



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Unand.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Unand.

PERANCANGAN GENERATOR RELUKTANSI DESAIN KHUSUS DENGAN EKSUASI LISTRIK DC

SKRIPSI



**RENOLD AULIA
05175088**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ANDALAS
PADANG
2012**

**PERANCANGAN GENERATOR RELUKTANSI DESAIN
KHUSUS DENGAN EKSITASI LISTRIK DC**

**LAPORAN
TUGAS AKHIR**



Oleh:

Renold Aulia
No BP. 05 175 088

Dosen Pembimbing:

Andi Pawawoi, MT.
NIP. 197010171998021002



**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ANDALAS
PADANG
2012**

LEMBAR PENGESAHAN

PERANCANGAN GENERATOR RELUKTANSI DESAIN KHUSUS DENGAN EKSITASI LISTRIK DC

Oleh :

RENOLD AULIA

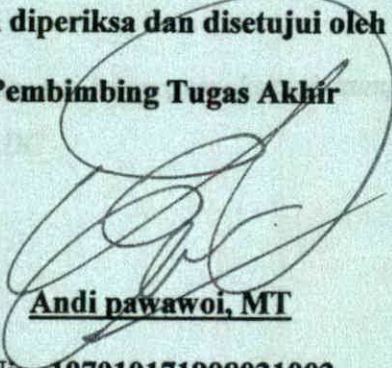
BP. 05175088

Lulus siding tugas akhir tanggal :

31 januari 2012

Telah diperiksa dan disetujui oleh ;

Pembimbing Tugas Akhir



Andi pawawoi, MT

Nip. 197010171998021002

2.2. Hukum Faraday dan Terjadinya GGL Induksi	15
2.3. Hubungan reluktansi dengan gaya gerak listrik.....	18

BAB III METODOLOGI PENELITIAN DAN TAHAPAN PENELITIAN

3.1 Studi Kepustakaan	21
3.2 Perancangan Dan Pembuatan Generator.....	21
3.3 Proses Fabrikasi Atau Pembuatan Alat.....	24
3.4 Dimensi Dan Perhitungan Konstruksi Generator	25
3.4.1 Dimensi Stator	25
3.4.2 Dimensi rotor.....	26
3.5 perhitungan fliks magnetic dan GGI induksi	27
3.5.1 kondisi fluks maksimum.....	28
3.5.2 kondisi fluks minimum.....	29
3.5.3 GGL induksi yang dihasilkan	30
3.6 Pengujian	32
3.6.1 Pengujian Konfigurasi	33
3.6.2 Pengujian Tanpa Beban	33
3.6.3 Pengujian Berbeban	34
3.6.4 Pengujian Hubung Singkat	35
3.7 Analisa	36

BAB IV HASIL DAN ANALISA

4.1 Data dan hasil pengujian	39
4.1.1 Data Hasil Pengujian Generator Pada Kondisi Tanpa Beban.....	40

DAFTAR GAMBAR

<i>Gambar 2.1 Medan Magnet Diproduksi oleh arus di sebuah konduktor</i>	<i>7</i>
<i>Gambar 2.2 Waktu-tangan Aturan untuk kanan tercatat Konduktor</i>	<i>7</i>
<i>Gambar 2.3 Kawat penghantar melingkar</i>	<i>8</i>
<i>Gambar 2.4. Bentuk medan magnet pada penampang belah belitan kawat.....</i>	<i>8</i>
<i>Gambar 2.5 Aturan tangan kanan untuk menentukan polaritas.....</i>	<i>9</i>
<i>Gambar 2.6 Solenoida berinti besi feromagnetik</i>	<i>12</i>
<i>Gambar 2.7 Pengaruh celah udara (air gap) terhadap reluktansi.....</i>	<i>15</i>
<i>Gambar 2.8 Celah udara pada besi feromagnetik berbrntuk C</i>	<i>15</i>
<i>Gambar 2.9 (a) rangkaian magnetik, (b) rangkaian listrik.....</i>	<i>17</i>
<i>Gambar 2.10 Ggl timbul akibat adanya perubahan garis gaya magnet</i>	<i>18</i>
<i>Gambar 2.11 Percobaan faraday dengan menggerakkan magnet</i>	
<i>di dalam kumparan</i>	<i>19</i>
<i>Gambar 3.1 Flowchart penelitian.....</i>	<i>23</i>
<i>Gambar 3.2 Konstruksi stator.....</i>	<i>25</i>
<i>Gambar 3.3 Inti yang dililiti dua kumparan, eksitasi dan jangkar.....</i>	<i>25</i>
<i>Gambar 3.4 Konstruksi rotor</i>	<i>26</i>
<i>Gambar 3.5 Poros roda sepeda</i>	<i>26</i>
<i>Gambar 3.6 Generator reluktansi desain khusus dengan kumparan eksitasi dan</i>	
<i>kumparan jangkar pada inti yang sama</i>	<i>28</i>
<i>Gambar 3.7 Dimensi inti stator</i>	<i>28</i>

<i>Gambar 3.8 Dimensi permukaan stator.....</i>	<i>29</i>
<i>Gambar 3.9 Dimensi rotor.....</i>	<i>30</i>
<i>Gambar 3.10 Posisi rotor berada tepat di permukaan stator, reluktansi minimum dan fluks maksimum.....</i>	<i>31</i>
<i>Gambar 3.11 Stator tanpa adanya rotor diatas permukaannya, kondisi reluktansi maksimum dan fluks minimum.....</i>	<i>34</i>
<i>Gambar 3.12 Susunan inti stator.....</i>	<i>37</i>
<i>Gambar 3.13 pengujian tanpa beban</i>	<i>38</i>
<i>Gambar 3.14 Pengujian Berbeban</i>	<i>39</i>
<i>Gambar 3.15 pengujian hubung singkat.....</i>	<i>40</i>
<i>Gambar 4.1 kombinasi kutub inti pada stator (a) kombinasi utara-selatan- utara-selatan- utara-selatan; (b) kombinasi 0-0-utara-0-0-selatan.....</i>	<i>43</i>
<i>Gambar 4.2 Grafik tegangan keluaran generator pada pengujian tanpa beban.....</i>	<i>51</i>
<i>Gambar 4.3 grafik perubahan tegangan keluaran terhadap pengaruh pembebanan pada generator.....</i>	<i>52</i>
<i>Gambar 4.4 Grafik perubahan arus keluaran terhadap pengaruh pembebanan pada generator.....</i>	<i>53</i>
<i>Gambar 4.5 Grafik berdasarkan perubahan arus eksitasi (a) Grafik tegangan keluaran pada beban 20%, (b) Grafik arus keluaran tpada beban 20% , (c) Grafik tegangan keluaran pada beban 1%, (d) Grafik arus keluaran tpada beban 1%</i>	<i>54</i>

Gambar 4.6 Grafik perubahan tegangan keluaran terhadap pengaruh kecepatan rotor pada beban 1% dan eksitasi 1.5 ampere	56
Gambar 4.7 Grafik perubahan arus keluaran terhadap pengaruh kecepatan rotor pada beban 1 % dan eksitasi 1.5 ampere.....	56
Gambar 4.8 Grafik arus keluaran generator pada kondisi hubung singkat.....	57
Gambar 4.9 Grafik perbandingan daya masuk dan daya keluar	59
Gambar 4.10 (a) s/d (g) Bentuk perubahan gelombang tegangan keluaran generator dari pengaruh variasi putaran, saat eksitasi maksimal 1.5 Ampere dan beban 20%.....	63
Gambar 4.11 (a),(b) perbandingan bentuk gelombang tegangan keluaran generator pada eksitasi (a) 0.5 A dan (b) 1.5 A, saat putaran konstan 2000 rpm dan pada beban 20%.....	64
Gambar 4.12 Perbedaan bentuk gelombang tegangan keluaran generator saat (a) pengujian tanpa beban, (b)pengujian beban 20% dan (c) pengujian beban 1%, saat arus eksitasi 1.5 A dan kecepatan putaran 2000 rpm.	65

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan akan energi kian hari semakin meningkat seiring pertambahan jumlah manusia di bumi, selain itu perkembangan industri juga memberi pengaruh besar pada konsumsi energi. Energi bersih dan ramah lingkungan diperoleh dari sebuah sumber energi listrik, energi listrik dapat dikonversikan menjadi energi gerak, cahaya dan sebagainya. Selain itu listrik mudah untuk di salurkan sehingga pemanfaatan energi ini bisa dimaksimalkan.

Untuk memenuhi energi listrik ini maka diciptakan generator-generator listrik yang memproduksi listrik yang diperoleh dari konversi energi gerak. Pada generator, listrik dihasilkan akibat adanya perubahan medan magnet akibat gerakan benda feromagnetik yang kemudian dirasakan oleh coil.

Generator reluktansi adalah salah satu dari beberapa jenis generator yang ada. Generator reluktansi ini dapat dijadikan sebuah pilihan untuk pembangkitan energi dengan ketersediaan sumber energi alam yang mungkin terbatas. Generator jenis ini biasanya tidak menggunakan lilitan jangkar pada rotornya, artinya bobot rotor dapat berkurang sehingga kecepatan rotasi rotor dapat lebih besar. Generator ini dapat diimplementasikan pada turbin-turbin dengan kecepatan tinggi atau turbin dengan penambahan *gear* pada engine boxnya, salah satu contoh adalah pada turbin angin, dimana torka yang dihasilkan turbin angin terkadang tidak terlalu besar, atau turbin angin berotasi dengan kecepatan tinggi.

Pada pemodelan sebelumnya, telah dirancang generator reluktansi dengan menggunakan magnet permanen sebagai sumber eksitasinya. Generator ini

1.3 Manfaat Penelitian

Penelitian ini bermanfaat dalam menemukan alternatif-alternatif baru dibidang desain generaor untuk menghasilkan energi listrik yang maksimal dan efisien, selain itu tulisan pada penelitian ini diharapkan bisa menjadi referensi untuk mendesain generator-generator reluktansi lainnya.

1.4 Perumusan Masalah

Berdasarkan tujuan yang ingin kita capai, dan berdasarkan konstruksinya, permasalahan yang dapat dilihat dari perancangan model generator ini yaitu belum adanya keterangan-keterangan yang menjelaskan spesifikasi dan karakteristik generator, misalnya dengan konstruksi seperti rancangan generator kali ini belum diketahui berapa daya keluaran berdasarkan input daya, atau efisiensi generator. Selain itu desain generaor ini belum pernah di cobakan sehingga penting untuk diimplementasikan guna mengetahui karakteristik-karakteristiknya.

1.5 Batasan Masalah

Pada penelitian ini dibatasi permasalahannya pada :

1. Pemodelan generator reluktansi belum dirancang secara optimal sehingga perlu pengembangan lebih lanjut.
2. Pengujian dilakukan dengan variasi polaritas inti magnet
3. Pembebanan hanya menggunakan beban resistif
4. Belitan medan dan jangkarnya berada pada inti yang sama

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan penelitian ini adalah sebagai berikut :

BAB I Pendahuluan

Bab ini terdiri dari sub bab Latar Belakang, Perumusan Masalah, Tujuan, Manfaat, Metodologi Penelitian, Batasan Masalah dan Sistematika Penulisan.

BAB II Tinjauan Pustaka

Berisikan dasar-dasar pembangkitan ggl pada pickup gitar serta prinsip-prinsip pembangkitan energi listrik berdasarkan perubahan reluktansi.

BAB III Metodologi Penelitian

Bab ini menjelaskan tentang cara-cara serta tahapan-tahapan yang dilakukan dalam penelitian. Perancangan dan Pemodelan Generator mulai dari studi literatur, perancangan dan pembuatan, pengujian sampai pelaporan hasil.

BAB IV Hasil dan Analisa

Bab ini berisikan dua sub bab yaitu bab hasil pengujian dan bab analisa data-data hasil pengujian beserta penjabaran analisa data-data tersebut.

BAB V Penutup

Bab penutup ini terdiri dari kesimpulan yang didapat pada penelitian ini beserta saran-saran untuk pengembangan berikutnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Magnet dan Elektromagnetisme

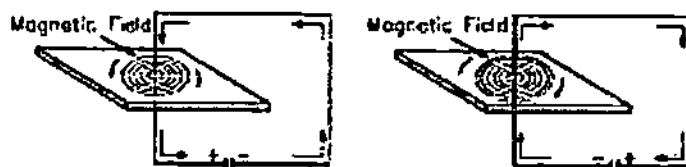
2.1.1. Fluksi Medan Magnet

Medan magnet tidak bisa dilihat kasat mata namun buktinya bisa diamati dengan kompas atau serbuk halus besi. Daerah sekitar yang ditembus oleh garis gaya magnet disebut gaya medan magnetik atau medan magnetik. Jumlah garis gaya dalam medan magnet disebut fluksi magnetik. Menurut satuan internasional besaran fluksi magnetik (Φ) diukur dalam *Weber*, disingkat *Wb* yang didefinisikan: "Suatu medan magnet serba sama mempunyai fluksi magnetik sebesar 1 weber bila sebatang penghantar dipotongkan pada garisgaris gaya magnet tersebut selama satu detik akan menimbulkan gaya gerak listrik (ggl) sebesar satu volt".

$$\text{Weber} = \text{Volt} \times \text{detik}$$

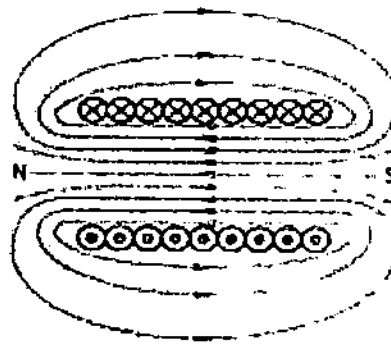
$$[\Phi] = 1 \text{ V detik} = 1 \text{ Wb}$$

Oersted (1819) menemukan bahwa jika sebuah arus listrik disebabkan mengalir melalui konduktor, maka konduktor menghasilkan medan magnet sekitar konduktor tersebut (Gambar 2.1).



Gambar 2.1 Medan Magnet Diproduksi oleh arus di sebuah konduktor [5]

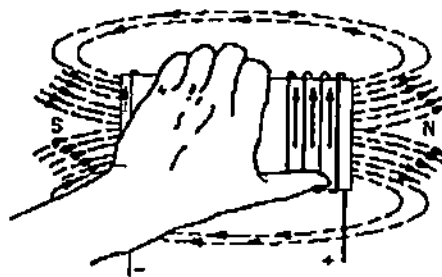
beberapa belitan kawat digulungkan membentuk sebuah coil, jika dipotong secara melintang maka terlihat arah arus ada dua jenis. Kawat bagian atas bertanda silang (meninggalkan kita) dan kawat bagian bawah bertanda titik (menuju kita).



Gambar 2.4. Bentuk medan magnet pada penampang belah belitan kawat

Menambahkan sebuah inti besi feromagnetik dalam sebuah kumparan akan meningkatkan kerapatan fluks dan sebuah inti feromagnetik yang seragam mempunyai keseragaman fluks pada seluruh bagiannya. Polaritas inti ini akan sama seperti yang dihasilkan oleh kumparan.

Hukum tangan kanan empat jari menyatakan arah arus I arah ibu jari menunjukkan kutub utara magnet.



Gambar 2.5 Aturan tangan kanan untuk menentukan polaritas [5]

2.1.3. Reluktansi dan Gaya Gerak Magnet

Oposisi terhadap produksi fluks dalam suatu material disebut reluktansi. Simbol untuk reluktansi adalah $\mathfrak{R}$, dan memiliki satuan ampere-lilit tiap weber (At/wb). Reluktansi berbanding terbalik dengan luas, yang menunjukkan bahwa semakin luas permukaan akan menghasilkan pengurangan reluktansi

$$\mathfrak{R} = \frac{l}{\mu A} \dots\dots\dots 2.1$$

Dimana $\mathfrak{R}$ adalah reluktansi, l adalah panjang lintasan magnet, dan A adalah luas potongan melintang.

