</b>
A. Umum.....	32
B. Realisasi .....	33
C. Pengujian Alat.....	36
a. Percobaan beban nol.....	36
b. Percobaan berbeban.....	38
D. Analisis Drop Tegangan dan Regulasi Tegangan Beban 15 Watt .....	38
E. Analisis Drop Tegangan dan Regulasi Tegangan Beban 24 Watt .....	41
F. Analisis Drop Tegangan dan Regulasi Tegangan Beban 36 Watt .....	44
G. Perhitungan Frekuensi Generator.....	47
H. Batas Jatuh Tegangan.....	48
<b>BAB V PENUTUP.....</b>	<b>50</b>
A. Kesimpulan.....	50
B. Saran.....	51

**DAFTAR PUSTAKA**

**LAMPIRAN**

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Kontruksi Sederhana Generator Sinkron.....	6
Gambar 2.2 Rotor <i>salient</i> (Kutub Menonjol) Generator Sinkron .....	8
Gambar 2.3 Rotor Kutub Silinder Generator Sinkron .....	9
Gambar 2.4 Penampang rotor kutup silindris .....	9
Gambar 2.5 Konstruksi generator kutup silindris dengan sistem pemasukan arus medan.....	10
Gambar 2.6 Bentuk kontruksi stator pada generator sinkron.....	12
Gambar 2.7 Inti Stator dan Alur Pada Stator .....	12
Gambar 2.8 Belitan Satu Lapis Generator Sinkron Tiga Fasa.....	13
Gambar 2.9 Konfigurasi kumparan jangkar & kumparan medan .....	13
Gambar 2.10 Belitan Berlapis Ganda Generator Sinkron Tiga Fasa .....	14
Gambar 2.11 Kumparan jangkar pada rotor berputar di sekitar medan magnet yang dihasilkan stator.....	15
Gambar 2.12 Proses terbentuknya gelombang AC pada generator Sinkron .....	16
Gambar 2.13 Karakteristik hubungan pengaruh arus medan terhadap fluks dan $E_a$ pada alternator .....	21
Gambar 2.14 Tes polaritas transformator .....	24
Gambar 3.1 Blok diagram alat .....	29
Gambar 3.2 Flowchart Penelitian.....	31
Gambar 4.1 Rangkaian alat secara fisik.....	33
Gambar 4.2 Rangkaian Generator eksitasi terpisah .....	33

Gambar 4.3 Alternator mobil .....	34
Gambar 4.4 Motor Kapasitor .....	34
Gambar 4.5 Transformator .....	35
Gambar 4.6 Power Supply .....	36
Gambar 4.7 Rangkaian percobaan beban nol.....	36
Gambar 4.8 Rangkaian percobaan berbeban.....	38
Gambar 4.9 Grafik hubungan antara tegangan dan arus beban 15 watt.....	39
Gambar 4.10 Grafik hubungan tegangan dan arus beban 24 watt .....	42
Gambar 4.11 Grafik hubungan tegangan dan arus beban 36 watt .....	45



## DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Data hasil percobaan beban nol .....	37
Tabel 4.2 Data hasil percobaan beban nol fasa ke fasa.....	37
Tabel 4.3 Data hasil percobaan beban nol tagangan dinaikkan fasa ke netral .....	38
Tabel 4.4 data percobaan beban 15 watt .....	38
Tabel 4.5 data percobaan beban 24 watt .....	41
Tabel 4.6 data percobaan beban 36 watt .....	44
Tabel 4.7 Perbandingan jatuh tegangan .....	49



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang**

Energi listrik merupakan kebutuhan primer pada perkembangan teknologi sekarang ini. Manusia sangat bergantung pada energi listrik dan supaya energi listrik dapat digunakan dengan baik, di butuhkan suatu sistem pembangkit energi listrik yang handal.

Generator sinkron tiga fasa merupakan sumber utama pembangkit daya listrik yang tidak asing lagi dalam dunia kelistrikan. Hampir seluruh sistem pembangkit tenaga listrik di dunia menggunakan generator sinkron sebagai sumber daya listrik, kecuali pada pembangkit dengan tujuan dan kondisi tertentu. generator sinkron bekerja dengan mengubah energi mekanis yang dihasilkan pada poros turbin menjadid energi listrik tiga fasa.

Generator sinkron tiga fasa adalah suatu peralatan listrik yang mengubah energi mekanis menjadi energi listrik. Energi mekanis dapat diperoleh dari motor diesel, air, gas, uap, panas bumi dan lain – lain.

Sistem pengoperasian generator tiga fasa ini adalah kontinu dan dengan beban tertentu, yang perlu diperhatikan adalah kemampuan generator tersebut dalam catu daya. Besar daya yang di catu tentunya harus selalu berada dibawah kemampuan catu daya generator tersebut, bila pengoperasian berada diatas kemampuan generator atau kapasitas beban melebihi pada generator tersebut maka akan mengakibatkan pemanasan yang berlebihan pada generator tersebut. Pemanasan yang berlebihan ini dapat mengakibatkan kerusakan isolasi pada

belitan – belitan rotor dan stator generator tersebut.dari pemanasan tersebut akan menentukan rugi daya, rugi pada kumparan medan, dan Rugi kumparan jangkar.

### **B. Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang dan batasan masalah, dapat di tarik rumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana performa dan hasil pengujian terhadap rancangan generator tiga fasa daya kecil.
2. Bagaimana kinerja generator untuk berbagai variasi beban.

### **C. Tujuan Penelitian**

Pembuatan tugas akhir ini mempunyai tujuan yaitu:

1. Untuk mengetahui kinerja rancangan generator sinkron tiga fasa daya kecil.
2. Untuk mengetahui nilai frekuensi, regulasi dan drop tegangan pada generator tiga fasa daya kecil.

### **D. Batasan Masalah**

Untuk menghindari ruang lingkup pembahasan yang terlalu luas dan jauh dari sasaran yang ingin dicapai, maka dipandang perlu menbatasi permasalahan yang akan dibahas adalah :

1. Pembahasan ini di khususkan menganalisis rancangan generator sinkron tiga fasa.
2. Transformator yang digunakan adalah transformator *step up* 2 ampere.
3. Menaikkan tegangan menggunakan transformator.
4. Beban yang digunakan bervariasi.

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

Manfaat yang diharapkan ialah :

1. Meningkatkan wawasan mahasiswa tentang generator
2. Dengan mengetahui tegangan keluaran generator sinkron tiga fasa diharapkan dapat mengaplikasikan ilmu yang telah didapat dibangku perkuliahan.
3. Untuk dapat memperluas ilmu pengetahuan dan wawasan penulis khususnya dalam bidang mesin – mesin listrik.

#### **F. Sistematika Penelitian**

Untuk memberikan gambaran umum dari keseluruhan penelitian ini, maka kami membuat dengan sistematika penulisan sebagai berikut :

### **BAB I. PENDAHULUAN**

Dalam bab ini berisikan mengenai latar belakang, rumusan masalah, tujuan penulisan, batasan masalah, manfaat penelitian serta sistematika.

## **BAB II. TINJAUAN PUSTAKA**

Berisikan tentang pokok pembahasan teori atau materi yang mendasari dalam pelaksanaan penelitian ini.

## **BAB III. METODOLOGI PENELITIAN**

Berisikan tentang tempat pelaksanaan penelitian serta metode yang diterapkan dalam tugas akhir ini.

## **BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN**

Dalam bab ini akan dibahas tentang perancangan dan hasil perancangan dari alat tersebut, serta hasil pengujian yang telah penulis lakukan.

## **BAB V. PENUTUP**

Dalam bagian ini akan dibahas penjelasan atau kesimpulan dan saran akhir dari hasil perakitan dan pengujian alat yang telah dilakukan.





## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

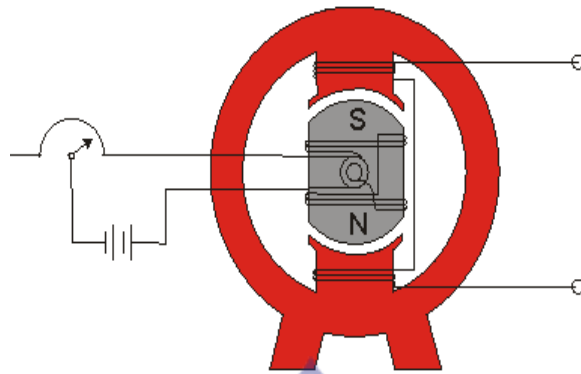
#### **A. Generator**

Hampir semua energi listrik dibangkitkan dengan menggunakan generator sinkron. Oleh sebab itu generator sinkron memegang peranan penting dalam sebuah pusat pembangkit listrik. Generator sinkron (sering disebut alternator) merupakan sebuah mesin sinkron yang berfungsi mengubah energi mekanik berupa putaran menjadi energi listrik bolak-balik (AC).

Generator AC (*alternating current*), atau generator sinkron. Dikatakan generator sinkron karena jumlah putaran rotornya sama dengan jumlah putaran medan magnet pada stator. Kecepatan sinkron ini dihasilkan dari kecepatan putar rotor dengan kutub-kutub magnet yang berputar dengan kecepatan yang sama dengan medan putar pada stator. Mesin sinkron tidak dapat start sendiri karena kutub-kutub tidak dapat tiba-tiba mengikuti kecepatan medan putar pada waktu sakelar terhubung dengan jala-jala. Generator sinkron dapat berupa generator sinkron tiga fasa atau generator sinkron satu fasa.

#### **B. Konstruksi Generator Sinkron**

Pada prinsipnya, konstruksi Generator sinkron sama dengan motor sinkron. Secara umum, konstruksi generator sinkron terdiri dari stator (bagian yang diam) dan rotor (bagian yang bergerak). Keduanya merupakan rangkaian magnetik yang berbentuk simetris dan silindris. Selain itu generator sinkron memiliki celah udara ruang antara stator dan rotor yang berfungsi sebagai tempat terjadinya fluksi atau induksi energi listrik dari rotor ke-stator.



Gambar 2.1 Kontruksi sederhana generator sinkron

**a. Rotor**

Rotor berfungsi untuk membangkitkan medan magnet yang kemudian tegangan dihasilkan dan akan di induksikan ke stator.

Rotor terdiri dari beberapa komponen utama yaitu :

1. Slip Ring

Slip ring merupakan cincin logam yang melingkari poros rotor tetapi dipisahkan oleh isolasi tertentu. Terminal kumparan rotor dipasang ke-slip ring ini kemudian dihubungkan ke sumber arus searah melalui sikat (brush) yang letaknya menempel pada slip ring.

2. Sikat

Sebagian dari generator sinkron ada yang memiliki sikat ada juga yang tidak memiliki sikat. Sikat pada generator sinkron berfungsi sebagai saklar putar untuk mengalirkan arus DC ke-kumparan medan pada rotor generator sinkron. Sikat terbuat dari bahan karbon tertentu.

3. Kumpara rotor (kumparan medan)

Kumparan medan merupakan unsur yang memegang peranan utama dalam menghasilkan medan magnet. Kumparan ini mendapat arus searah dari sumber eksitasi tertentu.