Reluktansi total sama dengan rasio "kekuatan magnetomotive" (MMF) dalam rangkaian magnetik pasif dan fluks magnetiknya. Definisi ini dapat dinyatakan sebagai:

$$\mathfrak{R} = \frac{\mathcal{F}}{\phi} \dots\dots\dots 2.2$$

dimana

$\mathfrak{R}$ adalah reluktansi di ampere-lilit per weber (suatu unit yang setara dengan putaran tiap henry). "putaran" mengacu pada jumlah lilitan dari sebuah konduktor listrik terdiri dari induktor.

$\mathcal{F}$ adalah gaya magnetomotive (MMF) dalam ampere-lilit.

ϕ adalah fluks magnetik di webers.

Gaya gerak magnetik ($\mathcal{F}$) berbanding lurus dengan jumlah belitan (N) dan besarnya arus yang mengalir (I), secara singkat kuat medan magnet sebanding dengan *amper-lilit*.

$$\mathcal{F} = NI \dots\dots\dots 2.3$$

dimana

$\mathcal{F}$ = Gaya gerak magnetik

I = Arus mengalir ke belitan

N = Jumlah belitan kawat

Fluks magnetik selalu membentuk loop tertutup, seperti yang dijelaskan oleh persamaan Maxwell, tapi jalur loop tergantung pada reluktansi bahan sekitarnya dan terpusat di sekitar jalur yang reluktansinya kecil. Udara dan vakum memiliki reluktansi yang tinggi, sedangkan bahan yang mudah termagnetisasi seperti besi lunak memiliki reluktansi rendah. Konsentrasi fluks pada bahan yang rendah reluktansinya membentuk kutub magnetik kuat sementara dan menyebabkan kekuatan mekanik yang cenderung untuk memindahkan materi ke daerah fluks yang lebih tinggi tersebut dan hal ini merupakan sebuah gaya tarik .

Reluktansi rangkaian magnetik seragam dapat dihitung sebagai:

$$\mathfrak{R} = \frac{l}{\mu_0 \mu_r A} \dots \dots \dots 2.4$$

dimana

l adalah panjang rangkaian dalam meter

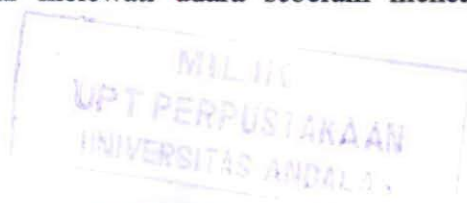
μ_0 adalah permeabilitas ruang bebas, sama dengan $4\pi \times 10^{-7}$ henry per meter

μ_r adalah permeabilitas magnetik relatif bahan (berdimensi)

A adalah luas penampang rangkaian dalam meter persegi

2.1.4. Elektromagnetik Pada Selenoida Inti Besi

[7]Gaya gerak magnet sepanjang inti solenoida sebanding dengan reluktansi dari inti feromagnetik ($\mathfrak{R}$ inti). Fluks magnetik pada salah satu ujung inti feromagnetik akan keluar melewati udara sebelum mencapai ujung inti



mempengaruhi nilai reluktansi, dimana semakin pendek celah udara, semakin kuat medan fluks di celah.

2.1.5.1 Permeabilitas

Permeabilitas (μ) suatu bahan adalah ukuran mudahnya garis fluks dapat melintas dalam suatu bahan. Hal ini mirip dengan sifat hantaran dalam rangkaian listrik. Permeabilitas ruang hampa μ_0 , adalah

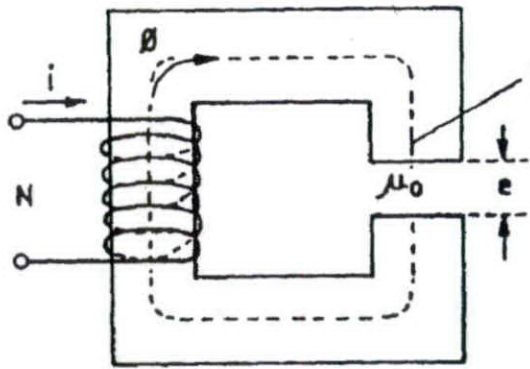
$$4 \pi \times 10^{-7} \text{ weber/ampere-meter}$$

Sebagaimana ditunjukkan di atas, μ memiliki satuan weber/ampere. Dalam prakteknya, permeabilitas semua bahan yang bukan magnet, seperti tembaga, aluminium, kayu, kaca, dan udara, adalah sama dengan permeabilitas ruang hampa. Bahan yang memiliki permeabilitas sedikit lebih kecil dari permeabilitas ruang hampa disebut *diamagnetik* dan bahan yang memiliki permeabilitas sedikit lebih besar dari ruang hampa disebut *paramagnetik*. Bahan magnet seperti besi, nikel, baja, kobalt, dan campuran dari bahan tersebut memiliki permeabilitas ratusan dan bahkan ribuan kali permeabilitas ruang hampa. Bahan ini memiliki permeabilitas yang sangat tinggi yang direferensikan sebagai *ferromagnetik*.

Perbandingan permeabilitas bahan terhadap permeabilitas ruang hampa disebut *permeabilitas relatif*,

Secara umum, untuk bahan ferromagnetik, $\mu_r \geq 100$, dan untuk bahan yang bukan magnet, $\mu_r \leq 1$.

Karena μ_r merupakan variabel yang tergantung pada besaran lain pada rangkaian magnet, maka harga-harga tidak ditabelkan. Metode perhitungan μ_r diperoleh dari data yang diberikan oleh perusahaan



Gambar 2.8 Celah udara pada besi feromagnetik berbrntuk C

[4] Dari hubungan $\mathfrak{R} = \frac{l}{\mu A} = \frac{l}{\mu_0 \mu_r A}$, maka untuk rangkaian magnetik

dengan celah udara akan diperoleh reluktansi total

$$\mathfrak{R}_{total} = \mathfrak{R}_{inti} + \mathfrak{R}_{celah\ udara} \dots \dots \dots 2.7$$

$$\mathfrak{R}_{total} = \frac{l - e}{\mu A} + \frac{e}{\mu_0 A} \dots \dots \dots 2.8$$

Dimana μ_r udara adalah

$$4\pi \times 10^{-7}$$

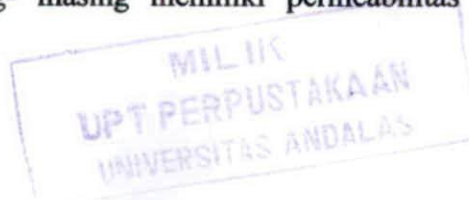
Dari persamaan diatas, karena μ udara lebih kecil dari μ inti, maka reluktansi inti dengan celah udara akan lebih besar dari reluktansi inti penuh.

Kemudian didapatkan ggm total dari penjumlahan ggm pada inti dan ggm pada celah udara.

$$\mathcal{F}_{total} = \mathcal{F}_{inti} + \mathcal{F}_{celah\ udara} \dots \dots \dots 2.9$$

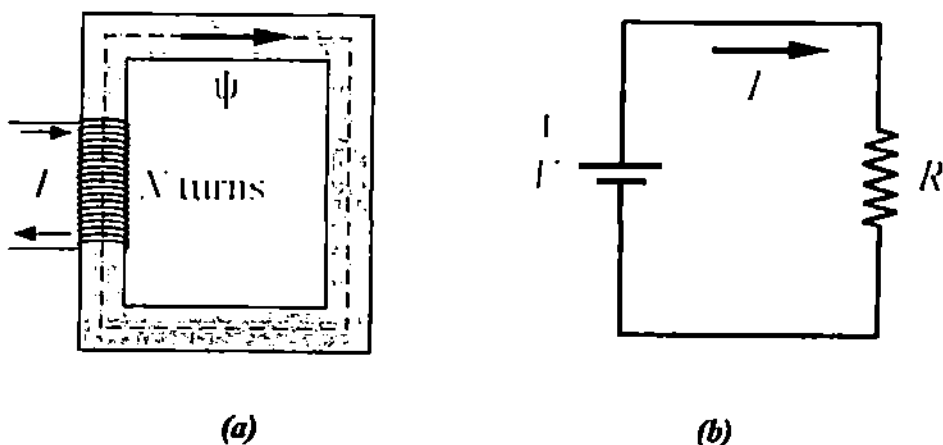
2.1.6. Rangkaian Magnetik dan analogi dengan rangkaian listrik

Rumus untuk menentukan kerapatan fluks magnetik pada bahan feromagnetik (solenoida, toroida, dan lain-lain) dapat di tentukan dengan mudah menggunakan teori rangkaian magnetik. Rangkaian magnetik terdiri beberapa bahan magnetik yang masing- masing memiliki permeabilitas dan panjang



lintasan yang tidak sama. Maka setiap bagian mempunyai reluktansi yang berbeda pula, sehingga reluktansi total adalah jumlah dari reluktansi masing-masing bagian.

Rangkaian magnetik dapat dianalogikan dengan rangkaian listrik biasa, dimana berlaku prinsip-prinsip dari hukum ohm.



Gambar 2.9 (a) rangkaian magnetik, (b) rangkaian listrik [7]

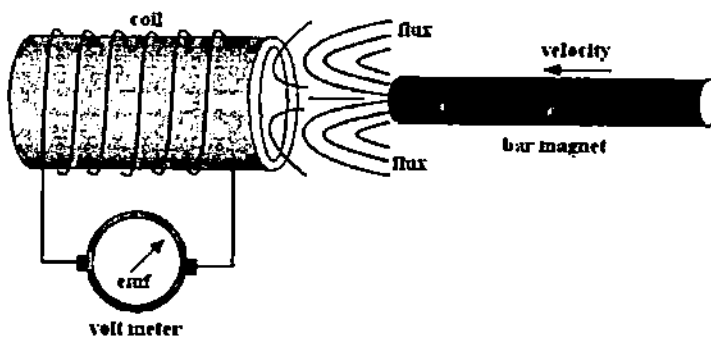
Tabel 2.2. Analogi rangkaian magnetik pada rangkaian listrik

Rangkaian magnetik	Lambang	Satuan	Rangkaian listrik	Lambang	Satuan
Gaya gerak magnet (mmf)		Ampere-turn	Gaya gerak listrik (emf)		volt
Medan magnetik		Ampere/meter	Medan listrik		
Fluks magnetik		webber	Arus listrik		ampere
Hukum hopkins atau Hukum rowland			Hukum ohm		
Reluktansi		1/henry	resistansi		ohm
Permeance		Henry	Konduktan elektrik	Konstanta siemens	
Hubungan antara B dan H			Hukum ohm microscopics		
Kerapatan medan magnet		Tesla	Kerapatan arus		Ampere/meter ²
Permeabilitas		Henry/Meter	Konduktivitas elektrik		Ohm/meter

2.2. Hukum Faraday dan Terjadinya GGL Induksi

[3]Seorang ilmuwan dari Jerman yang bernama Michael Faraday (1791 – 1867) memiliki gagasan tentang medan magnet menghasilkan arus listrik. Gagasan ini didasarkan oleh adanya penemuan dari Oersted bahwa arus listrik dapat menghasilkan medan magnet. Karena termotivasi oleh gagasan tersebut kemudian pada tahun 1822, Faraday memulai melakukan percobaan-percobaan. Pada tahun 1831 Faraday berhasil membangkitkan arus listrik dengan menggunakan medan magnet.

Timbulnya gaya listrik (GGL) pada kumparan hanya apabila terjadi perubahan jumlah garis-garis gaya magnet.



Gambar 2.10 Ggl timbul akibat adanya perubahan garis gaya magnet. [2]

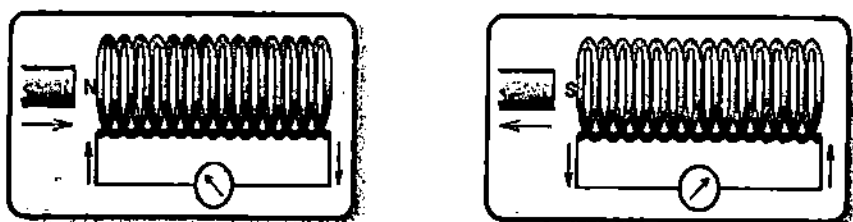
Alat-alat yang digunakan Faraday dalam percobaannya adalah gulungan kawat atau kumparan yang ujung-ujungnya dihubungkan dengan galvanometer. Jarum galvanometer mula-mula pada posisi nol. Percobaan Faraday untuk menentukan arus listrik dengan menggunakan medan magnet diketahui bahwa ketika kutub utara magnet bergerak ke dalam kumparan maka jarum galvanometer, menyimpang ke kanan.

Ketika magnet ditarik dari dalam kumparan, maka jarum galvanometer menyimpang ke kiri. Pada saat kutub selatan bergerak masuk ke dalam kumparan,

jarum galvanometer akan menyimpang ke kiri, sedangkan ketika kutub selatan ditarik dari dalam kumparan, jarum galvanometer menyimpang ke kanan. Dari hasil percobaan tersebut maka dapat diambil kesimpulan bahwa arus induksi yang timbul dalam kumparan arahnya bolak-balik seperti yang ditunjukkan oleh penyimpangan jarum galvanometer yaitu ke kanan dan ke kiri.

Karena arus induksi selalu bolak-balik, maka disebut arus bolak-balik (AC=Alternating Current). Faraday menggunakan konsep garis gaya magnet untuk menjelaskan peristiwa di atas.

1. Magnet didekatkan pada kumparan maka gaya yang melingkupi kumparan menjadi bertambah banyak, sehingga pada kedua ujung kumparan timbul gaya gerak listrik (GGL).
2. Magnet dijauhkan terhadap kumparan maka garis gaya yang melingkupi kumparan menjadi berkurang, kedua ujung kumparan juga timbul GGL.
3. Magnet diam terhadap kumparan, jumlah garis gaya magnet yang melingkupi kumparan tetap, sehingga tidak ada GGL.



Gabar 2. 11. Percobaan faraday dengan menggerakkan magnet di dalm kumparan.

Gaya gerak listrik yang timbul akibat adanya perubahan jumlah garis-garis gaya magnet atau perubahan fluks magnetik dirumuskan dengan :

4. Mengalirkan arus AC pada kumparan primer, maka kumparan sekunder didekatkan dapat timbul GGL induksi. Arus induksi yang timbul adalah arus AC dan gaya gerak listrik induksi adalah GGL AC.

2.3. Hubungan reluktansi dengan gaya gerak listrik

Seperti telah dibahas diatas gaya gerak listrik dapat dirumuskan dengan:

$$\varepsilon = -N \frac{d\phi}{dt} \dots \dots \dots 2.13$$

Dimana ggl dapat terjadi karena adanya perubahan fluks magnetik pada solenoida terhadap waktu.

Kemuidan reluktansi dirumuskan dengan

$$\Re = \frac{\mathcal{F}}{\phi} \dots \dots \dots 2.14$$

Atau

$$\phi = \frac{\mathcal{F}}{\Re} \dots \dots \dots 2.15$$

Dan atau

$$\phi = \frac{NI}{\Re_{inti}} = \frac{NI}{l/\mu A} = \frac{\mu NIA}{l} = \frac{\mu N I \pi r^2}{l} \dots \dots \dots 2.16$$

Sehingga diketahui bahawa reluktansi mempengaruhi perubahan fluks magnetik.

Perubahan reluktansi erat kaitannya dengan perubahan celah udara, sesuia dengan persamaan:

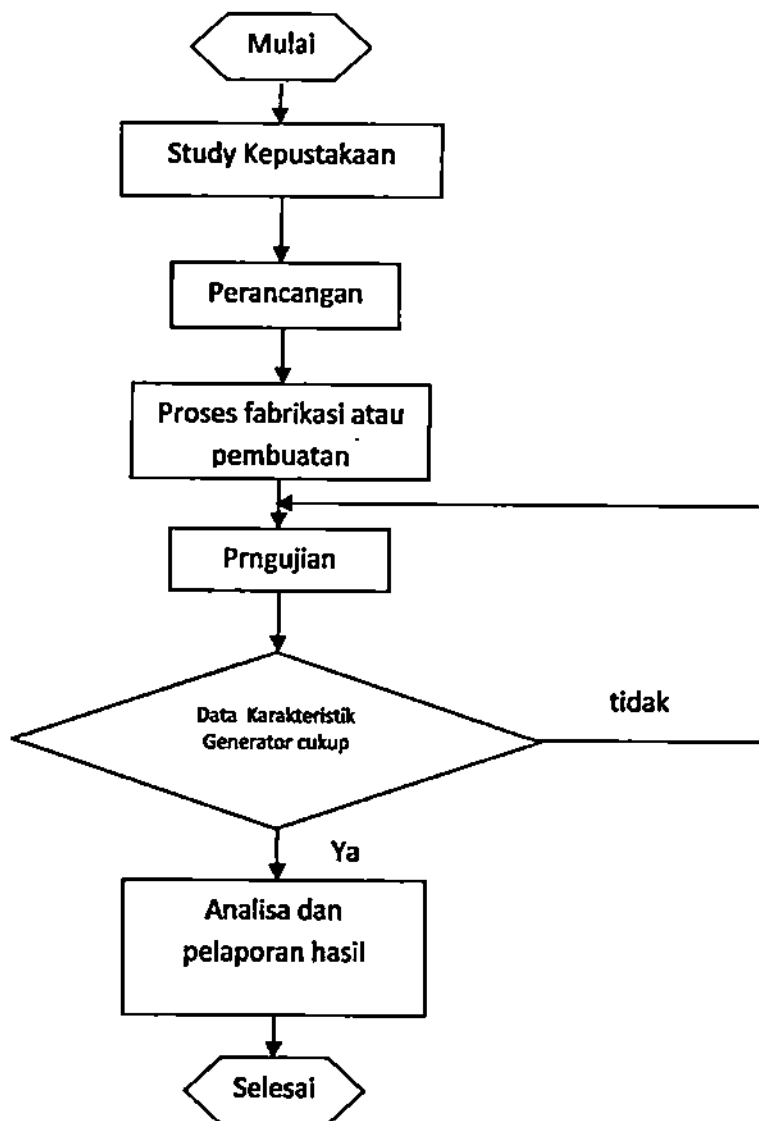
$$\Re_{celah\ udara} = \frac{e}{\mu_0 A} \dots \dots \dots 2.17$$

e adalah panjang celah udara

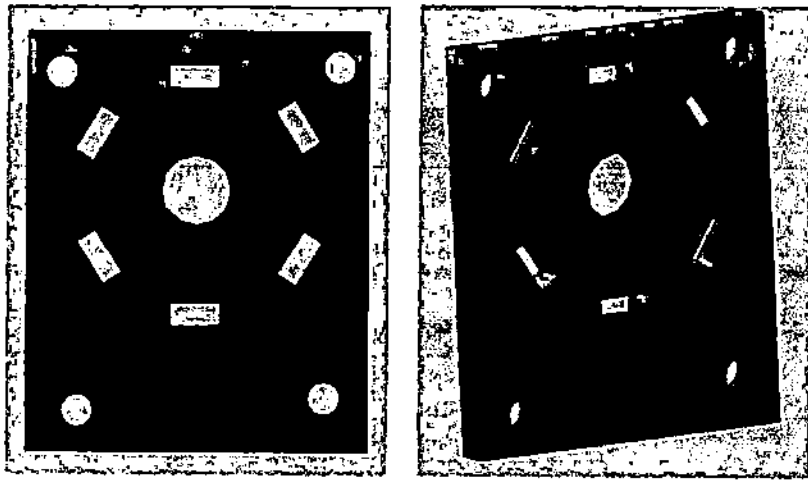
BAB III

METODOLOGI PENELITIAN DAN TAHAPAN PENELITIAN

Penelitian kali ini dilakukan dengan tahapan-tahapan yang dapat dijabarkan melalui sebuah diagram alir sebagai berikut :

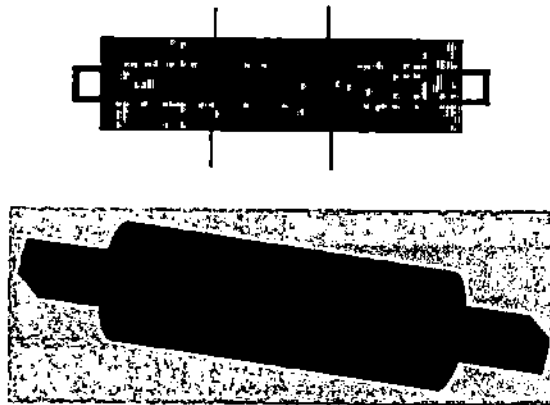


Gambar 3.1 Flowchart Penelitian



Gambar 3.2 Konstruksi stator

Magnetisasi pada inti di peroleh dengan eksitasi listrik DC, yaitu dengan menambahkan lilitan magnetisasi pada inti.



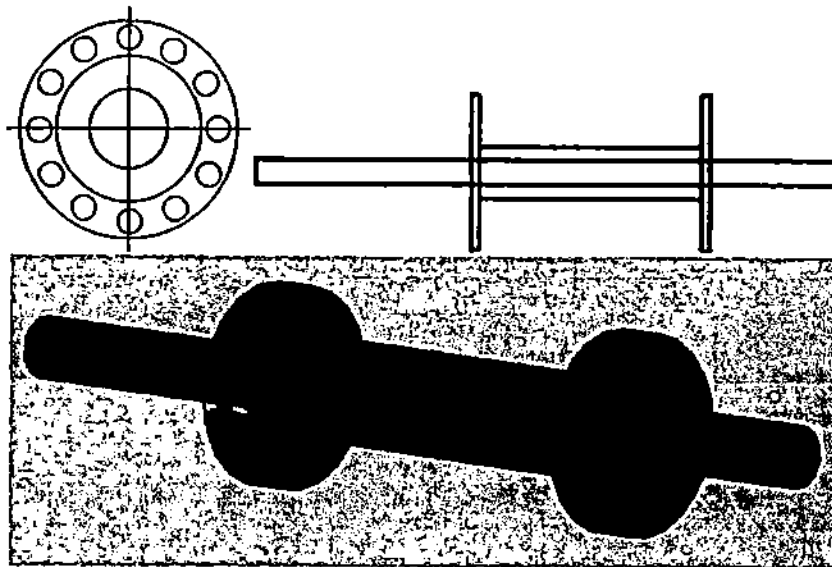
Gambar 3.3 Inti yang dililiti dua kumparan, eksitasi dan jangkar

Sedangkan pada rotor atau komponen bergeraknya digunakan dua kesatuan besi laminasi yang di rancang menempel pada material isolator dengan bentuk bundar atau piringan dan terhubung ke sebuah sumbu atau pros. Besi bergerak ini mempengaruhi reluktansi pada ujung-ujung inti magnetisasi.



Gambar 3.4 Konstruksi rotor

Poros atau sumbu tempat terikatnya atau terpasangnya stator, digunakan poros dari roda sepeda. Alasan penggunaan poros dari roda sepeda ini adalah tidak diperlukan lagi proses fabrikasi tambahan untuk membuat poros untuk generator, selain itu ukuran poros roda ini sesuai dengan rancangan inti dan ketersediaan bahan yang ada.

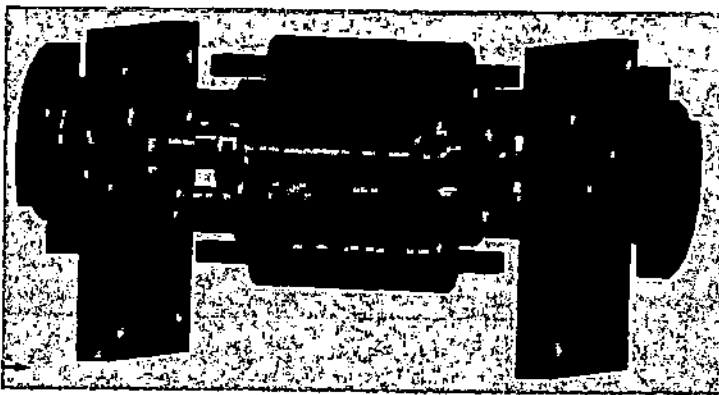


Gambar 3.5 Poros roda sepeda

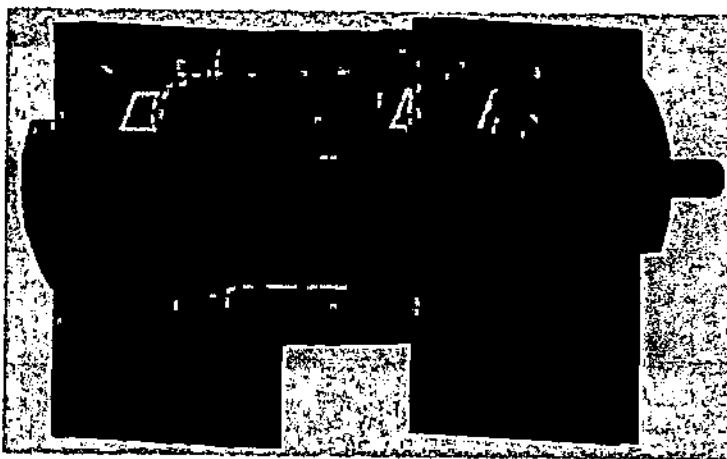
Untuk memutar poros digunakan puley yang dihubungkan ke sumber gerak rotasi. Celah udara antara besi laminasi poros dengan inti di usahakan sekecil mungkin.

3.3 Proses Fabrikasi Atau Pembuatan Alat

Untuk membuat generator ini mula-mula inti di buat beserta kumparannya, panjang inti dan ketebalan lilitan adalah acuan untuk membuat susunan dudukan inti dan panjang poros pada tempat dudukan. Selanjutnya dudukan dibuat dari bahan non fero yakni kayu. Kemudian dibuat lubang-lubang untuk dudukan inti magnet dan dudukan poros. Poros dan sarang poros menggunakan poros roda sepeda. Kemudian untuk rotor digunakan plat besi laminasi berbebtuk lengkungan yang tertempel pada material isolator poros. Tahapan berikutnya adalah perakitan, yaitu pemasangan masing-masing komponen pada dudukannya yang sesuai dengan rancangan.



(a)



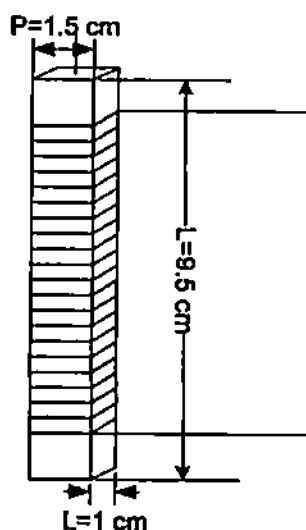
(b)

Gambar 3.6(a) dan (b) Generator reluktansi desain khusus dengan kumparan eksitasi dan kumparan jangkar pada inti yang sama

3.4 Dimensi Dan Perhitungan Konstruksi Generator

3.4.1 Dimensi Stator

Dimensi inti stator dapat dilihat pada gambar 3.7 dibawah, dan keterangan-keterangannya dijabarkan sebagai berikut



Gambar 3.7 Dimensi inti stator

Permukaan (A) didapatkan dari

$$A = P \times L \dots \dots \dots 3.1$$

dimana

panjang (P) = 1.5 cm = 1.5×10^{-2} m

lebar (L) = 1 cm = 1×10^{-2} m

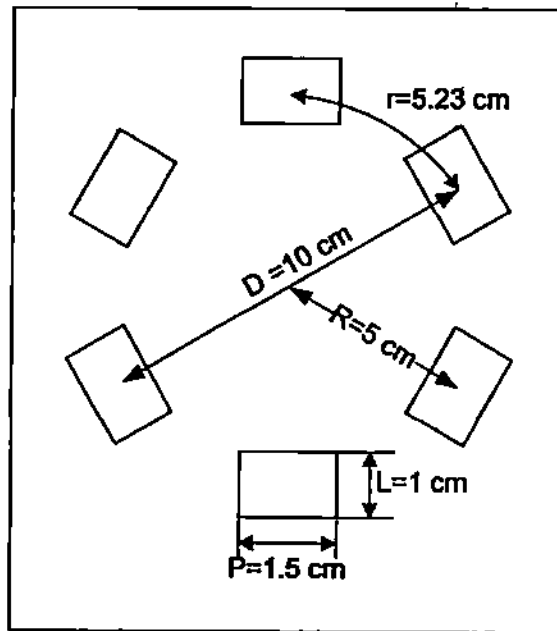
maka luas permukaan adalah:

$$A = 1.5 \times 10^{-2} \text{ m} \times 1 \times 10^{-2} \text{ m}$$

$$A = 1.5 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

pajang inti (l) dari inti stator ini adalah 9.5 cm atau 9.5×10^{-2} m

Masing-masing inti stator terletak melingkar pada dudukan stator, seperti diperlihatkan Gambar 3.8



Gambar 3.8 Dimensi permukaan stator

Jarak antara satu inti stator dengan inti stator selanjutnya sesuai alur rotor yang parabolic didapatkan dari keliling lingkaran dibagi jumlah semua inti stator yaitu

$$r = \frac{\pi \times D}{\text{banyak inti stator}} \dots\dots\dots 3.2$$

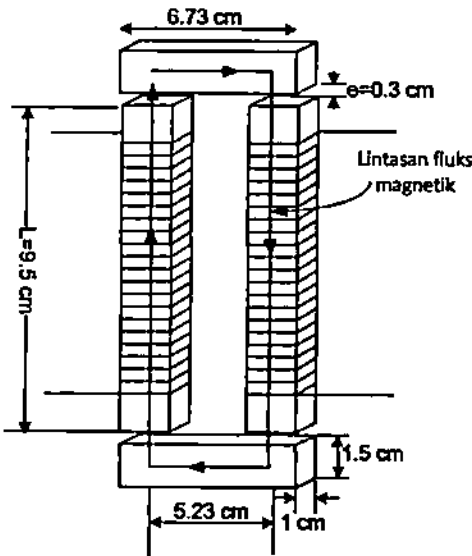
$$r = \frac{\pi \times 10 \times 10^{-2} \text{ m}}{6} = 5.233 \times 10^{-2}$$

3.4.2 Dimensi Rotor

Dimensi rotor menyesuaikan dengan panjang dan lebar dari permukaan inti stator, dimensi rotor dapat dilihat pada Gambar 3.9

3.5.1 Kondisi fluks maksimum

Kondisi ini terjadi saat rotor berada tepat diatas dua inti stator yang saling berdekatan, seperti diilustrasikan gambar 3.10 berikut



Gambar 3.10 Posisi rotor berada tepat di permukaan stator, reluktansi minimum dan fluks maksimum

celah udara yang ada antara stator dan rotor adalah

$$\sum e = e1 + e2 + e3 + e4 3.3$$

sedangkan panjang lintasan fluks magnetik adalah

$$\sum l = l1 + l2 + l3 + l4 3.4$$

sebagaimana dijelaskan pada bab tinjauan pustaka bahwa

$$\mathfrak{R} = \frac{\mathcal{F}}{\phi} 3.5$$

maka

$$\phi = \frac{\mathcal{F}}{\mathfrak{R}} 3.6$$

sedangkan

$$\mathcal{F} = NI 3.7$$

dan

$$\mathfrak{R} = \frac{l}{\mu_0 \mu_r A} \dots \dots \dots 3.8$$

dan

$$\mathfrak{R}_{total} = \mathfrak{R}_{inti} + \mathfrak{R}_{celah\ udara} \dots \dots \dots 3.9$$

$$\mathfrak{R}_{total} = \frac{l - e}{\mu A} + \frac{e}{\mu_0 A} \dots \dots \dots 3.10$$

Karena terdapat jalur fluks magnet yang terpisah dan beberapa buah celah udara, maka persamaan menjadi:

$$\phi = \frac{NI}{\mathfrak{R}_{inti}} = \frac{NI}{\sum l / \mu_r \mu_0 A + \sum e / \mu_0 A} \dots \dots \dots 3.11$$

dimana

μ_r adalah permeabilitas inti besi trafo yaitu baja lunak sebesar 7000 (tabel 2.1) dan μ_0 adalah permeabilitas udara sebesar $4\pi \times 10^{-7}$

Dengan adanya empat buah jalur feromagnetik dan empat buah jalur udara, jumlah lilitan kumparan adalah 600 dan arus yang masuk ke kumparan maksimum adalah 1.5 ampere, fluks maksimum yang ada pada rangkaian magnetik ini adalah