#### 4. Poros Rotor

Poros rotor merupakan tempat meletakkan kumparan medan, dimana pada poros tersebut telah terbentuk slot-slot secara paralel terhadap poros rotor.

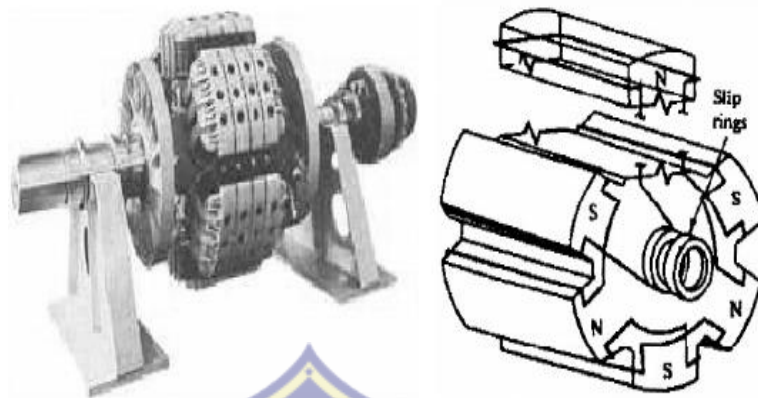
Generator sinkron memiliki dua tipe rotor, yaitu :

1. Rotor berbentuk kutub sepatu (*salient pole*)
2. Rotor berbentuk kutub dengan celah udara sama rata (*cylindrical*)

##### 1. Rotor kutub menonjol (*Salient Pole Rotor*)

Rotor tipe ini mempunyai kutub yang jumlahnya banyak. Kumparan dibelitkan pada tangkai kutub, dimana kutub-kutub diberi laminasi untuk mengurangi panas yang ditimbulkan oleh arus *Eddy*, kumparan-kumparan medannya terdiri dari bilah tembaga persegi. Kutub menonjol ditandai dengan rotor berdiameter besar dan panjang sumbunya pendek.

Selain itu jenis kutub salient pole, kutub magnetnya menonjol keluar dari permukaan rotor. Belitan-belitan medan dihubung seri. Ketika belitan medan ini disuplai oleh eksiter, maka kutub yang berdekatan akan membentuk kutub yang berlawanan. Bentuk kutub menonjol generator sinkron tampak seperti Gambar berikut :



Gambar 2.2 Rotor *salient* (Kutub Menonjol) Generator Sinkron

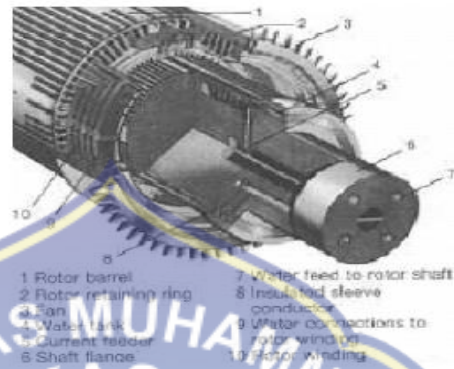
Rotor kutub menonjol umumnya digunakan pada generator sinkron dengan kecepatan putaran rendah dan sedang (120-400 rpm). Generator sinkron tipe seperti ini biasanya dikopel oleh mesin diesel atau turbin air pada sistem pembangkit listrik. Rotor kutub menonjol baik digunakan untuk putaran rendah dan sedang karena :

1. Konstruksi kutub menonjol tidak terlalu kuat untuk menahan tekanan mekanis apabila diputar dengan kecepatan tinggi.
2. Kutub menonjol akan mengalami rugi-rugi yang besar dan bersuara bising jika diputar dengan kecepatan tinggi.

## 2. Rotor kutub tak menonjol (Rotor Silinder)

Rotor tipe ini dibuat dari plat baja berbentuk silinder yang mempunyai sejumlah slot sebagai tempat kumparan. Karena adanya slot-slot dan juga kumparan medan yang terletak pada rotor maka jumlah kutub pun sedikit yang dapat dibuat. Belitan-belitan medan dipasang pada alur-alur di sisi luarnya dan

terhubung seri yang dienerjais oleh eksiter. Gambar bentuk kutub silinder generator sinkron tampak seperti pada Gambar berikut:



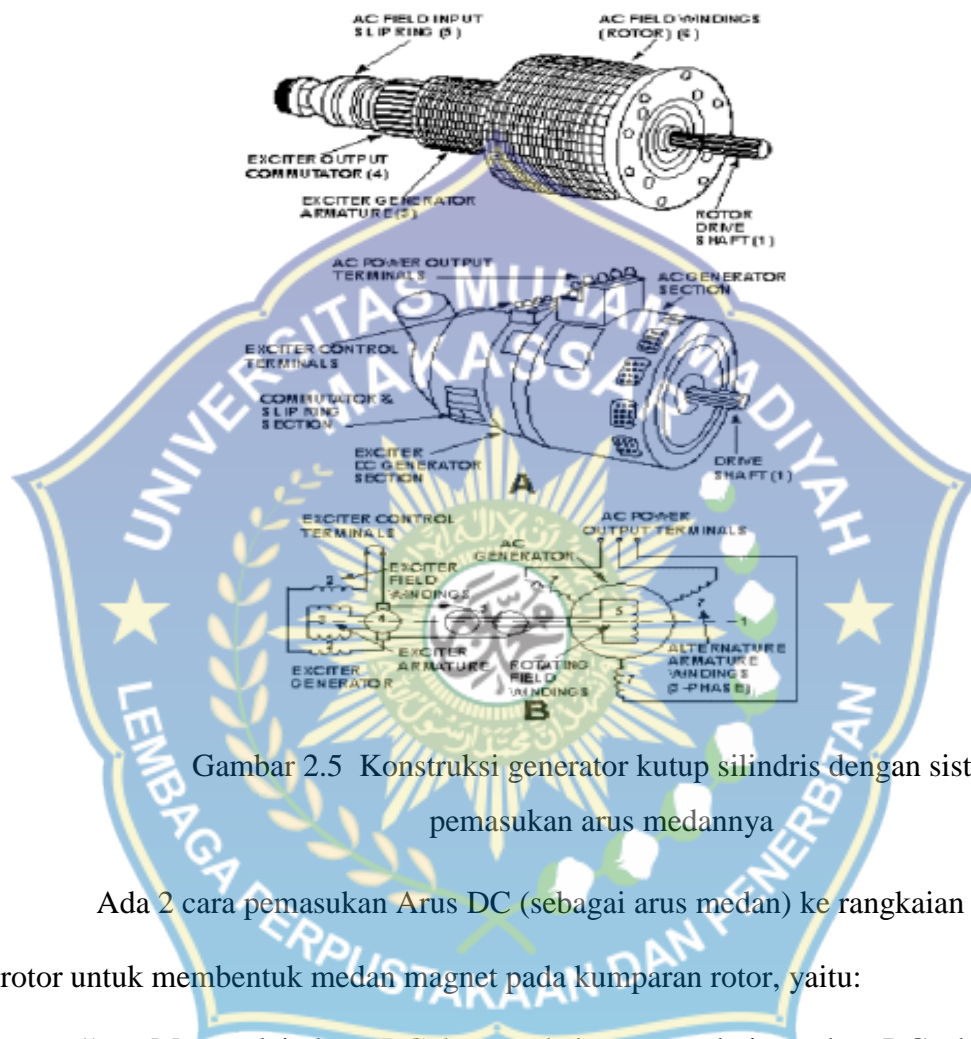
Gambar 2.3 Rotor Kutub Silinder Generator Sinkron



Gambar 2.4 Penampang rotor kutub silindris

Rotor ini biasanya berdiameter kecil dan sumbunya sangat panjang. Konstruksi ini memberikan keseimbangan mekanis yang lebih baik karena rugirugi anginnya lebih kecil dibandingkan rotor kutub menonjol (*salient pole rotor*). Rotor silinder umumnya digunakan pada generator sinkron dengan kecepatan putaran tinggi (1500 atau 3000 rpm) biasanya digunakan untuk pembangkit listrik berkapasitas besar misalnya pembangkit listrik tenaga uap dan gas. Rotor silinder baik digunakan pada kecepatan tinggi karena:

1. Distribusi disekeliling rotor mendekati bentuk gelombang sinus sehingga lebih baik dari kutub menonjol.
2. Konstruksinya memiliki kekuatan mekanik pada kecepatan putar tinggi



Gambar 2.5 Konstruksi generator kutup silindris dengan sistem pemasukan arus medannya

Ada 2 cara pemasukan Arus DC (sebagai arus medan) ke rangkaian medan rotor untuk membentuk medan magnet pada kumparan rotor, yaitu:

- 1) Menyuplai daya DC ke rangkaian rotor dari sumber DC eksternal (biasanya berupa baterai dari luar) dengan sarana *slip ring* dan sikat. Bila generator ini hanya menerima sumber DC dari luar untuk *start* awal saja, maka sumber DC sebagai penguat kumparan medan selanjutnya diambil dari keluaran generator itu sendiri (setelah sumber dari baterai dilepas) dengan cara merubah keluaran AC generator ini

menjadi DC (disearahkan sebelum dimasukkan ke kumparan medan pada rotor)

- 2) Menyuplai daya DC dari sumber DC khusus yang ditempelkan langsung pada batang rotor generator sinkron. Sumber DC ini biasanya dari generator DC yang ditempel pada rotor generator sinkron.

### **b. Stator**

Stator atau armatur adalah bagian generator yang berfungsi sebagai tempat untuk menerima induksi magnet dari rotor. Arus AC yang menuju ke beban disalurkan melalui armatur, komponen ini berbentuk sebuah rangka silinder dengan lilitan kawat konduktor yang sangat banyak. Armatur selalu diam (tidak bergerak). Oleh karena itu, komponen ini juga disebut dengan stator. Lilitan armatur generator dalam wye dan titik netral dihubungkan ke tanah. Lilitan dalam wye dipilih karena:

1. Meningkatkan daya output.
2. Menghindari tegangan harmonik, sehingga tegangan line tetap sinusoidal dalam kondisi beban apapun. Dalam lilitan wye tegangan harmonik ketiga

masing-masing fasa saling meniadakan, sedangkan dalam lilitan delta tegangan harmonik ditambahkan. Karena hubungan delta tertutup, sehingga membuat sirkulasi arus harmonik ketiga yang meningkatkan rugi-rugi.



Gambar 2.6 Bentuk konstruksi stator pada generator sinkron

Stator dari mesin sinkron terbuat dari bahan ferromagnetik yang berbentuk laminasi untuk mengurangi rugi-rugi arus pusar. Dengan inti ferromagnetik yang bagus berarti permeabilitas dan resistivitas dari bahan tinggi. Gambar berikut memperlihatkan alur stator tempat kumparan jangkar.