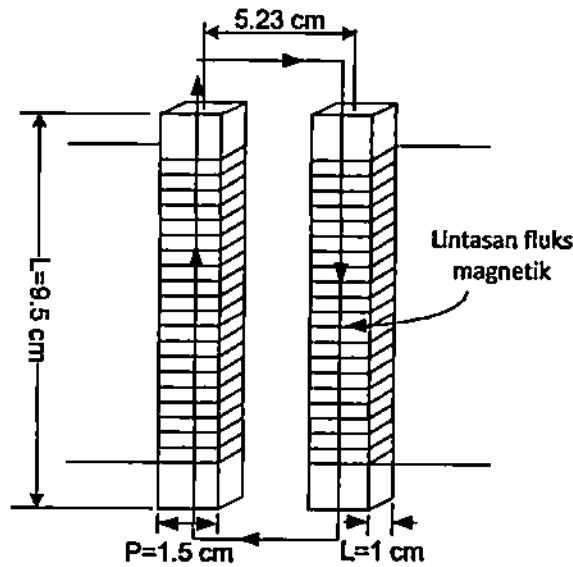
$$\phi = \frac{600 \times 1.5 \text{ Amnpere}}{\frac{(9.5 + 9.5 + 5.23 + 5.23) \times 10^{-2}}{7000 \times 4\pi \times 10^{-7} \times 1.5 \times 10^{-4}} + \frac{(0.3 + 0.3 + 0.3 + 0.3) \times 10^{-2}}{4\pi \times 10^{-7} \times 1.5 \times 10^{-4}}}$$

$$\phi = 14.087 \times 10^{-6} \text{ weber}$$

3.5.2 Kondisi fluks minimum

Pada kondisi ini terdapat celah udara yang sangat besar yakni jarak pusat inti magnetik satu dengan inti magnetik disebelahnya seperti diilustrasikan gambar

3.11



Gambar 3.11 Stator tanpa adanya rotor diatas permukaannya, kondisi reluktansi maksimum dan fluks minimum

Berdasarkan gambar diatas dapat dihitung fluks magnetic total adalah

$$\phi = \frac{NI}{\mathfrak{R}_{inti}} = \frac{NI}{\sum l / \mu_r \mu_0 A + \sum e / \mu_0 A} \dots\dots\dots 3.12$$

$$\phi = \frac{600 \times 1.5 \text{ Amnpere}}{\frac{(9.5 + 9.5) \times 10^{-2}}{7000 \times 4\pi \times 10^{-7} \times 1.5 \times 10^{-4}} + \frac{(5.23 + 5.23) \times 10^{-2}}{4\pi \times 10^{-7} \times 1.5 \times 10^{-4}}}$$

$$\phi = 1.6215 \times 10^{-6} \text{ weber}$$

3.5.3 Ggl induksi yang dihasilkan

Gaya gerak listrik induksi terjadi karena adanya perubahan fluks magnetic terhadap waktu

$$\varepsilon = -N \frac{d\phi}{dt} \dots\dots\dots 3.13$$

Sebagaimana telah dilakukan perhitungan diatas fluks berubah dari sebesar 14.087×10^{-6} Weber pada kondisi celah udara maksimum menjadi sebesar 1.6215×10^{-6} Weber, saat celah udara pada kondisi minimum. Sedangkan perubahan

waktu dimulai dari saat rotor tidak berada pada permukaan inti stator gambar 3.11 menjadi berada tepat dan menutupi ujung permukaan dua inti stator seluruhnya gambar 3.10. Perubahan waktu ini bergantung pada kecepatan rotasi dari rotor serta jarak tempuh rotor antara pusat permukaan satu inti dengan inti yang berada disebelahnya

Jika kecepatan putar maksimum adalah 2000 rpm, maka dapat diketahui kecepatan sudut adalah sebesar

$$\omega = n \frac{2\pi}{60} \dots\dots\dots 3.14$$

$$\omega = 2000 \frac{2\pi}{60} = 209.43 \frac{rad}{sec} \dots\dots\dots 3.15$$

Karena jarak antara dua inti stator yang besebelahan adalah linear maka kecepatan sudut dikonversi menjadi kecepatan linear yaitu

$$v = \omega R \dots\dots\dots 3.15$$

$$v = 209.43 \frac{rad}{sec} \times 5 \times 10^{-2} m = 1047.197 m/s$$

Berdasarkan rumus kecepatan linear, dimana kecepatan itu adalah perubahan jarak terhadap waktu

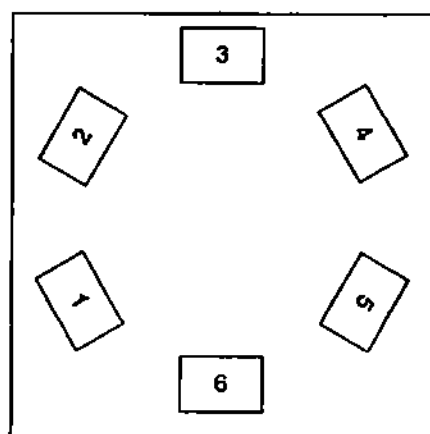
$$v = \frac{r}{t} \dots\dots\dots 3.16$$

Jika pada bahasan diatas diketahui jarak antara dua buah inti stator adalah 5.23 cm, sehingga diperoleh waktu tempuh rotor dari keadaan celah udara maksimum menjadi celah udara minimum adalah

$$t = \frac{r}{v} \dots\dots\dots 3.17$$

$$t = \frac{5.23 \times 10^{-2}}{1047.197} = 4.994 \times 10^{-5} second$$

3.6.1 Pengujian Konfigurasi



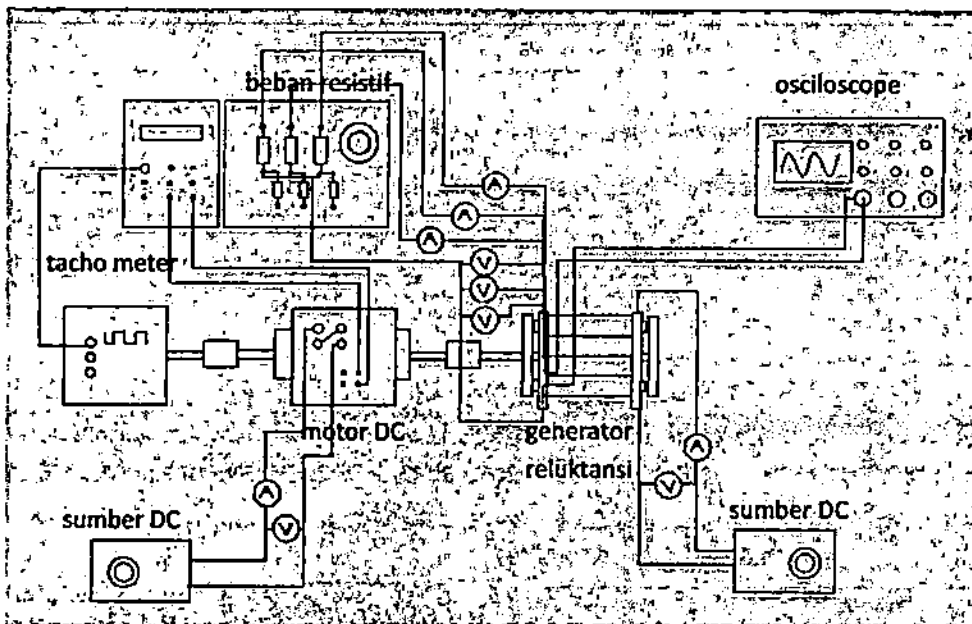
Gambar 3.12 Susunan inti stator

Pengujian dilakukan dengan membandingkan penggunaan rotor yang bersilangan dengan rotor yang sejajar. Kemudian dilakukan variasi polaritas inti magnetisasi, yaitu dengan membalikan polaritas input tegangan DC. Tujuan yang ingin didapatkan dari masing-masing pengujian ini adalah berupa keterangan tegangan keluaran generator beserta besaran arus yang terbaik. Setelah didapatkan konfigurasi terbaik dari rencangan generator ini, dilakukan pengujian lebih lanjut pada pengujian tanpa beban, berbeban dan hubung singkat.

3.6.2 Pengujian Tanpa Beban

Pada pengujian tanpa beban parameter ukur dari generator yang diuji hanyalah berupa tegangan keluaran saja.

dengan saluran output generator, yaitu antara saluran keluaran dengan keluaran netral generator.



Gambar 3.14 Pengujian Berbeban

Sama halnya dengan pengujian tanpa beban, untuk masukan generator divariasikan arus eksitasi serta divariasikan putaran generator. Sedangkan parameter ukur berupa tegangan dan arus keluaran.

Pengujian berbeban ini dilakukan pada beban 20%,15%,10%,5%, dan 1%. Beban yang digunakan adalah beban skala labor dengan variabel tahanan maksimal 1800 ohm. Artinya besarnya tahanan adalah hasil kali persentase beban dengan tahanan maksimal beban tersebut. Jika menggunakan beban 20%, artinya tahanan pada beban adalah $20\% \times 1800 = 360$ ohm, begitu seterusnya. Pada pengujian ini juga ditentukan tahanan terukur dan beban.

3.6.4 Pengujian Hubung Singkat

Pada pengujian hubung singkat ini keluaran generator langsung dihubungkan ke netral keluaran generator, kemudian diukur besarnya arus maksimal dengan menserikan Ampermeter dengan keluaran generator tersebut.

BAB IV

HASIL DAN ANALISA

Hasil dari penelitian ini berupa data-data yang didapat dari pengujian terhadap generator, yang dilakukan dengan variasi-variasi perlakuan terhadap konstruksi generator dan variasi input. Parameter pengukuran adalah tegangan dan arus keluaran dari kumparan ggl pada masing masing inti stator.

Pada tahapan penelitian variasi polaritas inti stator, telah dilakukan pencatatan pada hasil keluaran dari generator yang ditunjukkan pada tabel berikut,

Tabel 4.1 Kombinasi Kutub Medan Magnet Pada Stator

No	INTI :>>>	1	2	3	4	5	6	V out					
								V1	V2	V3	V4	V5	V6
1	kombinasi 1	U	S	U	S	U	S	1,93	1,94	1,91	2,03	2	2,08
2	kombinasi 2	U	U	U	S	S	S	1,45	1,44	1,41	1,46	1,47	1,52
3	kombinasi 3	U	S	0	U	S	0	1,4	1,47	2,47/2	1,44	1,39	2,64/2
4	kombinasi 4	U	U	0	S	S	0	1,45	1,24	3,00/2	1,52	1,23	2,85/2
5	kombinasi 5	0	0	U	0	0	S	1,75/2	1,46/2	1,45	1,65/2	1,6/2	1,53

Keterangan : U = utara S = selatan 0 = tanpa arus eksitasi ; seluruh kumparan menjadi kumparan induksi

Tabel diatas menunjukan tegangan keluaran pada masing-masing variasi kombinasi polaritas dengan kondisi tanpa beban dan posisi rotor sejajar, arus eksitasi yang dimasukkan ke kumparan medan sebesar 1,00 ampere dan putaran konstan pada rotor sebesar 1000 RPM.

sedangkan variasi putaran di lakukan pada kecepatan 500 rpm;750 sampai 2000 rpm. Bentuk masing-masing variasi ini dilakukan pada keadaan tanpa beban, berbeban dan keadaan hubung singkat.

Inti yang berjumlah 6 buah pada konstruksi generator berbeda fasa satu dengan yang lainnya sebesar 120 derajat yang artinya ada 3 pasang inti yang berbeda fasa sebesar 180 derajat, perbedaan fasa 180 derajat ini bisa dikatakan tidak berbeda fasa sama sekali sehingga dapat digabungkan, penggabungan secara seri akan meningkatkan tegangan keluarannya, yaitu dari hasil penjumlahan tegangan keluaran masing-masing inti yang berbeda fasa 180 derajat tersebut. Sehingga pada akhirnya akan menghasilkan tegangan keluar generator yang berupa 3 fasa dari 6 inti, V1 adalah tegangan fasa 1, V2 adalah tegangan fasa 2, dan V3 adalah tegangan fasa 3, dengan demikian arus keluaran pun menjadi 3 fasa yaitu I1 adalah arus fasa 1, I2 adalah arus fasa 2, dan I3 adalah arus fasa 3.

4.1 Data dan hasil pengujian

Pada subbab ini akan ditampilkan hasil-hasil dari pengujian yang telah dilakukan dengan bentuk-bentuk variasi, diantaranya variasi beban, variasi eksitasi, dan variasi kecepatan putaran generator, serta hasil perhitungan daya dari masukan maupun keluaran generator.

Data pada tabel diatas memperlihatkan besar tegangan keluaran masing masing fasa, bisa dikatakan tegangan masing-masing fasa tersebut sama antara V1,V2,dan V3, artinya fasa pada keluaran generator adalah seimbang. Selanjutnya dapat dilihat arus eksitasi pada generator mempengaruhi tegangan keluaran generator, apabila arus eksitasi dinaikan maka tegangan keluaran akan naik, dengan penjabaran pada tabel sebagai berikut

4.1.2 Data Keluaran Generator Pada Kondisi Variasi Beban

Penjabaran terperinci pada perubahan beban terhadap besarnya tegangan dan arus keluaran generator ditunjukan tabel berikut

Tabel 4.3 Data Pengujian Berbeban saat arus eksitasi 1.5 Ampere dan kecepatan 2000 rpm

No	beban	V out (Volt)			I out (Ampere)			Vm (Volt)	Im (Ampere)
		V1	V2	V3	I1	I2	I3		
1	20	12.46	12.47	12.44	0.052	0.053	0.054	67.66	0.42
2	15	12.08	12.15	12.12	0.068	0.067	0.069	67.66	0.42
3	10	10.35	10.37	10.35	0.099	0.1	0.1	67.66	0.42
4	5	9.39	9.4	9.34	0.198	0.196	0.201	67.66	0.42
5	1	5.6	5.62	5.58	0.283	0.283	0.285	67.66	0.42

Data hasil dari pengujian berbeban menunjukkan besaran arus eksitasi yang sama pada masing-masing pembebanan, diambil besaran arus eksitasi maksimal yaitu 1,5 Ampere. Pada kondisi berbeban parameter keluaran dari generator berupa tegangan dan arus, kedua parameter ini terpengaruh oleh besarnya arus eksitasi input.

4.1.3 Data Keluaran Generator Pada Variasi Arus Eksitasi

Pengujian dengan memvariasikan arus eksitasi dilakukan pada setiap besaran pembebanan keluaran generator, variasi arus eksitasi dilakukan dengan arus 0,5A, 1.0A, dan 1,5A. sebagai sampel, diambil data dari kondisi berbeban 20 % dan berbeban 1%, pada masing-masing beban dibahas output generator pada eksitasi yang bervariasi dan dengan kecepatan putaran konstan 1500 rpm. Berikut tabel penjabaran terperinci,

Tabel 4.4 Data Pengujian Dengan Variasi Eksitasi (Beban 20%) pada putaran 2000 rpm

No	I _{ex} (A)	RPM	V out (Volt)			I out (Ampere)			Vm (volt)	Im (Ampere)
			V1	V2	V3	I1	I2	I3		
1	0.5	2000	4.13	4.14	4.13	0.015	0.015	0.016	55.9	0.34
2	0.75	2000	5.04	5.06	5.04	0.019	0.018	0.019	59.9	0.36
3	1	2000	8.2	8.21	8.2	0.027	0.026	0.027	61.5	0.35
4	1.25	2000	9.32	9.33	9.3	0.033	0.034	0.035	64.3	0.39
5	1.5	2000	12.46	12.47	12.44	0.052	0.053	0.054	67.66	0.42

Tabel 4.5 Data Pengujian Dengan Variasi Eksitasi (Beban 1%) pada putaran 2000 rpm

No	I _{ex} (A)	RPM	V out (Volt)			I out (Ampere)			Vm (Volt)	Im (Ampere)
			V1	V2	V3	I1	I2	I3		
1	0.5	2000	2	2.02	1.99	0.099	0.097	0.1	55.9	0.34
2	0.75	2000	2.99	3	2.97	0.109	0.106	0.11	59.9	0.36
3	1	4.28	4.29	4.26	0.214	0.214	0.215	61.5	0.35	0.35
4	1.25	2000	4.6	4.61	4.58	0.24	0.239	0.242	64.3	0.39
5	1.5	2000	5.6	5.62	5.58	0.283	0.283	0.285	67.66	0.42

Tabel 4.4 dan tabel 4.5 diatas menunjukkan pengaruh variasi-eksitasi terhadap tegangan keluaran pada beban 20% dan 1%, pengambilan sampel dari dua tabel beban terbesar dan terkecil ini mewakili gambaran dari masing-masing pembebanan (data lengkapnya lihat lampiran).

rotor 1250 rpm didapatkan tegangan keluaran rata-rata sebesar 4.385 volt dan arus keluaran rata-rata sebesar 0.212 A, kemudian pada kecepatan 1500 rpm didapatkan tegangan keluaran rata-rata sebesar 4.9 volt dan arus keluaran rata-rata sebesar 0.245 A, pada kecepatan rotor 1750 rpm didapatkan tegangan keluaran rata-rata sebesar 5.3 volt dan arus keluaran rata-rata sebesar 0.259A, selanjutnya pada kecepatan rotor 2000 rpm didapatkan tegangan keluaran rata-rata sebesar 5.6 volt dan arus keluaran rata-rata sebesar 0.284A.

4.1.5 Data Hasil Keluaran Generator Pada Kondisi Hubung Singkat

Pada keadaan hubung singkat, arus yang mengalir pada saluran menjadi maksimal. Pengujian hubung singkat ini dilakukan untuk mengetahui besarnya arus maksimal yang dapat dihasilkan oleh generator. Sebagaimana keadaan hubung singkat tegangan pada daerah atau saluran terjadinya hubung singkat adalah nol atau tidak ada. Berikut tabel pengujian hubung singkat:

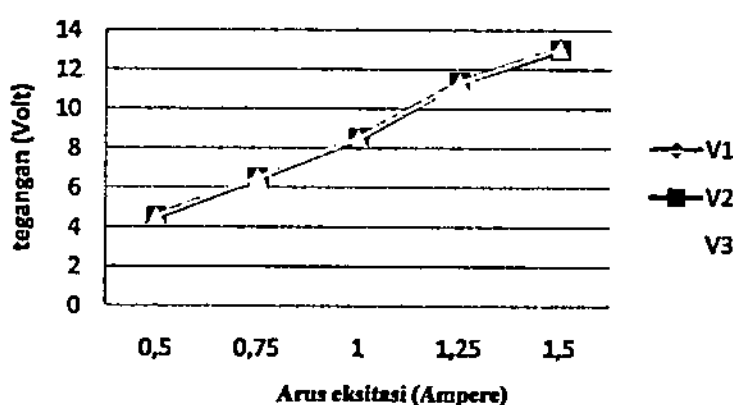
Tabel 4.7 Data Pengujian Hubung Singkat

I _{ex} (A)	V _{ex} (V)	RPM	I _{out} (Ampere)			V _m (V)	I _m (A)	P _{ex} (Watt)	P _m (Watt)
			I ₁	I ₂	I ₃				
0,5	9,3	500	0,09	0,09	0,09	13,69	0,25	15,91463	3,4225
		750	0,11	0,11	0,12	16,8	0,27		4,536
		1000	0,13	0,13	0,13	24,4	0,3		7,32
		1250	0,14	0,14	0,14	31,5	0,33		10,395
		1500	0,15	0,15	0,15	36,7	0,33		12,111
		1750	0,15	0,15	0,15	45,9	0,34		15,606
		2000	0,15	0,15	0,15	55,9	0,34		19,006
0,75	14,3	500	0,13	0,13	0,14	13,7	0,26	38,20245	3,562
		750	0,16	0,16	0,17	17	0,28		4,76
		1000	0,18	0,2	0,19	24,5	0,35		8,575
		1250	0,21	0,2	0,21	31,99	0,35		11,1965
		1500	0,21	0,2	0,21	37,5	0,34		12,75
		1750	0,21	0,21	0,21	46,4	0,35		16,24
		2000	0,21	0,2	0,22	59,9	0,36		21,564

Tabel 4.8 Data Pengaruh Arus Eksitasi Terhadap Keluaran Pada Kondisi Tanpa Beban dan kecepatan putaran 2000 rpm

No	I _{ex} (Ampere)	RPM	V _{out} (Volt)		
			V1	V2	V3
1.	0.5	2000	4.55	4.49	4.52
2	0.75	2000	6.48	6.47	6.47
3	1	2000	8.52	8.47	8.5
4	1.25	2000	11.38	11.35	11.35
5	1.5	2000	13.06	13.01	13.05

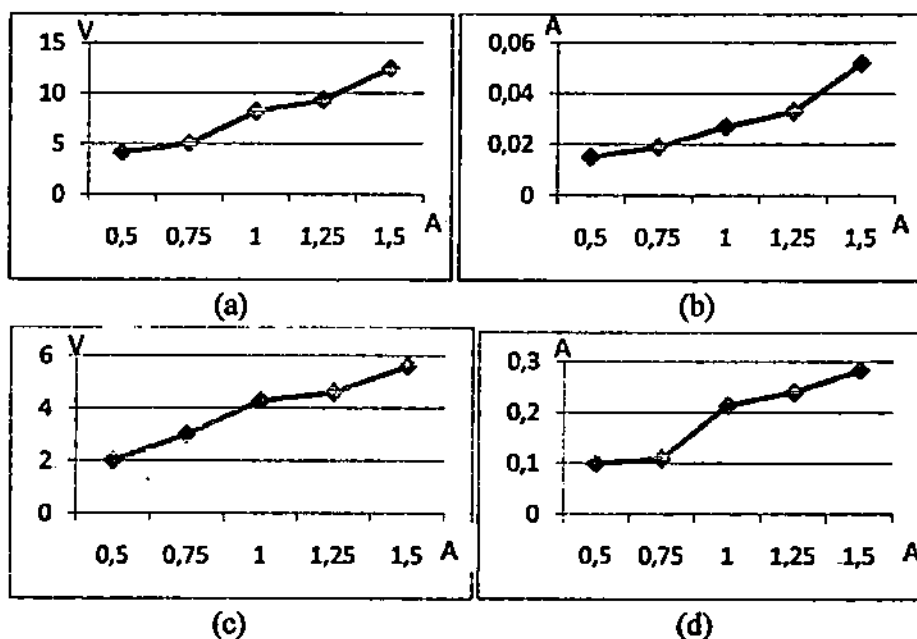
Untuk menganalisa perubahan tegangan terhadap arus eksitasi di gunakan data pada kecepatan konstan yang sama pada masing-masing variasi arus eksitasi. Data diatas di gambarkan pada grafik sebagai berikut;



Gambar 4.2 Grafik tegangan keluaran generator pada pengujian tanpa beban

Berdasarkan grafik diatas dapat diketahui bahwa perubahan tegangan keluaran akan naik apabila ada kenaikan arus eksitasi, hal ini sesuai dengan teori bahwa besarnya tegangan keluaran generator (ggl induksi) sebanding dengan jumlah fluks magnetic pada medan eksitasi generator,

$$Ggl \approx - \frac{d\Phi}{dt}$$

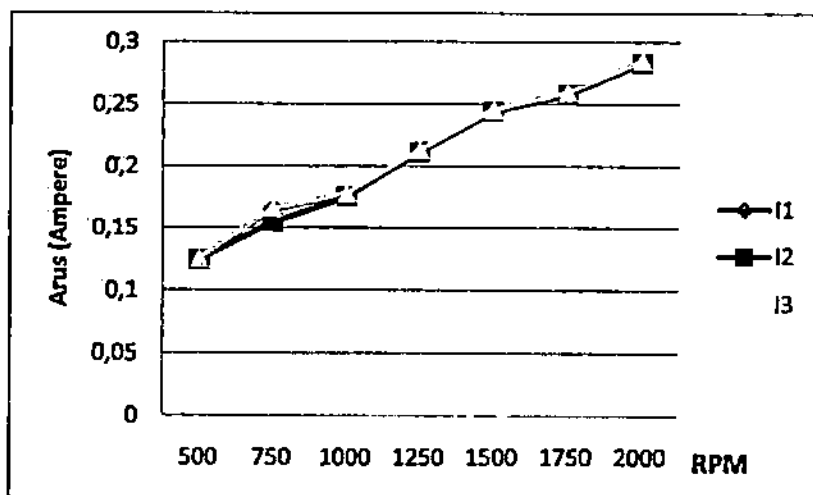


Gambar 4.5 Grafik berdasarkan perubahan arus eksitasi (a) Grafik tegangan keluaran pada beban 20%, (b) Grafik arus keluaran tpada beban 20% ,(c) Grafik tegangan-keluaran pada beban 1%, (d) Grafik arus-keluaran-tpada beban 1%.

Grafik tegangan dan arus diatas menunjukkan kenaikan tegangan beserta arus keluaran dari generator seiring dengan kenaikan arus eksitasi, terlihat apabila arus eksitasi diperberbesar maka terjadi kenaikan tegangan keluaran beserta arus keluaran.

4.2.4 Analisa keluaran generator berdasarkan kecepatan putaran rotor

Dari perolehan data yang ditunjukan pada Tabel 4.6, dapat diketahui bahwa apabila kecepatan bertambah maka parameter keluaran generator akan semakin besar, atau kecepatan putaran rotor sebanding dengan ggl induksi yang dihasilkan, seperti terlihat pada Gambar 4.6 dibawah, tegangan bergerak naik seiring kenikan putaran rotor, muli dari 2.36 volt saat putaran 500 rpm mennjk menjadi 5.62 volt saat putaran



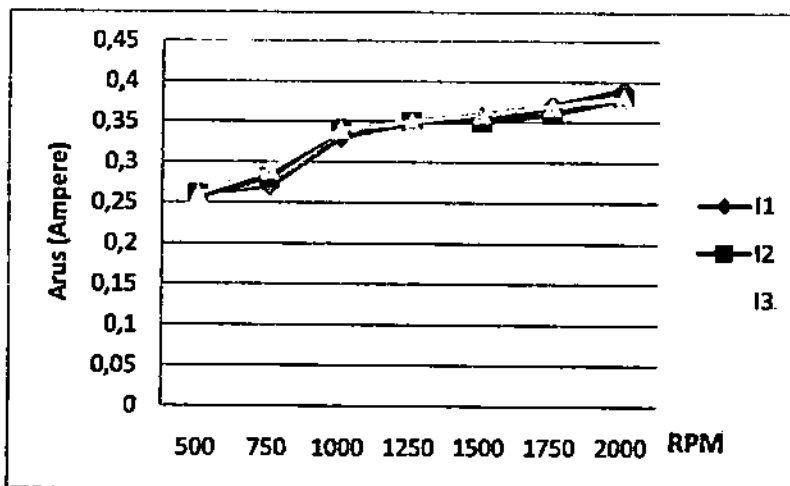
Gambar 4.7 Grafik perubahan arus keluaran terhadap pengaruh kecepatan rotor pada beban 1 % dan eksitasi 1.5 ampere

Yang menarik dari perubahan kecepatan rotor pada generator ini, adalah bahwa putaran yang masuk ke generator tidak terpengaruh pada perubahan beban, hanya perubahan arus eksitasi yang akan mempengaruhi kecepatan putaran masukan, hal ini dikarenakan rotor yang terbuat dari besi feromagnetik tertarik atau bereaksi dengan medan magnet yang dihasilkan oleh inti-inti stator, sehingga besarnya daya yang dibutuhkan untuk memutar penggerak, dalam hal ini motor DC, akan selalu sama untuk setiap pembebanan, akan tetapi mengikuti perubahan eksitasi inti. Seperti terlihat pada Tabel 4.4 dan Tabel 4.5 pada data pengujian pengaruh eksitasi terhadap keluaran dari generator sebagaimana dibahas diatas, terlihat pada pembebanan 20 % maupun 1%, tegangan dan arus masukan pada motor DC untuk memutar generator selalu sama, akan tetapi berbeda pada tiap-tiap variasi arus eksitasi.

4.2.5 Analisa keluaran generator pada kondisi hubung singkat

Dari Tabel 4.7 diatas dapat dilihat pada putaran maksimal (2000 rpm), arus maksimal yang dapat dihasilkan generator adalah sebesar 0,39 ampere, dan perubahan kecepatan diketahui mempengaruhi besarnya arus keluaran generator ini.

Data dari tabel 4.7 digambarkan melalui grafik ebagai berikut



Gambar 4.8 Grafik arus keluaran generator pada kondisi hubung singkat

Kurva diatas menunjukan bahwa perubahan kecepatan akan mempengaruhi besarnya arus hubung singkat pada pengujian generator, angka terkecil arus keluaran ini adalah 0,26 Ampere dan angka terbesar adalah 0.39 Ampere

4.2.6 Analisa daya dan kelayakan generator

Untuk menghasilkan sebuah generator yang layak untuk dipergunakan dan diaplikasikan, dilakukan pengujian atau pengukuran daya keluaran yang kemudian dibandingkan dengan daya masukan, apabila daya keluaran generator lebih besar dari daya masukannya maka generator layak untuk diaplikasikan, dengan pertimbangan

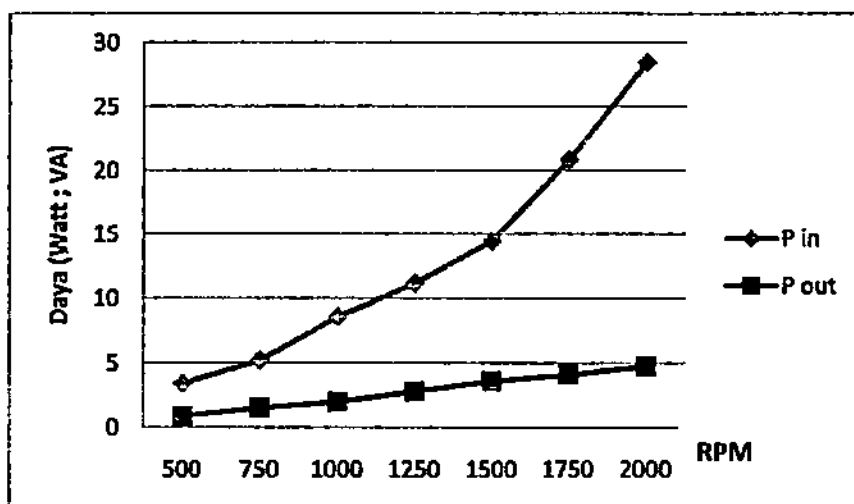
besarnya efisiensi dari generator tersebut. Sebaliknya jika generator tidak menghasilkan daya keluaran yang lebih besar dari daya masukan, maka generator belum layak untuk diaplikasikan dan butuh penelitian dan pengembangan lebih lanjut.