Gambar 2.7 Inti Stator dan Alur Pada Stator

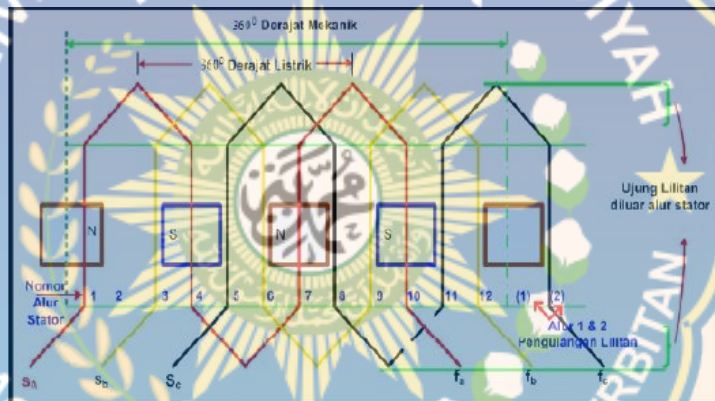
Ada dua jenis belitan stator yang banyak digunakan untuk generator sinkron 3 fasa, yaitu:

1. Belitan satu lapis (*Single Layer Winding*).
2. Belitan berlapis ganda (*Double Layer Winding*).

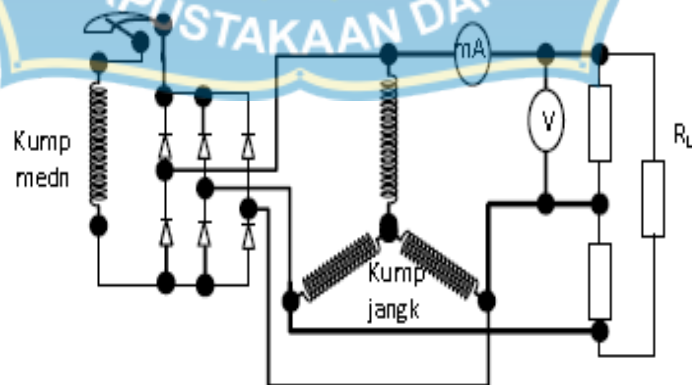


1. Belitan satu lapis (*Single Layer Winding*).

Memperlihatkan belitan satu lapis karena hanya ada satu sisi lilitan di dalam masing - masing alur. Bila kumparan tiga fasa dimulai pada Sa, Sb, dan Sc dan berakhir di Fa, Fb, dan Fc bisa disatukan dalam dua cara, yaitu hubungan bintang dan segitiga. Antar kumparan fasa dipisahkan sebesar 120 derajat listrik atau 60 derajat mekanik, satu siklus ggl penuh akan dihasilkan bila rotor dengan 4 kutub berputar 180 derajat mekanis. Satu siklus ggl penuh menunjukkan 360 derajat listrik.



Gambar 2.8 Belitan Satu Lapis Generator Sinkron Tiga Fasa

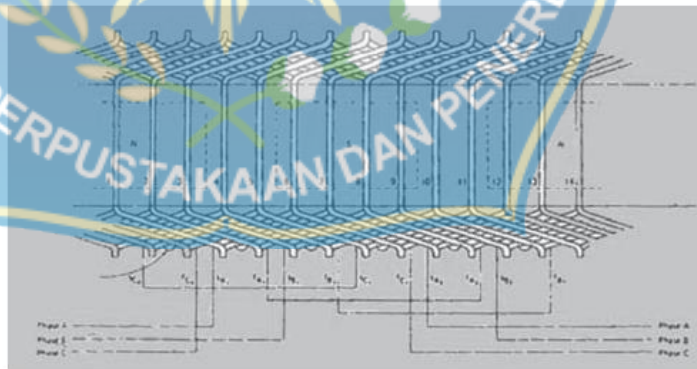


Gambar 2.9 Konfigurasi kumparan jangkar & kumparan medan

## 2. Belitan berlapis ganda (*Double Layer Winding*).

Kumparan jangkar yang diperlihatkan pada belitan satu lapis hanya mempunyai satu lilitan per kutub per fasa, akibatnya masing – masing kumparan hanya dua lilitan secara seri. Bila alur-alur tidak terlalu lebar, masing-masing penghantar yang berada dalam alur akan membangkitkan tegangan yang sama. Masing – masing tegangan fasa akan sama untuk menghasilkan tegangan per penghantar dan jumlah total dari penghantar per fasa.

Dalam kenyataannya cara seperti ini tidak menghasilkan cara yang efektif dalam penggunaan inti stator, karena variasi kerapatan fluks dalam inti dan juga melokalisir pengaruh panas dalam daerah alur dan menimbulkan harmonik. Untuk mengatasi masalah ini, generator praktisnya mempunyai kumparan terdistribusi dalam beberapa alur per kutub per fasa. Memerlihatkan bagian dari sebuah kumparan jangkar yang secara umum banyak digunakan.



Gambar 2.10 Belitan Berlapis Ganda Generator Sinkron Tiga Fasa

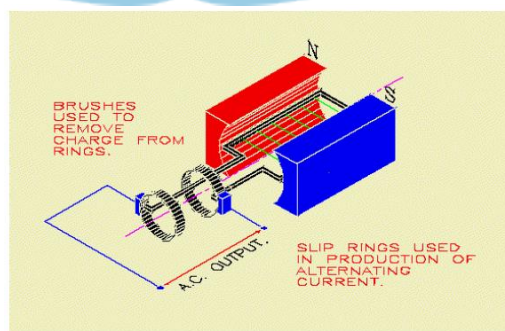
Pada masing masing alur ada dua sisi lilitan dan masing – masing lilitan memiliki lebih dari satu putaran. Bagian dari lilitan yang tidak terletak ke dalam alur

biasanya disebut *winding overhang*, sehingga tidak ada tegangan dalam *winding overhang*.

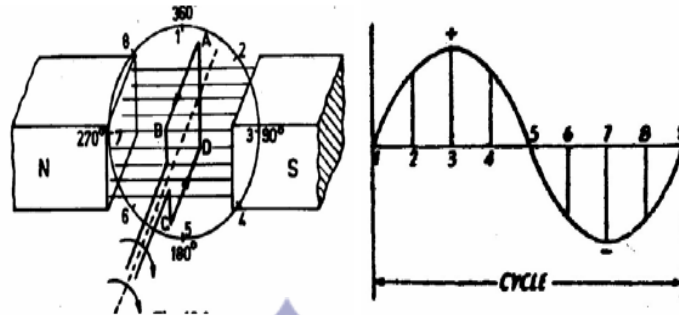
### C. Prinsip Kerja Generator Sinkron

Generator dapat menghasilkan energi listrik karena adanya pergerakan relatif antaran medan magnet homogen terhadap kumparan jangkar pada generator (magnet yang bergerak dan kumparan jangkar diam, atau sebaliknya magnet diam sedangkan kumparan jangkar bergerak). Jadi, jika sebuah kumparan diputar pada kecepatan konstan pada medan magnet homogen, maka akan terinduksi tegangan sinusoidal pada kumparan tersebut. Medan magnet homogen ini bisa dihasilkan oleh kumparan yang dialiri arus DC atau oleh magnet tetap. Contoh bentuk gambaran sederhana proses pembangkitan energi listrik pada generator sinkron dapat diperlihatkan seperti pada gambar

Pada gambar diperlihatkan contoh sederhana sebuah kumparan rotor berputar di sekitar medan magnet homogen yang dihasilkan stator, kemudian tegangan keluaran pada rotor diambil/dilewatkan melalui sepasang *slip ring* (cincin sikat) yang bisa dihubungkan ke beban. Proses terbentuknya gelombang AC yang dihasilkan pada keluaran rotor ini lebih jelasnya diperlihatkan pada gambar



Gambar 2.11 Kumparan jangkar pada rotor berputar di sekitar medan magnet yang dihasilkan stator



Gambar 2.12 Proses terbentuknya gelombang AC pada generator sinkron

Dengan memperhatikan gambar diatas, proses timbulnya GGL induksi pada generator dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Kumparan tembaga berputar diantara magnet permanen N-S.
2. Kedua ujung kumparan dihubungkan dengan Slip Ring (cincin sikat).
3. GGL induksi akan menghasilkan arus (karena adanya beban pada generator) yang mengalir melalui sikat-sikat arang ke beban yang tersambung dengan generator

Ketika kumparan diputar ke kanan, satu sisi kumparan dari kutup warna merah (kita anggap sisi kumparan warna merah) bergerak ke atas sedang sisi lainnya (kumparan dari sisi kutup warna biru, dianggap kumparan warna biru) bergerak ke bawah. Kumparan mengalami perubahan garis gaya nagnet yang makin sedikit, sehingga pada kedua sisi kumparan akan dibangkitkan tegangan yang semakin sedikit pula. Bila alternator diberi beban, maka akan mengalir pula arus listrik yang semakin mengecil mengitari kumparan hingga mencapai posisi kumparan vertical dengan arus menjadi nol karena tegangan yang dibangkitkan

juga nol. Pada posisi vertikal kumparan tidak mengalami perubahan garis gaya magnet sehingga tidak ada listrik yang mengalir pada kumparan (gelombang listrik AC beroda pada posisi no 1)

Untuk generator berkapasitas kecil, medan magnet dapat diletakkan pada stator (disebut generator kutub eksternal / *external pole generator*) yang mana energi listrik dibangkitkan pada kumparan rotor. Jika cara ini digunakan untuk generator berdaya besar, maka hal ini dapat menimbulkan kerusakan pada slip ring dan karbon sikat. Untuk mengatasi permasalahan ini, maka pada generator berkapasitas besar digunakan tipe generator dengan kutub internal (*internal pole generator*), yang mana medan magnet dibangkitkan oleh kutub rotor dan tegangan AC dibangkitkan pada rangkaian stator. Tegangan yang dihasilkan akan sinusoidal jika rapat fluks magnet pada celah udara terdistribusi sinusoidal dan rotor diputar pada kecepatan konstan. Bahagian dari kumparan generator yang membangkitkan tegangan disebut kumparan jangkar, sedangkan bahagian dari kumparan generator yang membangkitkan medan magnet disebut kumparan medan.

Adapun prinsip kerja dari suatu generator sinkron adalah:

1. Kumparan medan yang terdapat pada rotor dihubungkan dengan sumber eksitasi tertentu yang akan mensuplai arus searah terhadap kumparan medan. Dengan adanya arus searah yang mengalir melalui kumparan medan maka akan menimbulkan fluks yang besarnya terhadap waktu adalah tetap.

2. Penggerak mula (*Prime Mover*) yang sudah terkopel dengan rotor segera dioperasikan sehingga rotor akan berputar pada kecepatan nominalnya

$$n = \frac{120 \cdot f}{p} \dots\dots\dots(1)$$

dimana :

$n$  = Kecepatan putar rotor (rpm)

$p$  = Jumlah kutub rotor

$f$  = frekuensi (Hz)

3. Perputaran rotor tersebut sekaligus akan memutar medan magnet yang dihasilkan oleh kumparan medan. Medan putar yang dihasilkan pada rotor, akan diinduksikan pada kumparan jangkar sehingga pada kumparan jangkar yang terletak di stator akan dihasilkan fluks magnetik yang berubah-ubah besarnya terhadap waktu. Adanya perubahan fluks magnetik yang melingkupi suatu kumparan akan menimbulkan ggl induksi pada ujung-ujung kumparan tersebut.