Pada pemodelan generator ini setelah dilakukan pengujian ternyata didapatkan hasil yang kurang memuaskan. Generator hanya mengkonversikan sedikit daya masukan dari daya keluaran seperti yang ditunjukkan oleh tabel berikut

Tabel 4.9 Daya Keluaran Generator pada beban 1 % dan arus eksitasi 1.5 Ampere

No	RPM	V _m	I _m	P _m	P _{out}	% konversi
1	500	13.6	0.25	3.4	0.87779	25.81735
2	750	18	0.29	5.22	1.50646	28.85939
3	1000	26.7	0.32	8.544	1.96784	23.03184
4	1250	34.9	0.32	11.168	2.78779	24.9623
5	1500	41.3	0.35	14.455	3.59658	24.88122
6	1750	53.4	0.39	20.826	4.11549	19.76131
7	2000	67.66	0.42	28.4172	4.76556	16.76998

Tabel 4.9 diatas menggunakan data pada beban terbesar, yaitu 1% (data selanjutnya dapat dilihat pada lampiran). Pada arus eksitasi maksimal(1,5A) dan kecepatan maksimal (2000 rpm) didapatkan daya keluaran maksimal dari generator adalah sebesar 4.76556 VoltAmpere (VA). Daya input eksitasi adalah sebesar 44.55 Watt, sedangkan daya input motor adalah 28.4172 watt. Dengan demikian hal ini menunjukan perbandingan daya output maksimal generator jauh sekali dibawah daya masukan ke generator. Berikut grafik perbandingan daya masukan dan daya keluaran yang dihasilkan generator



Gambar 4.9 Grafik perbandingan daya masuk dan daya keluar

Untuk mengetahui kemampuan maksimal generator untuk menghasilkan daya, dilakukan dengan mengalikan tegangan tanpa beban dari pengujian sebelumnya dengan arus hubung singkat yang didapatkan. Daya keluaran generator didapat dengan mengalikan tegangan dengan arus pada masing-masing fasa, kemudian menjumlahkan ketiga daya yang dihasilkan masing-masing fasa. Tabel 4.10 berikut menunjukkan perbandingan antara daya eksitasi, daya motor dan daya keluaran maksimal generator

Tabel 4.10 Data Perbandingan Daya Keluaran Dan Persentase Konversi

No	I _{ex}	V _{ex}	RPM	V _m	I _m	P _{ex}	P _m	P _{out}	% konversi
1	0.5	9.3	500	13.69	0.25	4.65	3.4225	0.3555	10.38714
2			750	16.8	0.27		4.536	0.5791	12.76675
3			1000	24.4	0.3		7.32	0.9126	12.46721
4			1250	31.5	0.33		10.395	1.1872	11.42088
5			1500	36.7	0.33		12.111	1.545	12.757
6			1750	45.9	0.34		15.606	1.7925	11.48597
7			2000	55.9	0.34		19.006	2.034	10.70188

Dengan demikian dapat ditentukan perbandingan antara daya input luar dengan daya keluaran generator adalah 28.4172 : 14.99. Dapat dinyatakan generator belum bekerja sesuai dengan yang diharapkan, atau masih jauh dari kata efisien. Sedangkan perbandingan antara daya keluaran dan daya eksitasi adalah 14.99 : 44.55, sehingga dinyatakan penggunaan eksitasi luar listrik DC pada generator tidak efisien. Akan tetapi daya eksitasi pada generator ini dapat diganti dengan magnet permanen, sehingga untuk selanjutnya daya eksitasi tidak lagi menjadi salah satu acuan dalam menghitung efisiensi daya generator ini.

Jika daya eksitasi diabaikan maka persentase daya yang bisa dikonversi oleh generator tipe ini adalah

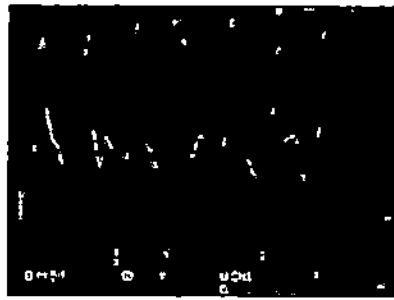
$$\frac{\text{daya keluaran}}{\text{daya motor}} \times 100\% \dots \dots \dots 4.3$$

dan untuk besarnya persentase maksimum rata-rata dari pengkonversian daya luar, dalam hal ini daya motor, dengan daya keluaran generator adalah

$$\frac{14.9962}{28.4172} \times 100\% = 52.77\%$$

Persentase konversi daya sebesar 52.77 % ini belum mampu menyaingi daya keluaran dari generator konvensional sehingga diperlukan pengembangan lebih lanjut tentang generator tipe khusus ini, mengingat beberapa keunggulan dari generator tipe ini yaitu, konstruksi yang sederhana, brushless, bobot rotor yang ringan serta kecepatan putaran yang tidak terpengaruh pada perubahan beban.



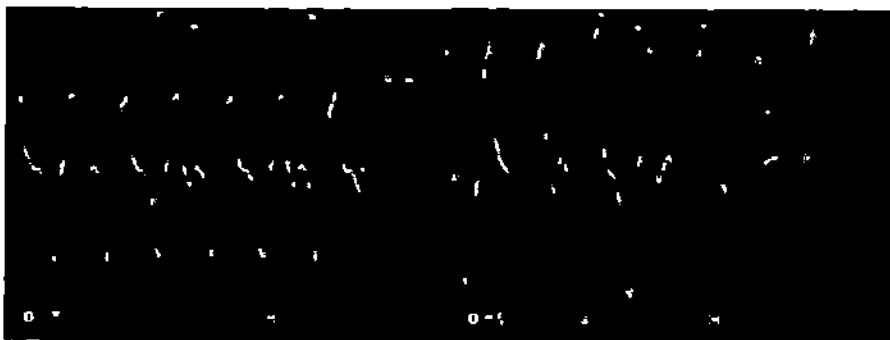


(g)

Gambar 4.10 (a) s/d (g) Bentuk perubahan gelombang tegangan keluaran generator dari pengaruh variasi putaran, saat eksitasi maksimal 1.5 Ampere dan beban 20%

Terlihat pada kecepatan 500 rpm tegangan puncak yang dihasilkan lebih rendah dari tegangan puncak pada 750 rpm, begitu seterusnya amplitude gelombang terus menaik sampai ke bentuk gelombang pada kecepatan 2000 rpm yang terlihat lebih besar. Rapat gelombang masing masing kecepatan juga berbeda, seiring bertambahnya kecepatan maka bentuk gelombang yang dihasilkan akan semakin rapat, artinya frekwensi akan naik seiring bertambahnya kecepatan putar generator.

Masukan arus eksitasi pada generator juga berpengaruh pada bentuk gelombang tegangan yang dihasilkan

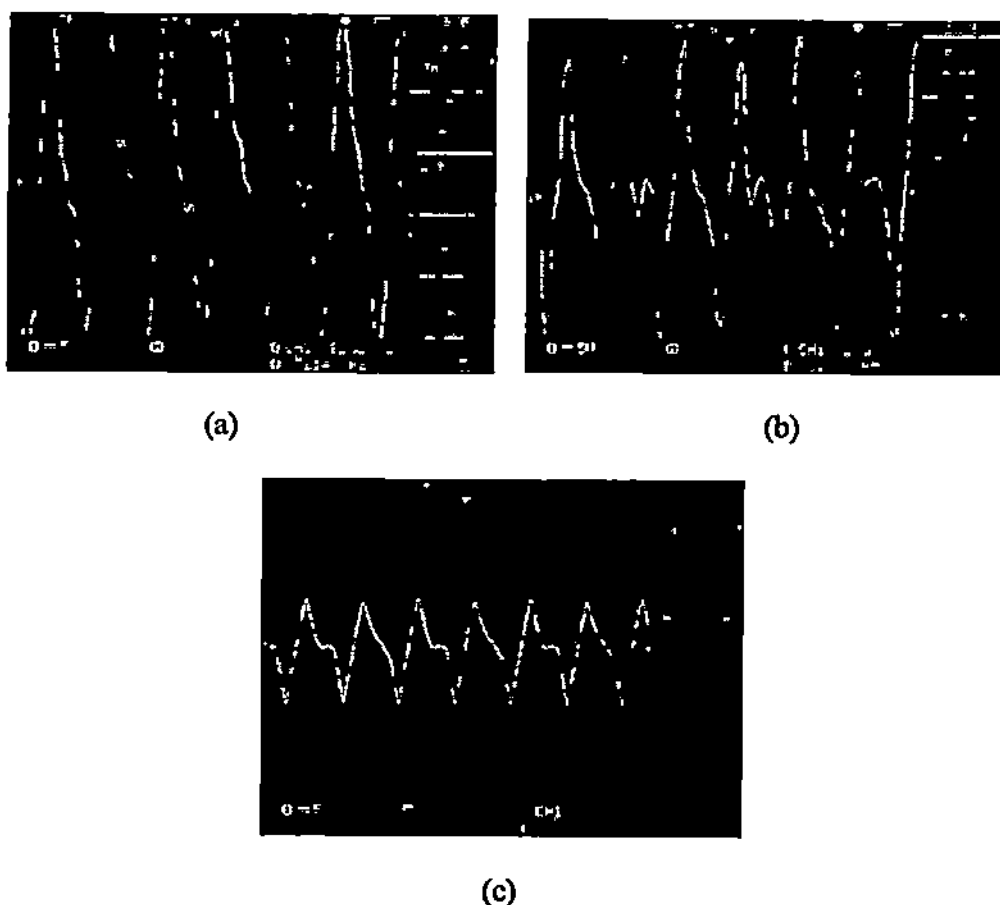


(a)

(b)

Gambar 4.11 (a),(b) perbandingan bentuk gelombang tegangan keluaran generator pada eksitasi (a) 0.5 A dan (b) 1.5 A, saat putaran konstan 2000 rpm dan pada beban 20%

Gambar 4.11 diatas menunjukan perbandingan antara gelombang tegangan keluaran generator pada arus eksitasi 0.5 ampere dengan arus eksitasi 1.5 ampere, saat putaran maksimal 2000 rpm. Dapat diketahui pula bahwa besarnya arus eksitasi yang masuk ke generator berpengaruh terhadap bentuk gelombang keluaran. Selanjutnya pada variasi beban juga didapatkan bentuk gelombang yang berbedaseperti gambar berikut



Gambar 4.12 perbedaan bentuk gelombang tegangan keluaran generator saat (a) pengujian tanpa beban, (b) pengujian beban 20% dan (c) pengujian beban 1%, saat arus eksitasi 1.5 A dan kecepatan putaran 2000 rpm

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan mengenai perancangan generator reluktansi tipe khusus ini, diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Generator reluktansi tipe khusus yang telah dirancang belum mencapai hasil yang optimal, sehingga perlu pengembangan lebih lanjut
2. Kombinasi kutub terbaik pada generator tipe khusus ini adalah U-S-U-S-U-S-U-S, dengan posisi rotor bersilangan
3. Perubahan besarnya arus eksitasi yang masuk ke generator mengakibatkan berubahnya tegangan dan arus keluaran generator, begitu juga dengan perubahan kecepatan rotasi, jika kecepatan rotasi naik maka dihasilkan tegangan maupun arus keluaran yang lebih besar, hal ini juga bergantung pada besarnya beban, jika beban kecil atau tahanan beban besar maka tegangan keluaran menjadi besar sedangkan arus kecil, dan begitu pula sebaliknya, jika beban menaik atau tahanan beban semakin mengecil maka tegangan menjadi mengecil dan arus membesar
4. Energy gerak rotasi yang masuk ke generator tipe khusus ini hanya dapat di konversi menjadi energy listrik sebesar rata-rata 52.74%, dan energy tersebut belum termasuk daya masukan eksitasi generator

DAFTAR KEPUSTAKAAN

- [1]SIHOMBING,MITROS.,magnetism,<http://modalholong.wordpress.com/2011/01/12/magnetism>, tanggal akses: 7 januari 2011
- [2] Anonim, http://en.wikipedia.org/wiki/Magnetic_circuit, tanggal akses: 25 januari 2011
- [3] Ganawati Dewi, Induksi Elektromagnetik 92, http://www.crayonpedia.org/mw/INDUKSIELEKTROMAGNETIK9.2_DEWI_GANAWATI, tanggal akses : 6 januari 2011
- [4] Saad, “pengkabelan gitar elektrik”, <http://catatansaad.wordpress.com/2009/10/07/pengkabelan-gitar-elektrik>, tanggal akses: 6 januari 2011
- [5]Anonim,“Pickup(MusicTechnology)”,http://en.wikipedia.org/wiki/Pickup_%28music_technology%29, tanggal akses: 6 january 2011
- [6] Newbury, Richard Prof., “Travelling Waves, Standing Waves And Harmonics”, School of Physics University of NSW Sydney Australia, http://www.phys.unsw.edu.au/exploratorials/catalogue/activities/activity_waves.htm, tanggal pemuatan : 14 agustus 2004, tanggal akses: 8 mei 2011
- [7] Zia A. Yamayee, Juan L. Bala “Electromechanical Energy Devices and Power Systems “. First Edition, 1994, John Wiley & Sons, Inc.
- [8] Siswoyo, 2008, “teknik listrik industri jilid 1” Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan Departemen Pendidikan Nasional
- [9] Anonym, 2007, “Magnetism”, Edexcel Level 3 BTEC Nationals in Engineering – Issue 1 – May 2007 © Edexcel Limited 2007
- [10]Haroen, yauarsyah, 1994, “Kontribusi Analisis Induktansi Sendiri Dan Induktansi Bersama Pada Sirkuit Listrik Dan Mesin Listrik Arus Bolak Baloik 3 Faasa”, Bandung: Proceeding ITB
- [11]Anonym,2010,penerapan induksi elektromagnetik, <http://nenysmadda.ucoz.org/news/> tangga akses 17 desember 2011 19:50

- [12]Anonym, 2011, "Konsep Induksi Elektromagnetik Dan Prinsip Kerja Alat Yang Mendasarkan PrinsipInduksi Elektromagnetik" <http://www.crayonpedia.org/mw/> tanggal akses 17 Desember 2011 18:17
- [13]Pawawoi, Andi MT., 2003, *Diktat Kuliah Mesin-Mesin Listrik Khusus (TEE 428)*, Jurusan Teknik Eelktro Fakultas Teknik Universitas Andalas
- [14]Soepono Soeparlan & Umar Yahdi, Teknik Rangkaian Listrik Jilid 2, Penerbit Universitas Gunadarma, Depok, 1995
- [15]Anonim, 2012, "Magnetic Mterials", <http://www.microwaves101.com/encyclopedia/magneticmaterials.cfm> tanggal akses : 22 january 2012
- [16]Soepono Soeparlan & Umar Yahdi, Teknik Rangkaian Listrik Jilid 1, Penerbit Universitas Gunadarma, Depok, 1995
- [17]William H.Hayt,Jr & Jack E. Kemmerly, Rangkaian Listrik Jilid 1(terjemahan Pantur Silaban), Penerbit Erlangga, Jakarta, 1991
- [18]Sears Zemansky,Fisika Untuk Universitas 2 (saduran bebas Nabris Chatib), Penerbit Bina Cipta, 1986
- [19]Tipler, Physics for Sscientists and Engineers, (terjemahan oleh Bambang Soegiono, Fisika untuk Sains dan Teknik jilid 2), Penerbit Erlangga, 1991
- [20]Resnick, Robert, David Halliday, Physics (terjemahan oleh Pantur Silaban, Fisika jilid 2), penerbit Erlangga.
- [21]Sutrisno, Seri Fisika Fisika Dasar listrik, magnet dan termofisika, Penerbit ITB, Bandung 1982

- [12]Anonym, 2011, "Konsep Induksi Elektromagnetik Dan Prinsip Kerja Alat Yang Mendasarkan PrinsipInduksi Elektromagnetik" <http://www.crayonpedia.org/mw/> tanggal akses 17 Desember 2011 18:17
- [13]Pawawoi, Andi MT., 2003, *Diklat Kuliah Mesin-Mesin Listrik Khusus (TEE 428)*, Jurusan Teknik Eelktro Fakultas Teknik Universitas Andalas
- [14]Soepono Soeparlan & Umar Yahdi, Teknik Rangkaian Listrik Jilid 2, Penerbit Universitas Gunadarma, Depok, 1995
- [15]Anonim, 2012, "Magnetic Mterials", <http://www.microwaves101.com/encyclopedia/magneticmaterials.cfm> tanggal akses : 22 january 2012
- [16]Soepono Soeparlan & Umar Yahdi, Teknik Rangkaian Listrik Jilid 1, Penerbit Universitas Gunadarma, Depok, 1995
- [17]William H.Hayt,Jr & Jack E. Kemmerly, Rangkaian Listrik Jilid 1(terjemahan Pantur Silaban), Penerbit Erlangga, Jakarta, 1991
- [18]Sears Zemansky,Fisika Untuk Universitas 2 (saduran bebas Nabris Chatib), Penerbit Bina Cipta, 1986
- [19]Tipler, Physics for Sscientists and Engineers, (terjemahan oleh Bambang Soegiono, Fisika untuk Sains dan Teknik jilid 2), Penerbit Erlangga, 1991
- [20]Resnick, Robert, David Halliday, Physics (terjemahan oleh Pantur Silaban, Fisika jilid 2), penerbit Erlangga.
- [21]Sutrisno, Seri Fisika Fisika Dasar listrik, magnet dan termofisika, Penerbit ITB, Bandung 1982

Data
Pengujian
Beban
20%

I _{ex}	V _{ex}	RPM	V _{out}			I _{out}			V _m	I _m	P _{ex}	P _m	P _{out}	% konversi
			V1	V2	V3	I1	I2	I3						
0,5	9,3	500	0,99	0,98	0,99	0,003	0,003	0,003	13,69	0,25	4,65	3,4225	0,00888	0,259459
		750	1,12	1,12	1,12	0,004	0,004	0,004	16,8	0,27		4,536	0,01344	0,296296
		1000	1,51	1,52	1,52	0,006	0,006	0,006	24,4	0,3		7,32	0,0273	0,372951
		1250	1,82	1,83	1,83	0,007	0,007	0,007	31,5	0,33		10,395	0,03836	0,369024
		1500	2,2	2,22	2,22	0,008	0,008	0,008	36,7	0,33		12,111	0,05312	0,43861
		1750	3,49	5,5	3,49	0,014	0,014	0,015	45,9	0,34		15,606	0,17821	1,141933
		2000	4,13	4,14	4,13	0,015	0,015	0,016	55,9	0,34		19,006	0,19013	1,000368
														3,878641
0,75	14,3	500	1,5	1,5	1,5	0,005	0,005	0,005	13,7	0,26	10,725	3,562	0,0225	0,631668
		750	2,09	2,1	2,09	0,007	0,006	0,007	17	0,28		4,76	0,04186	0,879412
		1000	2,61	2,62	2,61	0,009	0,008	0,009	24,5	0,35		8,575	0,06794	0,792303
		1250	3,18	3,18	3,18	0,011	0,011	0,011	31,99	0,35		11,1965	0,10494	0,937257
		1500	3,9	3,92	3,9	0,014	0,013	0,014	37,5	0,34		12,75	0,16016	1,256157
		1750	4,31	4,32	4,32	0,016	0,015	0,015	46,4	0,35		16,24	0,19856	1,22266
		2000	5,04	5,06	5,04	0,019	0,018	0,019	59,9	0,36		21,564	0,2826	1,310518
														7,029974
1	18,8	500	1,81	1,81	1,81	0,006	0,006	0,006	13,7	0,26	18,8	3,562	0,03258	0,914655
		750	2,35	2,36	2,35	0,008	0,008	0,008	17,2	0,29		4,988	0,05648	1,132318
		1000	3,2	3,22	3,22	0,013	0,012	0,012	24,8	0,31		7,688	0,11888	1,546306
		1250	3,51	3,53	3,53	0,014	0,013	0,013	32,6	0,34		11,084	0,14092	1,271382
		1500	4,3	4,33	4,32	0,017	0,016	0,017	38,9	0,34		13,226	0,21582	1,631786
		1750	6,71	6,69	6,7	0,021	0,021	0,022	50,5	0,35		17,675	0,4288	2,426025
		2000	8,2	8,21	8,2	0,027	0,026	0,027	61,5	0,35		21,525	0,65626	3,048827
														11,9713
1,25	24,25	500	2,75	2,75	2,75	0,009	0,009	0,009	13,6	0,26	30,3125	3,536	0,07425	2,09983
		750	3,54	3,55	3,54	0,013	0,013	0,014	17,6	0,29		5,104	0,14173	2,776842
		1000	4,61	4,62	4,62	0,017	0,017	0,017	25,6	0,3		7,68	0,23545	3,065755
		1250	5,38	5,38	5,37	0,021	0,021	0,022	33,1	0,32		10,592	0,3441	3,248678
		1500	6,54	6,54	6,54	0,024	0,024	0,024	39,4	0,36		14,184	0,47088	3,319797
		1750	7,6	7,63	7,6	0,028	0,027	0,028	51,6	0,35		18,06	0,63161	3,497287
		2000	9,32	9,33	9,3	0,033	0,034	0,035	64,3	0,39		25,077	0,95028	3,789448
														21,79764
1,5	29,7	500	2,95	2,96	2,96	0,016	0,015	0,016	13,6	0,25	44,55	3,4	0,13896	4,087059
		750	3,43	3,44	3,44	0,017	0,016	0,017	18	0,29		5,22	0,17183	3,291762
		1000	4,61	4,63	4,62	0,018	0,016	0,019	26,7	0,32		8,544	0,24484	2,855637
		1250	5,35	5,35	5,34	0,022	0,022	0,023	34,9	0,32		11,168	0,35822	3,207557
		1500	6,7	6,75	6,75	0,025	0,023	0,024	41,3	0,35		14,455	0,48475	3,353511
		1750	8,71	8,72	8,71	0,034	0,033	0,034	53,4	0,39		20,826	0,88004	4,225679
		2000	12,46	12,47	12,44	0,052	0,053	0,054	67,66	0,42		28,4172	1,98059	6,969687

Data
Pengujian
Beban
15%

I _{ex}	V _{ex}	RPM	V _{out}			I _{out}			V _m	I _m	P _{ex}	P _m	P _{out}	% konversi
			V1	V2	V3	I1	I2	I3						
0,5	9,3	500	0,99	0,1	0,99	0,004	0,004	0,004	13,69	0,25	4,65	3,4225	0,00832	0,243097
		750	1,47	1,48	1,47	0,006	0,005	0,006	16,8	0,27		4,536	0,02504	0,552028
		1000	1,59	1,61	1,6	0,012	0,011	0,013	24,4	0,3		7,32	0,05759	0,786749
		1250	1,98	1,99	5,97	0,013	0,013	0,014	31,5	0,33		10,395	0,13519	1,300529
		1500	2,2	2,24	2,23	0,015	0,014	0,015	36,7	0,33		12,111	0,09781	0,807613
		1750	3,31	3,34	3,31	0,019	0,018	0,019	45,9	0,34		15,606	0,1859	1,191209
		2000	4,57	4,59	4,57	0,02	0,019	0,02	55,9	0,34		19,006	0,27001	1,420657
0,75	14,3	500	1,56	1,56	1,56	0,007	0,007	0,007	13,7	0,26	10,725	3,562	0,03276	0,919708
		750	2,1	2,1	2,1	0,011	0,012	0,012	17	0,28		4,76	0,0735	1,544118
		1000	2,28	2,29	2,28	0,011	0,011	0,012	24,5	0,35		8,575	0,07763	0,905306
		1250	2,69	2,69	2,69	0,014	0,013	0,014	31,99	0,35		11,1965	0,11029	0,98504
		1500	3,21	3,21	3,2	0,018	0,018	0,019	37,5	0,34		12,75	0,17636	1,383216
		1750	3,71	3,72	3,7	0,02	0,019	0,021	46,4	0,35		16,24	0,22258	1,370567
		2000	4,64	4,65	4,64	0,022	0,021	0,022	59,9	0,36		21,564	0,30181	1,399601
1	18,8	500	1,82	1,84	1,82	0,009	0,008	0,009	13,7	0,26	18,8	3,562	0,04748	1,332959
		750	2,24	2,26	2,24	0,013	0,012	0,013	17,2	0,29		4,988	0,08536	1,711307
		1000	3,21	3,25	3,21	0,018	0,017	0,018	24,8	0,31		7,688	0,17081	2,221774
		1250	3,55	3,54	3,55	0,02	0,021	0,021	32,6	0,34		11,084	0,21989	1,983851
		1500	4,3	4,3	4,3	0,024	0,022	0,021	38,9	0,34		13,226	0,2881	2,178285
		1750	5,65	5,64	5,64	0,031	0,031	0,032	50,5	0,35		17,675	0,53047	3,001245
		2000	6,95	6,98	6,95	0,036	0,034	0,036	61,5	0,35		21,525	0,73772	3,427271
1,25	24,25	500	2,71	2,71	2,71	0,013	0,013	0,013	13,6	0,26	30,3125	3,536	0,10569	2,988971
		750	3,51	3,53	3,53	0,017	0,016	0,016	17,6	0,29		5,104	0,17263	3,382249
		1000	4,54	4,56	4,54	0,022	0,021	0,023	25,6	0,3		7,68	0,30006	3,907031
		1250	5,35	5,38	5,35	0,027	0,025	0,027	33,1	0,32		10,592	0,4234	3,997356
		1500	5,99	6,03	6	0,032	0,031	0,032	39,4	0,36		14,184	0,57061	4,022913
		1750	7,37	7,38	7,35	0,037	0,038	0,039	51,6	0,35		18,06	0,83978	4,649945
		2000	8,5	8,52	8,5	0,041	0,04	0,041	64,3	0,39		25,077	1,0378	4,138454
1,5	29,7	500	2,81	2,84	2,81	0,015	0,014	0,015	13,6	0,25	44,55	3,4	0,12406	3,648824
		750	3,33	3,34	3,33	0,021	0,021	0,021	18	0,29		5,22	0,21	4,022989
		1000	4,62	4,64	4,62	0,026	0,024	0,026	26,7	0,32		8,544	0,3516	4,115169
		1250	5,41	5,42	5,4	0,032	0,032	0,033	34,9	0,32		11,168	0,52476	4,698782
		1500	6,9	6,92	6,92	0,035	0,035	0,035	41,3	0,35		14,455	0,7259	5,021792
		1750	9,98	10	9,99	0,052	0,051	0,052	53,4	0,39		20,826	1,54844	7,435129
		2000	12,08	12,15	12,12	0,068	0,067	0,069	67,66	0,42		28,4172	2,47177	8,698148

Data
Pengujian
Beban
10%

I _{ex}	V _{ex}	RPM	V _{out}			I _{out}			V _m	I _m	P _{ex}	P _m	P _{out}	% konversi
			V1	V2	V3	I1	I2	I3						
0,5	9,3	500	0,92	0,93	0,93	0,006	0,006	0,006	13,69	0,25	4,65	3,4225	0,01668	0,487363
		750	1,22	1,22	1,22	0,009	0,009	0,009	16,8	0,27		4,536	0,03294	0,72619
		1000	1,56	1,57	1,56	0,012	0,011	0,012	24,4	0,3		7,32	0,05471	0,747404
		1250	1,98	2	1,99	0,013	0,012	0,013	31,5	0,33		10,395	0,07561	0,727369
		1500	2,23	2,24	2,23	0,015	0,015	0,015	36,7	0,33		12,111	0,1005	0,829824
		1750	3,44	3,46	3,44	0,018	0,018	0,018	45,9	0,34		15,606	0,18612	1,192618
		2000	4,37	4,38	3,36	0,034	0,033	0,034	55,9	0,34		19,006	0,40736	2,143323
														6,854092
0,75	14,3	500	1,6	1,63	1,61	0,011	0,01	0,011	13,7	0,26	10,725	3,562	0,05161	1,448905
		750	1,99	2,15	2	0,013	0,012	0,013	17	0,28		4,76	0,07767	1,631723
		1000	2,56	2,59	2,56	0,017	0,017	0,18	24,5	0,35		8,575	0,54835	6,394752
		1250	3,09	3,11	3,07	0,021	0,021	0,22	31,99	0,35		11,1965	0,8056	7,195106
		1500	3,89	3,9	3,89	0,026	0,025	0,26	37,5	0,34		12,75	1,21004	9,49051
		1750	4,8	4,8	4,79	0,029	0,029	0,3	46,4	0,35		16,24	1,7154	10,56281
		2000	5,02	5,06	5,03	0,035	0,034	0,35	59,9	0,36		21,564	2,10824	9,776565
														46,50047
1	18,8	500	1,86	1,88	1,65	0,013	0,012	0,014	13,7	0,26	18,8	3,562	0,06984	1,960696
		750	2,31	2,34	2,3	0,017	0,016	0,017	17,2	0,29		4,988	0,11581	2,321772
		1000	3,21	3,21	3,21	0,023	0,022	0,023	24,8	0,31		7,688	0,21828	2,83923
		1250	3,99	4,01	3,99	0,026	0,025	0,026	32,6	0,34		11,084	0,30773	2,776344
		1500	4,32	4,32	4,32	0,034	0,032	0,034	38,9	0,34		13,226	0,432	3,266294
		1750	5,01	5,01	5,01	0,036	0,035	0,036	50,5	0,35		17,675	0,53607	3,032928
		2000	6,4	6,42	6,38	0,046	0,046	0,047	61,5	0,35		21,525	0,88958	4,132776
														20,33004
1,25	24,25	500	2,37	2,39	2,37	0,016	0,015	0,016	13,6	0,26	30,3125	3,536	0,11169	3,158654
		750	3,2	3,2	3,19	0,023	0,023	0,024	17,6	0,29		5,104	0,22376	4,384013
		1000	4,06	4,06	4,02	0,029	0,029	0,03	25,6	0,3		7,68	0,35608	4,636458
		1250	5,01	5,01	5,01	0,036	0,035	0,036	33,1	0,32		10,592	0,53607	5,061084
		1500	5,79	5,8	5,77	0,041	0,041	0,042	39,4	0,36		14,184	0,71753	5,058728
		1750	6,7	6,74	6,7	0,049	0,048	0,049	51,6	0,35		18,06	0,98012	5,427021
		2000	7,92	7,94	7,93	0,057	0,055	0,057	64,3	0,39		25,077	1,34015	5,34414
														33,0701
1,5	29,7	500	2,65	2,68	2,66	0,019	0,018	0,019	13,6	0,25	44,55	3,4	0,14913	4,386176
		750	3,36	3,37	3,36	0,025	0,025	0,025	18	0,29		5,22	0,25225	4,832375
		1000	4,64	4,65	4,64	0,035	0,034	0,035	26,7	0,32		8,544	0,4829	5,651919
		1250	5,32	5,32	5,3	0,042	0,042	0,043	34,9	0,32		11,168	0,67478	6,042085
		1500	6,4	6,43	6,43	0,051	0,049	0,051	41,3	0,35		14,455	0,9694	6,70633
		1750	8,65	8,67	8,64	0,072	0,07	0,072	53,4	0,39		20,826	1,85178	8,891674
		2000	10,35	10,37	10,35	0,099	0,1	0,1	67,66	0,42		28,4172	3,09665	10,8971

Data
Pengujian
Beban
5%

I ex	V ex	RPM	V out			I out			V m	I m	P ex	P m	P out	% konversi
			V1	V2	V3	I1	I2	I3						
0,5	9,3	500	0,99	1	0,99	0,018	0,019	0,019	13,69	0,25	4,65	3,4225	0,05563	1,62542
		750	1,52	1,53	1,52	0,024	0,023	0,024	16,8	0,27		4,536	0,10815	2,384259
		1000	1,81	1,84	1,82	0,033	0,033	0,033	24,4	0,3		7,32	0,18051	2,465984
		1250	2,19	2,21	2,19	0,038	0,037	0,038	31,5	0,33		10,395	0,24821	2,387783
		1500	2,41	2,43	2,39	0,043	0,043	0,044	36,7	0,33		12,111	0,31328	2,586739
		1750	2,69	2,7	2,66	0,051	0,051	0,051	45,9	0,34		15,606	0,41055	2,630719
		2000	2,91	3,1	2,98	0,051	0,051	0,052	55,9	0,34		19,006	0,46147	2,428023
														16,50893
0,75	14,3	500	1,67	1,69	1,67	0,019	0,018	0,019	13,7	0,26	10,725	3,562	0,09388	2,635598
		750	1,82	1,99	1,82	0,027	0,026	0,027	17	0,28		4,76	0,15002	3,151681
		1000	2,11	2,12	2,11	0,036	0,036	0,036	24,5	0,35		8,575	0,22824	2,661691
		1250	2,31	2,35	2,34	0,041	0,041	0,042	31,99	0,35		11,1965	0,28934	2,5842
		1500	2,62	2,66	2,6	0,05	0,049	0,051	37,5	0,34		12,75	0,39394	3,089725
		1750	2,86	2,9	2,85	0,056	0,055	0,056	46,4	0,35		16,24	0,47926	2,951108
		2000	3,1	3,15	3,11	0,061	0,06	0,061	59,9	0,36		21,564	0,56781	2,633139
														19,70714
1	18,8	500	1,49	1,5	1,49	0,021	0,021	0,021	13,7	0,26	18,8	3,562	0,09408	2,641213
		750	2,01	2,05	2,01	0,031	0,03	0,031	17,2	0,29		4,988	0,18612	3,731355
		1000	2,43	2,44	2,43	0,045	0,045	0,046	24,8	0,31		7,688	0,33093	4,304501
		1250	2,88	4,42	2,8	0,055	0,054	0,055	32,6	0,34		11,084	0,55108	4,971851
		1500	3,45	3,47	3,45	0,065	0,064	0,066	38,9	0,34		13,226	0,67403	5,09625
		1750	3,81	3,86	3,83	0,074	0,073	0,074	50,5	0,35		17,675	0,84714	4,792871
		2000	3,89	3,91	3,88	0,076	0,075	0,076	61,5	0,35		21,525	0,88377	4,105784
														29,64382
1,25	24,25	500	1,97	1,98	1,97	0,022	0,022	0,022	13,6	0,26	30,3125	3,536	0,13024	3,683258
		750	2,8	2,83	2,8	0,032	0,031	0,032	17,6	0,29		5,104	0,26693	5,22982
		1000	3,57	3,57	3,55	0,051	0,051	0,052	25,6	0,3		7,68	0,54874	7,145052
		1250	4,42	4,43	4,39	0,078	0,078	0,079	33,1	0,32		10,592	1,03711	9,791446
		1500	5,04	5,06	5	0,092	0,094	0,095	39,4	0,36		14,184	1,41432	9,971235
		1750	5,67	5,69	5,66	0,111	0,11	0,122	51,6	0,35		18,06	1,94579	10,77403
		2000	6,41	6,44	6,41	0,123	0,0121	0,124	64,3	0,39		25,077	1,661194	6,624373
														53,21922
1,5	29,7	500	2,39	2,41	2,39	0,03	0,031	0,031	13,6	0,25	44,55	3,4	0,2205	6,485294
		750	3,02	3,05	3,02	0,051	0,051	0,052	18	0,29		5,22	0,46651	8,938889
		1000	4,2	4,24	4,21	0,059	0,058	0,059	26,7	0,32		8,544	0,74211	8,685744
		1250	4,99	5	4,97	0,089	0,087	0,09	34,9	0,32		11,168	1,32641	11,87688
		1500	6,08	6,09	6,06	0,123	0,119	0,125	41,3	0,35		14,455	2,23005	15,42753
		1750	8,6	6,61	8,58	0,17	0,169	0,171	53,4	0,39		20,826	4,04627	19,42893
		2000	9,39	9,4	9,34	0,198	0,196	0,201	67,66	0,42		28,4172	5,57896	19,63234