Untuk generator sinkron tiga fasa, digunakan tiga kumparan jangkar yang ditempatkan di stator yang disusun dalam bentuk tertentu, sehingga susunan kumparan jangkar yang sedemikian akan membangkitkan tegangan induksi pada ketiga kumparan jangkar yang besarnya sama tapi berbeda fasa 120° satu sama lain. Setelah itu ketiga terminal kumparan jangkar siap dioperasikan untuk menghasilkan energi listrik.

#### D. Frekuensi pada Generator Sinkron

Kecepatan perputaran generator sinkron akan mempengaruhi frekuensi listrik yang dihasilkan generator. Rotor generator sinkron terdiri atas rangkaian elektromagnet dengan suplai arus DC untuk membentuk medan magnet pada rotor. Medan magnet rotor ini bergerak pada searah putaran rotor. Hubungan antara kecepatan putar medan magnet pada rotor dengan frekuensi elektrik pada stator adalah

$$f_e = \frac{NrP}{120} \dots\dots\dots(2)$$

dimana:

$f_e$  = frekuensi listrik (Hz)

$Nr$  = kecepatan putar rotor (rpm)

$p$  = jumlah kutub magnet pada rotor

Dari rumus di atas terlihat bahwa frekuensi yang dihasilkan generator sinkron sangat dipengaruhi oleh kecepatan putaran rotor dan jumlah kutub magnet pada generator. Jika beban generator berubah, akan mempengaruhi kecepatan rotor generator. Perubahan kecepatan rotor ini secara langsung akan mempengaruhi frekuensi yang dihasilkan generator.

Kecepatan perputaran rotor pada generator sinkron akan sama dengan kecepatan medan magnet generator. Oleh karena rotor berputar pada kecepatan yang sama dengan medan magnetnya, maka generator ini disebut generator sinkron atau lebih dikenal dengan nama *Alternator*. Agar daya listrik dibangkitkan tetap pada frekuensi 50 Hz atau 60 Hz (sesuai standard suatu negara, di Indonesia adalah 50

Hz), maka generator harus berputar pada kecepatan tetap dengan jumlah kutub magnet yang telah ditentukan yang dapat dihitung melalui rumus tersebut Sebagai contoh untuk membangkitkan frekuensi 50 Hz pada generator dua kutub, maka rotor harus berputar dengan kecepatan 3000 rpm, atau untuk membangkitkan frekuensi 50 Hz pada generator empat kutub, maka rotor harus berputar pada kecepatan 1500 rpm.

### E. GGL induksi pada Alternator

GGL induksi ( $E_a$ ) pada alternator akan terinduksi pada kumparan jangkar alternator (misalnya kumparan jangkar ditempatkan di stator) bila rotor di putar di sekitar stator (misalnya kumparan medan di rotor). Besarnya kuat medan pada rotor dapat diatur dengan cara mengatur arus medan ( $I_f$ ) yang diberikan pada rotor. Besarnya GGL induksi internal ( $E_a$ ) yang dihasilkan kumparan jangkar Alternator ini dapat dibuatkan dalam bentuk rumus sebagai berikut.

$$E_a = 4,44K_c.K_d.f.\phi.T(\text{volt/fase}) \dots\dots\dots(3)$$

Atau disingkat menjadi

$$E_a = c.Nr.\phi \dots\dots\dots(4)$$

yang mana:

$f_c$  = factor kisar;

$k_d$  = factor distribusi

$f$  = frekuensi dalam Hz atau cps

$\Phi$  = fluks /kutub dalam Weber

$T$  = banyaknya lilitan /fase =  $1/2 Z$

$Z$  = banyak sisi kumparan (1 lilit adalah 2 sisi kumparan)

$c$  = konstanta mesin



$Nr$  = kecepatan putaran rotor (rpm)

$\phi$  = fluks yang dihasilkan oleh kumparan medan (wb)

Arus medan ( $I_f$ ) pada alternator biasanya diatur dengan menggunakan rangkaian kontrol agar diperoleh tegangan pembangkitan ( $E_a$ ) yang sesuai dengan kebutuhan. Bentuk gambaran pengaturan sederhana arus medan ( $I_f$ ) terhadap  $E_a$  yang dibangkitkan alternator dan Apabila karakteristik pengaruh arus medan ( $I_f$ ) terhadap fluks dan GGL yang dihasilkan alternator digambarkan bila kondisi kecepatan tetap, maka keadaan ini dapat digambarkan seperti yang di bawah ini.



Gambar 2.13 Karakteristik hubungan pengaruh arus medan terhadap fluks dan  $E_a$  pada alternator

## F. Arus Stator dan Rotor

### 1. Arus Stator

Rugi – rugi pada belitan akhir dan belitan terselubung persatuan volumee didapatkan besaran rugi – rugi maksimum tembaga :

$$P_{cu} = 3 I_s^2 \times R_s \dots \dots \dots (5)$$

$$I_s^2 = \frac{P_{cu}}{3.R_s} \dots \dots \dots (6)$$

Dimana :

$$P_{cu} = \text{Rugi} - \text{rugi tembaga stator (Watt)}$$

$$I_s = \text{Arus stator maksimum (Ampere)}$$

$$R_s = \text{Resistansi belitan stator (Ohm)}$$

## 2. Arus Rotor

Oleh karena pemanasan rotor sama dengan pemanasan stator maka persamaan pembatasnya pun mempunyai bentuk yang sama dimana:

$$P_{cu} = I_r^2 \times R_r \dots\dots\dots(7)$$

$$I_r^2 = \frac{P_{cu}}{R_r} \dots\dots\dots(8)$$

Dimana :

$$P_{cu} = \text{Rugi} - \text{rugi belitan maksimum belitan rotor ( watt )}$$

$$I_r^2 = \text{Arus rotor maksimum ( ampere )}$$

$$R_r = \text{Resistansi belitan rotor ( Ohm )}$$

## G. Daya Keluaran Generator Sinkron

Bila ketiga kumparan armatur tidak dihubungkan atau saling terpisah maka tiap fasa atau rangkain membutuhkan dua konduktor sehingga jumlah konduktor enam, artinya setiap kabel transmisi enam konduktor. Sistem ini menjadi rumit dan mahal tidak sesuai dengan keadaan untuk penhematan konduktor. Metode penhubung kumparan ini meliputi antara lain :

### a. Hubungan Bintang ( Y )

Pada hubungan ini ujung coil dihubungkan bersama ketitik netral. Tagangan yang diinduksikan tiap belitan disebut tegangan fasa dan arusnya arus fasa .

sedangkan antara dua terminal disebut tegangan line ( $V_L$ ). Dan arus yang mengalir adalah arus line ( $I_L$ ), maka daya keluaran generator adalah :

$$\text{Daya Total } (P_t) = 3 \times \text{daya fasa} \dots \dots \dots (8)$$

$$P_{\text{fasa}} = V_{\text{ph}} \times I_L \cos \phi \dots \dots \dots (9)$$

$$P_t = 3 \times V_{\text{ph}} \times I_L \cos \phi \dots \dots \dots (10)$$

Dimana :

$$V_{\text{ph}} = \frac{V_L}{\sqrt{3}} \dots \dots \dots (11)$$

Maka daya total menjadi :

$$P_t = 3 \times \frac{V_L}{\sqrt{3}} \times I_L \cos \phi \dots \dots \dots (12)$$

$$P_t = \sqrt{3} \times V_L \times I_L \cos \phi \dots \dots \dots (13)$$

**b. Hubungan Delta ( $\Delta$ )**

$$\text{Daya Total } (P_t) = 3 \times V_L \times I_{\text{ph}} \cos \phi \dots \dots \dots (14)$$

$$\text{Daya Perfasa} = V_L \times I_{\text{ph}} \cos \phi \dots \dots \dots (15)$$

Dimana :

$$I_{\text{ph}} = \frac{I_L}{\sqrt{3}} \dots \dots \dots (16)$$

$$I_{\text{ph}} = \frac{I_L}{\sqrt{3}} \times V_L \times \cos \phi \dots \dots \dots (17)$$

$$P_t = \sqrt{3} \times I_L \times V_L \dots \dots \dots (18)$$

## H. Polaritas Transformator

Dengan melihat cara melilit kumparan transformator dapat ditentukan arah tegangan induksi yang dibangkitkan serta polaritas transformator tersebut. Bila kumparan primer yang merupakan kumparan tegangan tinggi diberi tegangan, cara melihat seperti gambar 2.14 akan menghasilkan arah tegangan induksi seperti ditunjukkan masing-masing anak panah. Artinya terminal  $T_1(+)$  mempunyai polaritas yang sama dengan terminal  $R_1(+)$ , sedangkan  $T_2(-)$  mempunyai polaritas yang sama dengan  $R_2(-)$ , bentuk polaritas diatas dikenal dengan polaritas pengurangan. Bila polaritas  $T_1(+)=R_2(+)$  dan  $T_2(-)=R_1(-)$ , berarti cara melilit kumparan tegangan rendah  $R_1 R_2$  sebaliknya dari gambar 2.14, dan hubungan ini disebut polaritas penjumlahan.



Gambar 2.14 Tes polaritas transformator

Untuk mengetahui apakah suatu transformator mempunyai polaritas pengurangan atau penjumlahan, dilakukan pengukuran sebagai berikut:

1. Berilah masukan tegangan pada kumparan tegangan tinggi.
2. Ukurlah tegangan terminal tersebut ( $V_{TT}$ ).
3. Hubungkan terminal  $T_1$  dengan  $R_1$ .

4. Ukurlah tegangan antara terminal  $T_1$  dengan dengan  $R_2$  ( $V_x$ ).

Maka bila :  $V_x < V_{TT}$  disebut polaritas pengurangan

$V_x > V_{TT}$  disebut polaritas penjumlahan

### I. Jatuh Tegangan

Jatuh tegangan merupakan besarnya tegangan yang hilang pada suatu penghantar. Jatuh tegangan pada saluran tenaga listrik secara umum berbanding lurus dengan panjang saluran dan beban serta berbanding terbalik dengan luas penampang penghantar. Besarnya jatuh tegangan dinyatakan baik dalam persen atau dalam besaran Volt. Besarnya batas atas dan bawah ditentukan oleh kebijaksanaan perusahaan kelistrikan. Perhitungan jatuh tegangan praktis pada batas-batas tertentu dengan hanya menghitung besarnya tahanan masih dapat dipertimbangkan, namun pada sistem jaringan khususnya pada sistem tegangan menengah masalah induktansi dan kapasitansinya diperhitungkan karena nilainya cukup berarti

Sesuai dengan standar tegangan yang ditentukan oleh PLN (SPLN), perancangan jaringan dibuat agar jatuh tegangan di ujung diterima 10%. Tegangan jatuh pada jaringan disebabkan adanya rugi tegangan akibat hambatan listrik ( $R$ ) dan reaktansi ( $X$ ). Jatuh tegangan phasor  $V_d$  pada suatu penghantar yang mempunyai impedansi ( $Z$ ) dan membawa arus ( $I$ ) dapat dijabarkan dengan rumus :

$$V_d = I.Z \dots\dots\dots (19)$$

Dalam pembahasan ini yang dimaksudkan dengan jatuh tegangan ( $\Delta V$ ) adalah selisih antara tegangan kirim ( $V_k$ ) dengan tegangan terima ( $V_T$ ), maka jatuh tegangan dapat didefinisikan adalah :

$$\Delta V = V_k - V_T \dots\dots\dots (20)$$

Karena adanya resistansi pada penghantar maka tegangan yang diterima konsumen ( $V_r$ ) akan lebih kecil dari tegangan kirim ( $V_s$ ), sehingga tegangan jatuh ( $V_{drop}$ ) merupakan selisih antara tegangan pada pangkal pengiriman (sending end) dan tegangan pada ujung penerimaan (receiving end) tenaga listrik. Tegangan jatuh relatif dinamakan regulasi tegangan  $V_R$  (*voltage regulation*) dan dinyatakan oleh rumus :

$$V_R = \frac{V_s - V_r}{V_r} \times 100\% \dots\dots\dots (21)$$

Dimana :

$V_s$  = tegangan pada pangkal pengiriman

$V_r$  = tegangan pada ujung penerimaan

Untuk menghitung jatuh tegangan, diperhitungkan reaktansinya, maupun faktor dayanya yang tidak sama dengan satu, maka berikut ini akan diuraikan cara perhitungannya. Dalam penyederhanaan perhitungan, diasumsikan beban-bebannya merupakan beban fasa tiga yang seimbang dan faktor dayanya ( $\text{Cos } \phi$ ) antara 0,6 s/d 0,85. tegangan dapat dihitung berdasarkan rumus pendekatan hubungan sebagai berikut :

$$(\Delta V) = I ( R \cdot \cos \varphi + X \cdot \sin \varphi ) L \dots\dots\dots (22)$$

Dimana :

I = Arus beban ( Ampere )

R = Tahanan rangkaian ( Ohm )

X = Reaktansi rangkaian ( Ohm )



## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

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

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

Sasaran yang ingin dicapai pada penelitian ini selama 2 bulan untuk menganalisis generator sinkron tiga fasa daya kecil.

##### **2. Tempat penelitian**

Tempat penelitian ini dilakukan di laboratorium teknik elektro Universitas Muhammadiyah Makassar

#### **B. Tahapan Penelitian**

Tahapan yang dilakukan dalam penelitian analisis generator sinkron tiga fasa daya kecil, yaitu :

##### **1. Studi pendahuluan**

Mengadakan bimbingan dengan dosen pembimbing mengenai judul dan topik pembahasan yang diarahkan untuk dapat menganalisis generator sinkron tiga fasa dengan daya kecil.

##### **2. Data kepustakaan**

Pengumpulan data-data dengan jalan membaca dan mempelajari berbagai literatur-literatur, tulisan-tulisan, dan bahan-bahan kuliah yang diperoleh selama mengikuti perkuliahan guna memperoleh landasan teori yang berkaitan dengan materi yang menjadi pembahasan dalam penulisan tugas akhir ini.



### 3. Penelitian Lapangan (*field research*)

Penelitian yang dilakukan secara langsung terhadap objek penelitian yaitu analisis generator sinkron tiga fasa daya kecil.

### 4. Tahap Perancangan

Dalam perancangan alat tugas akhir yang berjudul “Analisis Generator Sinkron Tiga Fasa Daya Kecil”. maka dibuat blok diagram ditunjukkan pada gambar 3.1 dibawah ini :



Gambar 3.1 Blok diagram alat

### C. Alat dan Bahan Perancangan

Adapun alat-alat yang sangat penting pada analisis rancangan generator sinkron tiga fasa daya kecil adalah sebagai berikut :

#### a. Alat

Tabel 3.1 Alat yang di gunakan dalam analisis perancangan generator sinkron tiga fasa daya kecil

No	Alat	Jumlah
1	Obeng	1 buah
2	Tang kombinasi	1 buah
3	Solder	1 buah
4	Bor	1 buah
5	Mistar	1 buh
6	Gergaji kayu	1 buah
7	Gergaji besi	1 buah

b. Bahan

Tabel 3.2 Bahan yang di gunakan dalam perancangan generator

No	Bahan	Jumlah
1	Alternator mobil	1 buah
2	Motor listrik AC	1 Buah
3	Transformator	3 Buah
4	Kabel	Secukupnya
5	Paku	Secukupnya
6	Baut	Secukupnya
7	Balok	Secukupnya
8	Saklar	1 Buah

**D. Diagram alir ( Flowchart )**

Flowchart adalah suatu metode untuk menggambarkan tahap– tahap pemecahan masalah dengan mempresentasikan simbol – symbol tertentu yang mudah dimengerti. Tujuan utama dari penggunaan flowchart adalah untuk menggambarkan suatu tahapan penyelesaian masalah secara sederhana , terurai dan jelas menggunakan symbol – symbol yang standart.



Gambar 3.2 Flowchart Penelitian

## **BAB IV**

### **HASIL DAN ANALISIS**

#### **A. Umum**

Langkah awal dilakukan dalam menganalisis rancangan generator sinkron tiga fasa daya kecil, adalah perhitungan besaran-besaran generator yang dapat menentukan tegangan, arus, dan daya generator. Selanjutnya melakukan pengujian pada saat beban nol dan pada saat berbeban.

##### **1. Percobaan Beban Nol**

Pada percobaan beban nol, rotor di putar dengan oleh mesin penggerak. kumparan medan diberi arus searah, sedangkan terminal di terminal tidak dihubungkan sehingga  $I_a=0$  dan  $N = \text{konstan}$ . Pada percobaan ini mesin sinkron akan bekerja sebagai generator dan mesin penggerak mulanya digunakan motor AC. Dengan memberikan putaran pada rotor generator sinkron dan rotor diberi arus  $I_f$ , maka tegangan akan terinduksikan dengan kumparan jangkar yang terdapat di stator. Bila generator dalam keadaan tanpa beban maka arus tidak akan mengalir pada belitan jangkarnya. Oleh karena itu pada beban nol pengaruh reaksi jangkar tidak ada.

##### **2. Percobaan Berbeban**

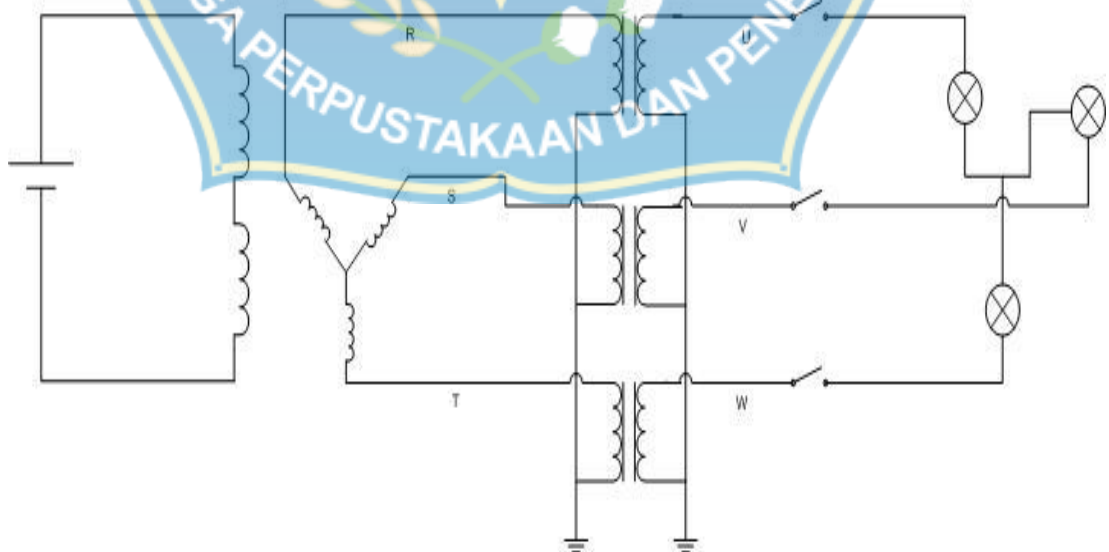
Pada percobaan berbeban dilakukan bertujuan untuk menentukan dan menggambarkan hubungan arus dan tegangan sebagai fungsi dari generator yang berputar pada putaran nominal dalam keadaan generator berbeban.

## B. Realisasi

Untuk menganalisis rancangan generator sinkron tiga pisa daya kecil yaitu melakukan memodifikasi sebuah alternator. Memodifikasi sebuah alternator menggunakan alat seperti alternator mobil, Motor kapasitor, Transformator dan , Power supply.



Gambar 4.1 Rangkaian alat secara fisik



Gambar 4.2 Rangkaian Generator eksitasi terpisah

Alat untuk memodifikasi alternator DC menjadi generator tiga fasa antara lain

#### 1. Alternator mobil

Alternator mobil merupakan salah satu aplikasi dari generator dc. Alternator sendiri terdiri dari komponen-komponen seperti gabungan kutub magnet yang dinamakan rotor, yang didalamnya terdapat kumparan kawat magnet yang dinamakan stator.



Gambar 4.3 Alternator mobil

#### 2. Motor kapasitor

Motor ini memiliki kapasitor mulai ketik seri dengan bantu berliku seperti motor mulai kapasitor untuk tinggi mulai torsi.juga memiliki tipe menjalankan kapasitor yang ada di seri dengan tambahan berliku setelah kapasitor mulai diaktifkan keluar dari sirkuit.



Gambar 4.4 Motor Kapasitor

### 3. Transformator

Komponen yang berfungsi untuk mentransfer sumber energy atau tenaga dari suatu rangkaian AC ke rangkaian lainnya. Perpindahan/transfer energy tersebut bisa menaikkan atau menurunkan energy yang ditransfer, hal ini disesuaikan dengan kebutuhan. Untuk menaikkan tegangan dibutuhkan trafo step-up sedangkan untuk menurunkan tegangan dibutuhkan trafo step-down.



Gambar 4.5 Transformator

### 4. Power supply

Power supply yang digunakan dalam perancangan ini adalah :

Model : LTC-96W

Input : 110 V – 240 Volt AC

: 50/60 Hz 1,5 A MAX

Output : 12/15/16/18/19 /20/22/24 Volt DC

: 4,5 A MAX



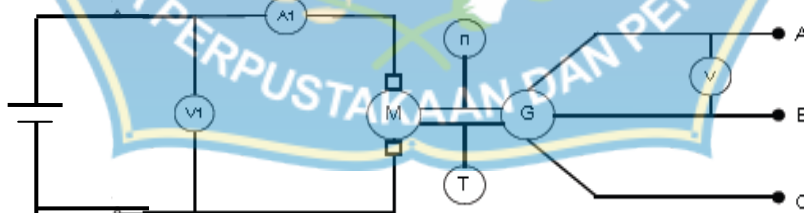
Gambar 4.6 Power Supply

power supply ini sebenarnya menggunakan prinsip penyearah tegangan AC dari 220 Volt ke tegangan DC 12 Volt, Prinsip penyearah power supply banyaksama dengan charger HP.

### C. Pengujian Alat

#### a. Percobaan Beban Nol

Melakukan percobaan dengan sesuai prosedur yang digambarkan pada gambar 4.5 dibawah ini dan data hasil percobaan.



Gambar 4.7 Rangkaian percobaan beban nol



### 1. Data percobaan beban nol fasa ke netral

Pengujian dilakukan pada generator 3 fasa dengan putaran generator tetap maka dihasilkan data keluaran tegangan keluaran fasa ke netral seperti ditunjukkan pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Data hasil percobaan beban nol fasa ke netral

Putaran (rpm)	Tegangan keluaran (v)		
	R-N	S-N	T-N
1435	7,6	7,7	7,8

### 2. Data percobaan nol fasa ke fasa

Pengujian dilakukan pada generator 3 fasa dengan putaran generator tetap maka dihasilkan data keluaran tegangan keluaran fasa ke fasa seperti ditunjukkan pada tabel 4.2.

Tabel 4.2 Data hasil percobaan beban nol fasa ke fasa

Putaran (rpm)	Tegangan keluaran (v)		
	Fasa R-S	Fasa R-T	Fasa S-T
1435	13,2	13,4	13,5

### 3. Data percobaan nol fasa ke netral setelah tegangan di naikkan

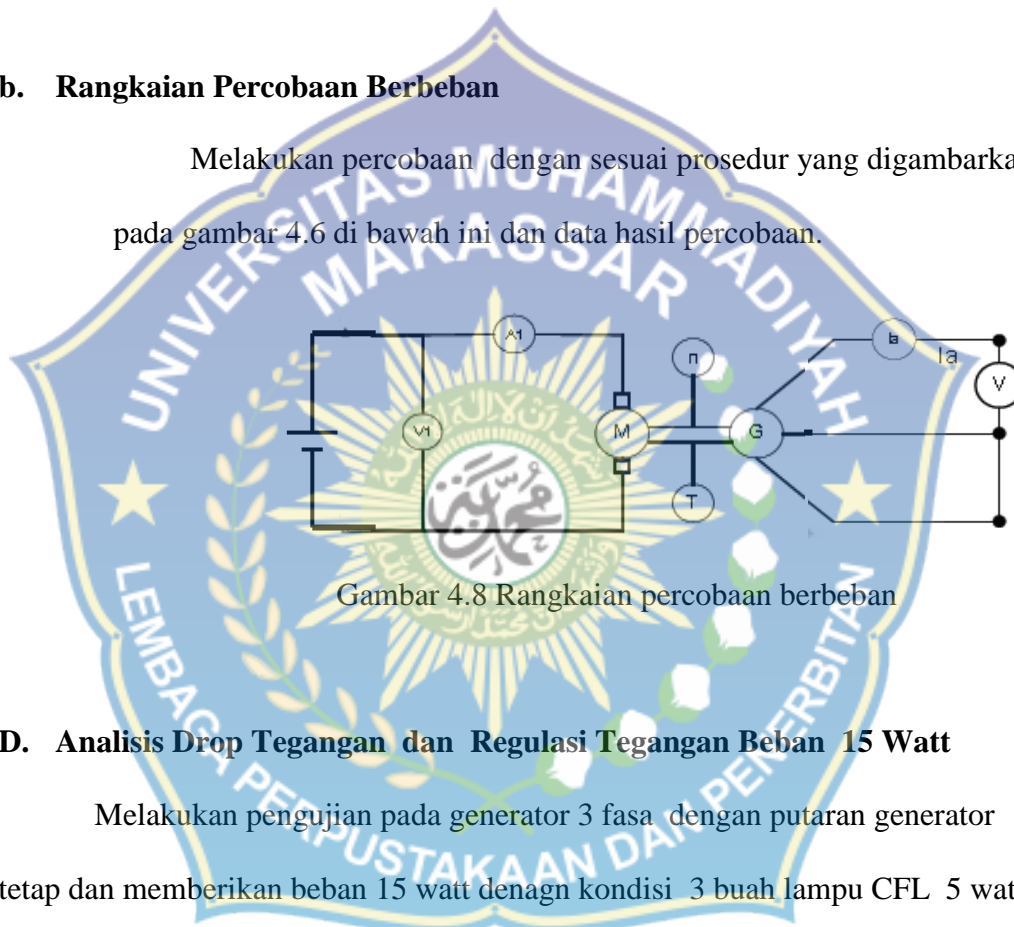
Pengujian dilakukan pada generator 3 fasa dengan putaran generator tetap maka dihasilkan data keluaran tegangan keluaran fasa ke netral setelah dinaikkan menggunakan transformator seperti ditunjukkan pada tabel 4.3.

Tabel 4.3 Data hasil percobaan beban nol tagangan di naikkan fasa ke netral

Putaran (rpm)	Tegangan keluaran (v)		
	Fasa R	Fasa S	Fasa T
1435	220	227	229

**b. Rangkaian Percobaan Berbeban**

Melakukan percobaan dengan sesuai prosedur yang digambarkan pada gambar 4.6 di bawah ini dan data hasil percobaan.



Gambar 4.8 Rangkaian percobaan berbeban

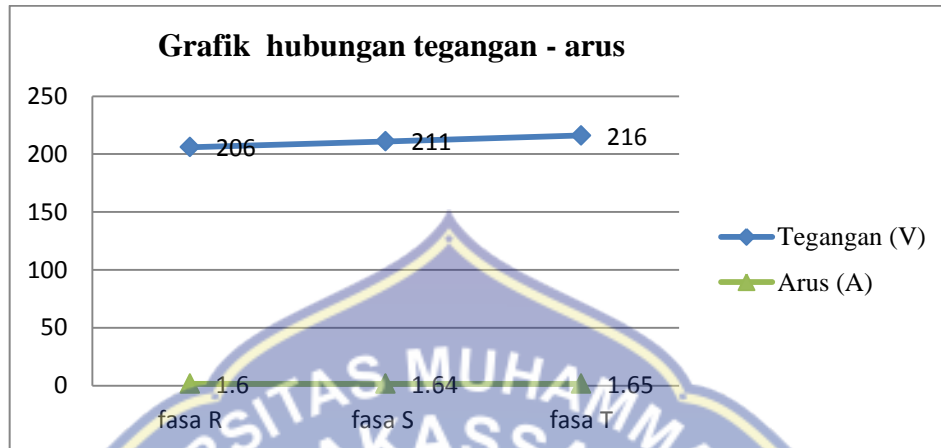
**D. Analisis Drop Tegangan dan Regulasi Tegangan Beban 15 Watt**

Melakukan pengujian pada generator 3 fasa dengan putaran generator tetap dan memberikan beban 15 watt dengan kondisi 3 buah lampu CFL 5 watt, maka dihasilkan data sebagai berikut.

Tabel 4.4 data percobaan beban 15 watt

Putaran (rpm)	Tegangan keluaran (v)			Arus (A)		
	Fasa R	Fasa S	Fasa T	R	S	T
1408	206	211	215	1,60	1,64	1,65

tabel 4.4 dapat digambarkan grafik hubungan antara tegangan terhadap arus pada gambar 4.9.



Gambar 4.9 Grafik hubungan antara tegangan dan arus beban 15 watt

Dari gambar 4.9 grafik menunjukkan pada saat generator diberi beban 15 watt dengan putara generator 1408 rpm. Maka tegangan keluaran fasa R 206 volt dan arus 1,6 A. Keluaran tegangan pada fasa S 211 volt dan arus 1,64 A, sedangkan tegangan keluaran pada fasa T 216 volt dan arus 1,65 Ampere. Dari grafik diatas menunjukkan hubungan berbanding lurus, semakin besar tegangan keluaran generator yang dihasilkan semakin besar pula arusya keluarnya.

Dari data pengujian generator dapat dihitung besarnya drop tegangan dan faktor regulasi tegangan. Persamaan yang digunakan adalah:

$$\% \text{ reg} = \frac{V(\text{beban nol}) - V(\text{berbeban})}{V(\text{berbeban})} \times 100\%$$

Fasa R

Jatuh tegangan

$$\Delta V = V(\text{beban nol}) - V(\text{berbeban})$$

$$\Delta V = 220 - 206$$

$$= 14 \text{ Volt}$$

$$= 6,36\%$$

Regulasi tegangan

$$\% \text{ Reg} = \frac{V(\text{beban nol}) - V(\text{berbeban})}{V(\text{berbeban})} \times 100\%$$

$$\% \text{ Reg} = \frac{220 - 206}{206} \times 100\%$$

$$= 6,8 \%$$

Fasa S

Jatuh tegangan

$$\Delta V = V(\text{beban nol}) - V(\text{berbeban})$$

$$\Delta V = 227 - 211$$

$$= 16 \text{ Volt}$$

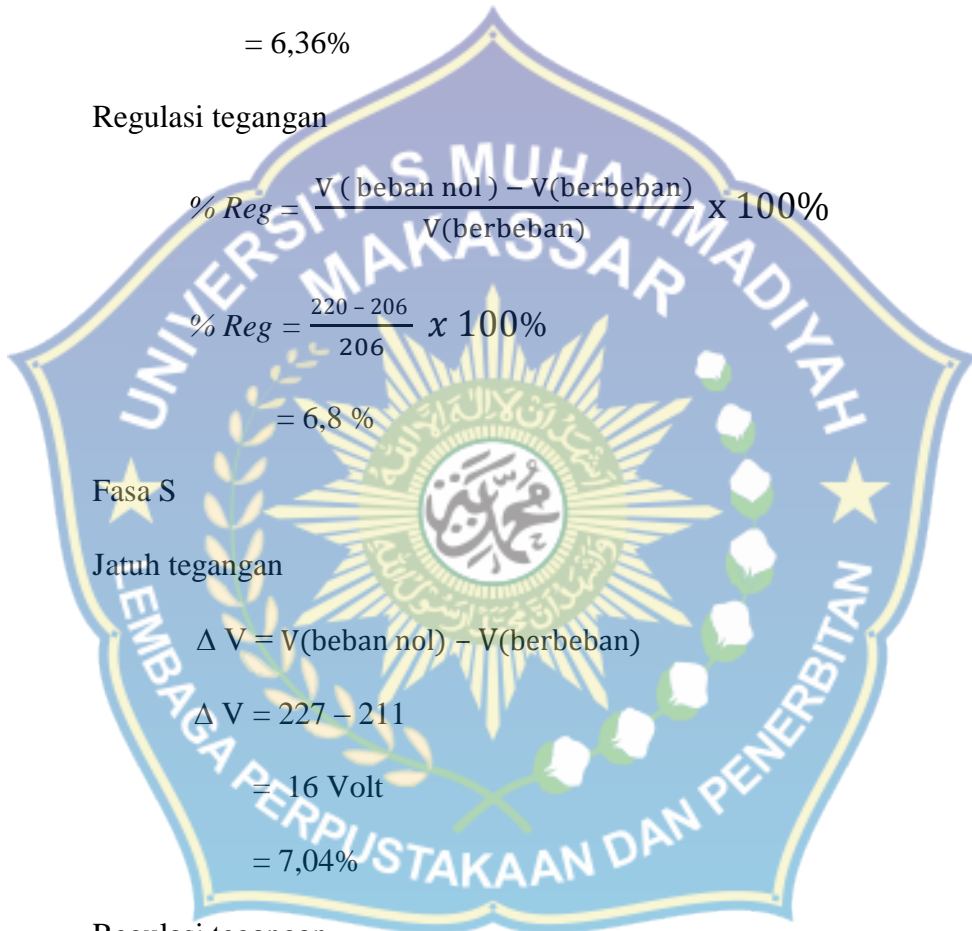
$$= 7,04\%$$

Regulasi tegangan

$$\text{Reg} = \frac{V(\text{beban nol}) - V(\text{berbeban})}{V(\text{berbeban})} \times 100\%$$

$$\text{Reg} = \frac{227 - 211}{211} \times 100\%$$

$$\text{Reg} = 7,5 \%$$



Fasa T

Jatuh tegangan

$$\Delta V = V(\text{beban nol}) - V(\text{berbeban})$$

$$\Delta V = 229 - 215$$

$$= 14 \text{ Volt}$$

$$= 6,11\%$$

Regulasi tegangan

$$Reg = \frac{V(\text{beban nol}) - V(\text{berbeban})}{V(\text{berbeban})} \times 100\%$$

$$Reg = \frac{229 - 215}{215} \times 100$$

$$= 6,51\%$$

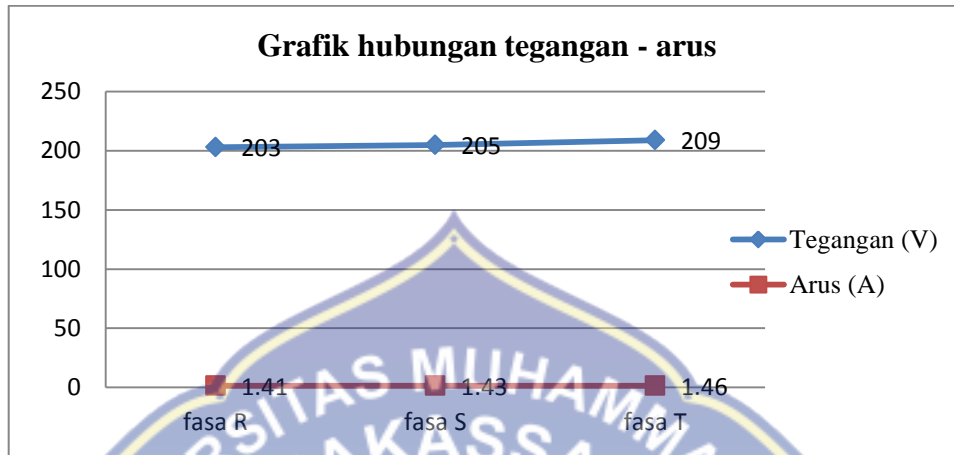
#### E. Analisis Drop Tegangan dan Regulasi Tegangan Beban 24 Watt

Pengujian dilakukan terhadap generator 3 fasa, beban yang diberikan adalah 24 watt dengan kondisi 3 buah lampu CFL 8 watt (8 watt setara 40 watt lampu pijar) dengan putaran generator tetap. Maka dihasilkan data sebagai berikut :

Tabel 4.5 data percobaan beban 24 watt

Putaran (rpm)	Tegangan keluaran (v)			Arus (A)		
	Fasa R	Fasa S	Fasa T	R	S	T
1408	203	205	209	1,41	1,43	1,46

tabel 4.5 dapat digambarkan grafik hubungan antara tegangan terhadap arus pada gambar 4.10.



Gambar 4.10 Grafik hubungan tegangan dan arus beban 24 watt

Dari gambar 4.10 grafik menunjukkan pada saat generator diberi beban 24 watt dengan putara generator 1408 rpm. Maka tegangan keluaran fasa R 203 volt dan arus 1,41 A. Keluaran terganngan pada fasa S 205 volt dan arus 1,43 A, sedangkan tegangan keluaran pada fasa T 209 volt dan arus 1,46 Ampere. Dari grafik diatas menunjukkan hubungan berbanding lurus, semakin besar tegangan keluaran generator yang dihasilkan semakin besar pula arusya keluarnya.

Dari data pengujian generator dapat dihitung besarnya drop tegangan dan faktor regulasi tegangan. Persamaan yang digunakan adalah:

$$\% \text{ reg} = \frac{V(\text{beban nol}) - V(\text{berbeban})}{V(\text{berbeban})} \times 100\%$$

Fasa R

Jatuh tegangan

$$\Delta V = V(\text{beban nol}) - V(\text{berbeban})$$

$$\Delta V = 220 - 203$$

$$= 17 \text{ volt}$$

$$= 7,72\%$$

Tegangan regulasi

$$Reg = \frac{V(\text{beban nol}) - V(\text{berbeban})}{V(\text{berbeban})} \times 100\%$$

$$Reg = \frac{220 - 203}{203} \times 100\%$$

$$= 8,3 \%$$

Fasa S

Jatuh tegangan

$$\Delta V = V(\text{beban nol}) - V(\text{berbeban})$$

$$\Delta V = 227 - 205$$

$$= 22 \text{ volt}$$

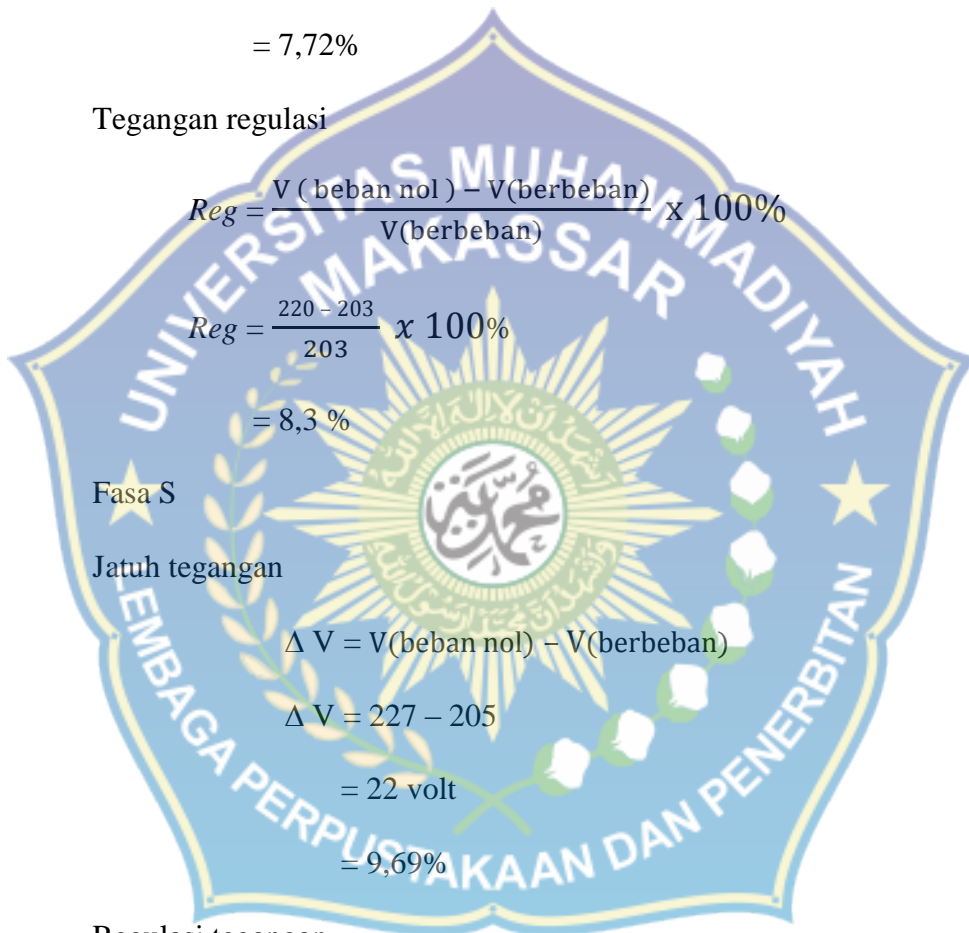
$$= 9,69\%$$

Regulasi tegangan

$$Reg = \frac{V(\text{beban nol}) - V(\text{berbeban})}{V(\text{berbeban})} \times 100\%$$

$$Reg = \frac{227 - 205}{205} \times 100\%$$

$$= 10,72 \%$$



Fasa T

Jatuh tegangan

$$\Delta V = V(\text{beban nol}) - V(\text{berbeban})$$

$$\Delta V = 229 - 209$$

$$= 20 \text{ volt}$$

$$= 6,68\%$$

Regulasi tegangan

$$Reg = \frac{V(\text{beban nol}) - V(\text{berbeban})}{V(\text{berbeban})} \times 100\%$$

$$Reg = \frac{229 - 209}{209} \times 100\%$$

$$= 9,57\%$$

#### F. Analisis Drop Tegangan dan Regulasi Tegangan Beban 36 Watt

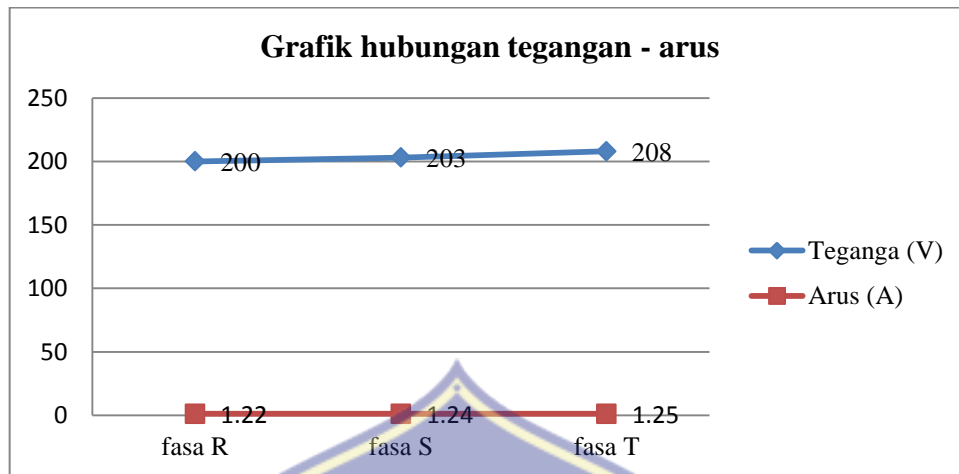
Pengujian dilakukan terhadap generator 3 fasa, beban yang diberikan adalah 36 watt dengan kondisi 3 buah lampu CFL 12 watt (setara lampu pijar 65 watt) dengan putaran generator tetap. Maka dihasilkan data sebagai berikut:

Tabel 4.6 data percobaan beban `36 watt

Putaran (rpm)	Tegangan keluaran (v)			Arus (A)		
	Fasa R	Fasa S	Fasa T	R	S	T
1408	200	203	208	1,22	1,24	1,25

tabel 4.6 dapat digambarkan grafik hubungan antara tegangan terhadap arus pada gambar 4.11 dibawah ini.





Gambar 4.11 Grafik hubungan tegangan dan arus beban 36 watt

Dari gambar 4.11 grafik menunjukkan pada saat generator diberi beban 36 watt dengan putara generator 1408. Maka tegangan keluaran fasa R 200 volt dan arus 1,22 A. Keluaran terganngan pada fasa S 203 volt dan arus 1,24 A, sedangkan tegangan keluaran pada fasa T 208 volt dan arus 1,46 Ampere. Dari grafik diatas menunjukkan hubungan tegangan berbanding lurus dengan arus, semakin besar tegangan keluaran generator yang dihasilkan semakin besar pula arusya keluaranya.

Dari data pengujian generator dapat dihitung besarnya drop tegangan dan faktor regulasi tegangan. Persamaan yang digunakan adalah:

$$\% \text{ reg} = \frac{V(\text{beban nol}) - V(\text{berbeban})}{V(\text{berbeban})} \times 100\%$$

Fasa R

Jatuh tegangan

$$\Delta V = V(\text{beban nol}) - V(\text{berbeban})$$

$$\Delta V = 220 - 200$$

$$= 20 \text{ volt}$$

$$= 9,09\%$$

Tegangan regulasi

$$Reg = \frac{V(\text{beban nol}) - V(\text{berbeban})}{V(\text{berbeban})} \times 100\%$$

$$Reg = \frac{220 - 200}{200} \times 100\%$$

$$= 10\%$$

Fasa S

Jatuh tegangan

$$\Delta V = V(\text{beban nol}) - V(\text{berbeban})$$

$$\Delta V = 227 - 203$$

$$= 24 \text{ volt}$$

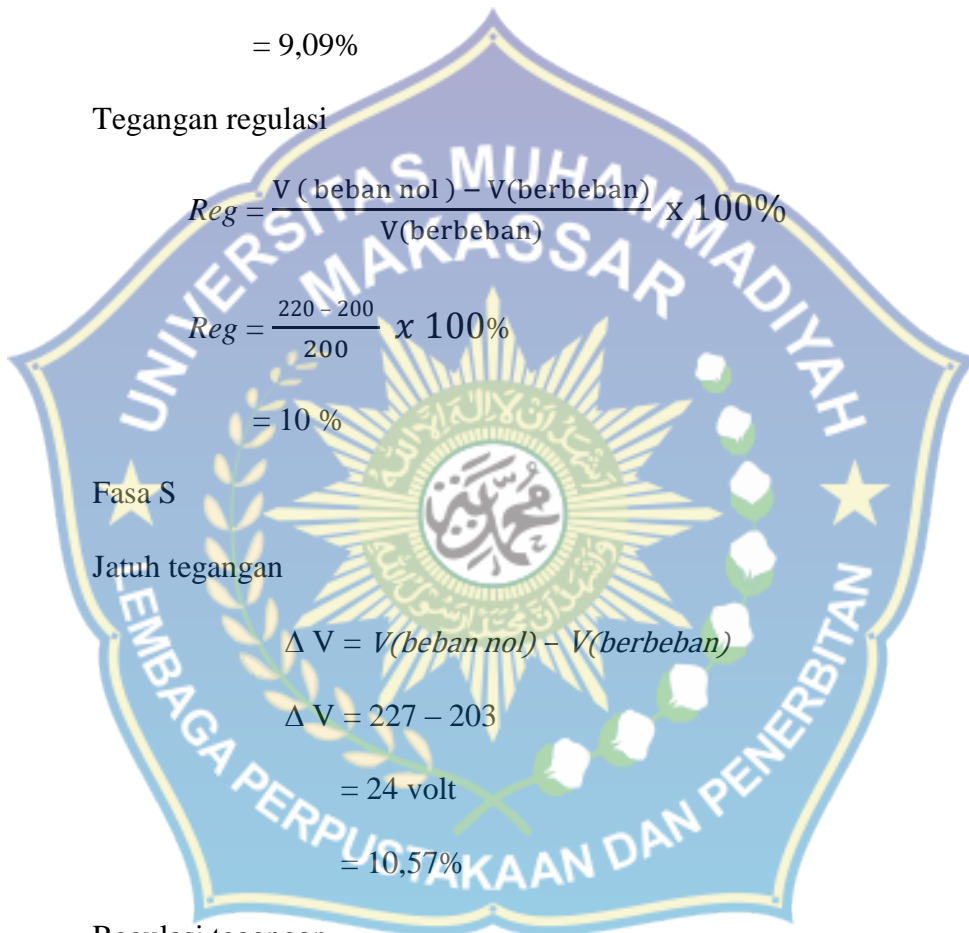
$$= 10,57\%$$

Regulasi tegangan

$$Reg = \frac{V(\text{beban nol}) - V(\text{berbeban})}{V(\text{berbeban})} \times 100\%$$

$$Reg = \frac{227 - 203}{203} \times 100\%$$

$$= 11,82\%$$



Fasa T

Jatuh tegangan

$$\Delta V = V(\text{beban nol}) - V(\text{berbeban})$$

$$\Delta V = 229 - 208$$

$$= 21 \text{ volt}$$

$$= 9,17$$

Regulasi tegangan

$$Reg = \frac{V(\text{beban nol}) - V(\text{berbeban})}{V(\text{berbeban})} \times 100\%$$

$$Reg = \frac{229 - 208}{208} \times 100\%$$

$$= 10,09 \%$$

## G. Perhitungan Frekuensi generator

### 1. Pada saat beban nol

Diketahui kecepatan generator : 1435 rpm

Jumlah kutub : 4 kutub

Maka :

$$n = \frac{120 \times f}{P}$$

$$1435 = \frac{120 \times f}{4}$$

$$f = \frac{1435 \times 4}{120}$$

$$f = \frac{5740}{120}$$

$$f = 47,83 \text{ Hz}$$

## 2. Frekuensi pada saat berbeban

Kecepatan putar generator ( $n$ ) = 1408 rpm

Jumlah kutub ( $p$ ) = 4 kutub

Maka :

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

$$1408 = \frac{120 \times f}{p}$$

$$f = \frac{1408 \times 4}{120}$$

$$f = 46,93 \text{ Hz}$$

## H. BATAS JATUH TEGANGAN

Dengan menggunakan standar PUIL 2000 batas jatuh tegangan yang di iijinkan yaitu 5% dari tegangan nominal.

a. Pada saat tegangan 220 volt

$$= 220 \times \frac{5}{100}$$

$$= 11 \text{ volt}$$

$$= 220 - 11$$

Batas jatuh tegangan = 209 volt

b. Pada saat tegangan 227 volt

$$= 227 \times \frac{5}{100}$$

$$= 11,35 \text{ volt}$$

$$= 227 - 11,35$$

$$\text{Batas jatuh tegangan} = 215,65 \text{ volt}$$

c. Pada saat tegangan 229 volt

$$= 229 \times \frac{5}{100}$$

$$= 11,45 \text{ volt}$$

$$= 229 - 11,45$$

$$\text{Batas jatuh tegangan} = 217,55 \text{ volt}$$

Tabel 4.7 perbandingan jatuh tegangan

Tegangan nominal	Jatuh tegangan yang diijinkan	jatuh tegangan percobaan	keterangan
200 volt	209 volt	200 volt	Tidak sesuai
227 volt	215,65 volt	203 volt	Tidak sesuai
229 volt	217,55 volt	208 volt	Tidak sesuai

Dengan membandingkan data hasil percobaan, batas jatuh tegangan yang diijinkan tidak sesuai dengan standar PUIL 2000 yang ditetapkan di sebabkan karena pada saat generator di beri beban, putaran speed generator turun.

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **A. Kesimpulan**

Kesimpulan yang diambil pada analisis perancangan genrator sinkron tiga fasa daya kecil, setelah pengujian adalah:

1. Generator 3 fasa yang dirancang menghasilkan putaran 1435 dengan frekuensi 47,83 Hz dan pada saat berbeban turun menjadi 46,93 Hz
2. Generator 3 fasa dengan putaran 1435 rpm menghasilkan tegangan tanpa beban 220 volt sampai 229 volt, Sedangkan pada saat berbeban putaran generator turun menjadi 1408 rpm.
3. Nilai regulasi tegangan dengan beban lampu 15 watt dengan kondisi 3 buah lampu CFL 5 watt adalah antara 6,51% sampai 7,5% dengan dop tegangan 14 volt sampai 16 volt.
4. Nilai regulasi tegangan dengan beban lampu CFL 24 watt dengan kondisi 3 buah lampu 8 watt adalah antara 8,3% sampai 10,73% dengan dop tegangan 17 volt sampai 22 volt.
5. Nilai regulasi tegangan dengan beban lampu CFL 36 watt dengan kondisi 3 buah lampu CFL 12 watt (setara 75 watt lampu pijar) adalah antara 10% sampai 11,82% dengan dop tegangan 20 volt sampai 24 volt.

## **B. Saran**

Setelah melakukan penelitian diperoleh beberapa hal yang dapat dijadikan untuk melakukan penelitian lebih lanjut,yaitu:

1. Penelitian mengenai analisis generator sinkron tiga fasa daya kecil ini dapat dikembangkan lebih lanjut.sebagai contoh dengan mensinkronkan dua generator.
2. Sebaiknya untuk pemutar awal generator menggunakan motor DC agar putaran generator bisa mencapai 1500 rpm.

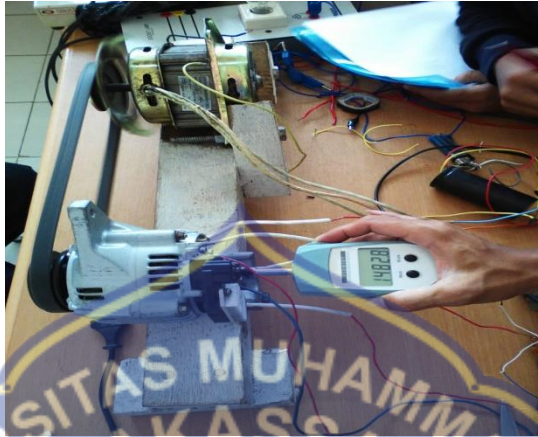


## DAFTAR PUSTAKA

- Hasyim Asy'ari, Jatmiko, Aziz Ardiyatmoko. 2012. *Desain Generator Magnet Permanen Kecepatan Rendah Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Angin Atau Bayu (PLTB)* . Surakarta : Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Jerkovic, V., Miklosevic, K., Zeljko, S., 2010, *Excitation System Models of Synchronous Generator*, Faculty of Electrical Engineering Osijek, Croatia
- Margana, Oong Iban S. 2009. *Perancangan dan Pembuatan Generator Aksial Putaran Rendah dengan Kontrol Switch Proses Charging*. Universitas Muhammadiyah Malang
- Sulasno, 2003. *Dasar Konversi Energi*. Semarang: Badan Penerbit Universitas Diponegoro
- Sumanto, DRS, *Motor Listrik Arus Bolak- Balik*, Edisi Pertama, Penerbit Andi Offset, Yogyakarta, 1993.
- Upadhyay, K.G. 2004. *Conventional and Computer Aided Design of Electrical Engineering*. New Delhi: Galgotia Publications Pvt. Ltd



## LAMPIRAN



Pengujian putaran generator menggunakan thacometer



Pengukuran tes polaritas trafo



Perakitan alat



Pengujian alat