Tabel Beban 20 % dan kecepatan putar 2000 RPM

beban	I _{ex}	RPM	V _{out}			I _{out}			V _m	I _m
			V1	V2	V3	I1	I2	I3		
20	0,5	2000	4,13	4,14	4,13	0,015	0,015	0,016	55,9	0,34
	0,75	2000	5,04	5,06	5,04	0,019	0,018	0,019	59,9	0,36
	1	2000	8,2	8,21	8,2	0,027	0,026	0,027	61,5	0,35
	1,25	2000	9,32	9,33	9,3	0,033	0,034	0,035	64,3	0,39
	1,5	2000	12,46	12,47	12,44	0,052	0,053	0,054	67,66	0,42

Tabel Beban 15 % dan kecepatan putar 2000 RPM

beban	I _{ex}	RPM	V _{out}			I _{out}			V _m	I _m
			V1	V2	V3	I1	I2	I3		
15	0,5	2000	4,57	4,59	4,57	0,02	0,019	0,02	55,9	0,34
	0,75	2000	4,64	4,65	4,64	0,022	0,021	0,022	59,9	0,36
	1	2000	6,95	6,98	6,95	0,036	0,034	0,036	61,5	0,35
	1,25	2000	8,5	8,52	8,5	0,041	0,04	0,041	64,3	0,39
	1,5	2000	12,08	12,15	12,12	0,068	0,067	0,069	67,66	0,42

Tabel Beban 10 % dan kecepatan putar 2000 RPM

beban	I _{ex}	RPM	V _{out}			I _{out}			V _m	I _m
			V1	V2	V3	I1	I2	I3		
10	0,5	2000	4,37	4,38	3,36	0,034	0,033	0,034	55,9	0,34
	0,75	2000	5,02	5,06	5,03	0,035	0,034	0,35	59,9	0,36
	1	2000	6,4	6,42	6,38	0,046	0,046	0,047	61,5	0,35
	1,25	2000	7,92	7,94	7,93	0,057	0,055	0,057	64,3	0,39
	1,5	2000	10,35	10,37	10,35	0,099	0,1	0,1	67,66	0,42

Tabel Beban 5 % dan kecepatan putar 2000 RPM

beban	I _{ex}	RPM	V _{out}			I _{out}			V _m	I _m
			V1	V2	V3	I1	I2	I3		
5	0,5	2000	2,91	3,1	2,98	0,051	0,051	0,052	55,9	0,34
	0,75	2000	3,1	3,15	3,11	0,061	0,06	0,061	59,9	0,36
	1	2000	3,89	3,91	3,88	0,076	0,075	0,076	61,5	0,35
	1,25	2000	6,41	6,44	6,41	0,123	0,0121	0,124	64,3	0,39
	1,5	2000	9,39	9,4	9,34	0,198	0,196	0,201	67,66	0,42

Tabel Beban 1 % dan kecepatan putar 2000 RPM

beban	I _{ex}	RPM	V _{out}			I _{out}			V _m	I _m
			V1	V2	V3	I1	I2	I3		
1	0,5	2000	2	2,02	1,99	0,099	0,097	0,1	55,9	0,34
	0,75	2000	2,99	3	2,97	0,109	0,106	0,11	59,9	0,36
	1	2000	4,29	4,26	0,214	0,214	0,215	61,5	0,35	0,35
	1,25	2000	4,6	4,61	4,58	0,24	0,239	0,242	64,3	0,39
	1,5	2000	5,6	5,62	5,58	0,283	0,283	0,285	67,66	0,42

Tabel Perubahan beban terhadap tegangan dan arus keluaran pada arus eksitasi tetap 1.5 ampere dan kecepatan putar rotor

2000 RPM

beban	V out			I out		
	V1	V2	V3	I1	I2	I3
20	12,46	12,47	12,44	0,052	0,053	0,054
15	12,08	12,15	12,12	0,068	0,067	0,069
10	10,35	10,37	10,35	0,099	0,1	0,1
5	9,39	9,4	9,34	0,198	0,196	0,201
1	5,6	5,62	5,58	0,283	0,283	0,285

Tabel Pengaruh perubahan kecepatan putar rotor terhadap tegangan dan arus keluaran pada beban 1 % dan arus eksitasi

1.5 ampere

RPM	V out			I out			Vm	Im
	V1	V2	V3	I1	I2	I3		
500	2,35	2,36	2,35	0,124	0,124	0,125	13,6	0,25
750	3,1	3,13	3,09	0,165	0,154	0,166	18	0,29
1000	3,71	3,74	3,71	0,176	0,175	0,178	26,7	0,32
1250	4,38	4,39	4,38	0,212	0,211	0,213	34,9	0,32
1500	4,9	4,91	4,89	0,244	0,244	0,246	41,3	0,35
1750	5,29	5,31	5,29	0,259	0,258	0,26	53,4	0,39
2000	5,6	5,62	5,58	0,283	0,283	0,285	67,66	0,42

Tabel Besar arus keluaran saat pengujian hubung singkat

I _{ex}	V _{ex}	RPM	I _{out}			V _m	I _m	P _{ex}	P _m
			I ₁	I ₂	I ₃				
0,5	9,3	500	0,09	0,09	0,09	13,69	0,25	4,65	3,4225
		750	0,11	0,11	0,12	16,8	0,27		4,536
		1000	0,13	0,13	0,13	24,4	0,3		7,32
		1250	0,14	0,14	0,14	31,5	0,33		10,395
		1500	0,15	0,15	0,15	36,7	0,33		12,111
		1750	0,15	0,15	0,15	45,9	0,34		15,606
		2000	0,15	0,15	0,15	55,9	0,34		19,006
0,75	14,3	500	0,13	0,13	0,14	13,7	0,26	10,725	3,562
		750	0,16	0,16	0,17	17	0,28		4,76
		1000	0,18	0,2	0,19	24,5	0,35		8,575
		1250	0,21	0,2	0,21	31,99	0,35		11,1965
		1500	0,21	0,2	0,21	37,5	0,34		12,75
		1750	0,21	0,21	0,21	46,4	0,35		16,24
		2000	0,21	0,2	0,22	59,9	0,36		21,564
1	18,8	500	0,19	0,18	0,19	13,7	0,26	18,8	3,562
		750	0,21	0,21	0,22	17,2	0,29		4,988
		1000	0,24	0,24	0,25	24,8	0,31		7,688
		1250	0,26	0,26	0,26	32,6	0,34		11,084
		1500	0,27	0,27	0,27	38,9	0,34		13,226
		1750	0,27	0,26	0,27	50,5	0,35		17,675
		2000	0,28	0,27	0,28	61,5	0,35		21,525
1,25	24,25	500	0,22	0,21	0,22	13,6	0,26	30,3125	3,536
		750	0,26	0,26	0,27	17,6	0,29		5,104
		1000	0,31	0,31	0,32	25,6	0,3		7,68
		1250	0,32	0,32	0,32	33,1	0,32		10,592
		1500	0,31	0,31	0,32	39,4	0,36		14,184
		1750	0,32	0,33	0,33	51,6	0,35		18,06
		2000	0,34	0,34	0,34	64,3	0,39		25,077
1,5	29,7	500	0,26	0,26	0,26	13,6	0,25	44,55	3,4
		750	0,27	0,28	0,29	18	0,29		5,22
		1000	0,33	0,34	0,34	26,7	0,32		8,544
		1250	0,35	0,35	0,35	34,9	0,32		11,168
		1500	0,35	0,35	0,36	41,3	0,35		14,455
		1750	0,37	0,36	0,37	53,4	0,39		20,826
		2000	0,39	0,38	0,38	67,66	0,42		28,4172

Tabel Besar arus keluaran saat pengujian hubung singkat

I _{ex}	V _{ex}	RPM	I _{out}			V _m	I _m	P _{ex}	P _m
			I ₁	I ₂	I ₃				
0,5	9,3	500	0,09	0,09	0,09	13,69	0,25	4,65	3,4225
		750	0,11	0,11	0,12	16,8	0,27		4,536
		1000	0,13	0,13	0,13	24,4	0,3		7,32
		1250	0,14	0,14	0,14	31,5	0,33		10,395
		1500	0,15	0,15	0,15	36,7	0,33		12,111
		1750	0,15	0,15	0,15	45,9	0,34		15,606
		2000	0,15	0,15	0,15	55,9	0,34		19,006
0,75	14,3	500	0,13	0,13	0,14	13,7	0,26	10,725	3,562
		750	0,16	0,16	0,17	17	0,28		4,76
		1000	0,18	0,2	0,19	24,5	0,35		8,575
		1250	0,21	0,2	0,21	31,99	0,35		11,1965
		1500	0,21	0,2	0,21	37,5	0,34		12,75
		1750	0,21	0,21	0,21	46,4	0,35		16,24
		2000	0,21	0,2	0,22	59,9	0,36		21,564
1	18,8	500	0,19	0,18	0,19	13,7	0,26	18,8	3,562
		750	0,21	0,21	0,22	17,2	0,29		4,988
		1000	0,24	0,24	0,25	24,8	0,31		7,688
		1250	0,26	0,26	0,26	32,6	0,34		11,084
		1500	0,27	0,27	0,27	38,9	0,34		13,226
		1750	0,27	0,26	0,27	50,5	0,35		17,675
		2000	0,28	0,27	0,28	61,5	0,35		21,525
1,25	24,25	500	0,22	0,21	0,22	13,6	0,26	30,3125	3,536
		750	0,26	0,26	0,27	17,6	0,29		5,104
		1000	0,31	0,31	0,32	25,6	0,3		7,68
		1250	0,32	0,32	0,32	33,1	0,32		10,592
		1500	0,31	0,31	0,32	39,4	0,36		14,184
		1750	0,32	0,33	0,33	51,6	0,35		18,06
		2000	0,34	0,34	0,34	64,3	0,39		25,077
1,5	29,7	500	0,26	0,26	0,26	13,6	0,25	44,55	3,4
		750	0,27	0,28	0,29	18	0,29		5,22
		1000	0,33	0,34	0,34	26,7	0,32		8,544
		1250	0,35	0,35	0,35	34,9	0,32		11,168
		1500	0,35	0,35	0,36	41,3	0,35		14,455
		1750	0,37	0,36	0,37	53,4	0,39		20,826
		2000	0,39	0,38	0,38	67,66	0,42		28,4172

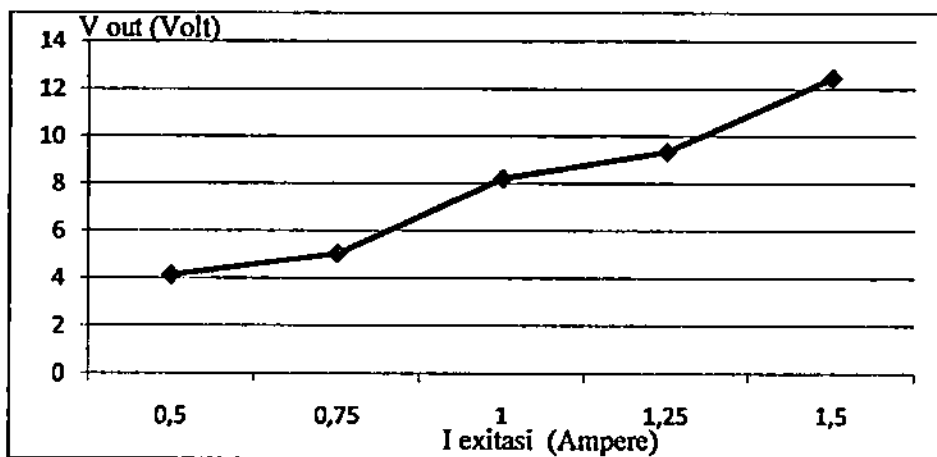
Tabel Daya masukan maupun daya yang dihasilkan pada pengujian generator saat arus eksitasi 1.5 Ampere dan kecepatan rotor berubah

RPM	I _{ex}	V _{ex}	V _m	I _m	P _{ex}	P _m	P _{out}	% konversi
500	1,5	29,7	13,6	0,25	44,55	3,4	0,87779	25,81735
750			18	0,29		5,22	1,50646	28,85939
1000			26,7	0,32		8,544	1,96784	23,03184
1250			34,9	0,32		11,168	2,78779	24,9623
1500			41,3	0,35		14,455	3,59658	24,88122
1750			53,4	0,39		20,826	4,11549	19,76131
2000			67,66	0,42		28,4172	4,76556	16,76998

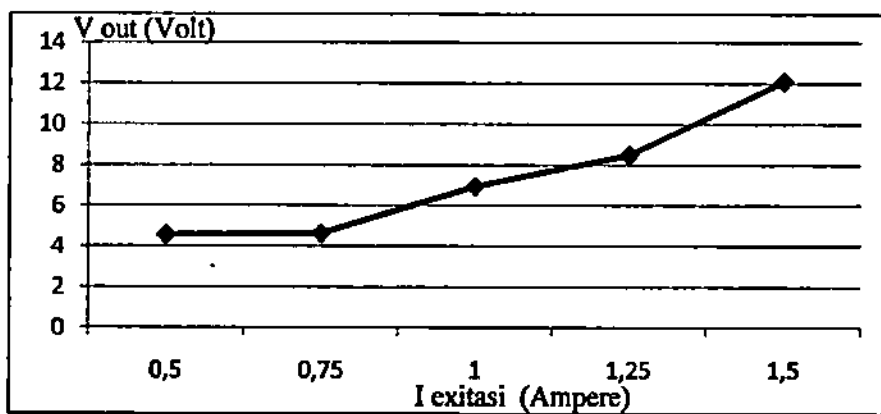
Tabel keluaran generator saat kondisi berbeban terbesar, yaitu beban 1 % dan putaran konstan pada 2000 RPM

I _{ex}	V _{ex}	V _{out}			I _{out}			V _m	I _m	P _{ex}	P _m	P _{out}	% konversi
		V1	V2	V3	I1	I2	I3						
0,5	9,3	2	2,02	1,99	0,099	0,097	0,1	55,9	0,34	4,65	19,006	0,59294	3,119752
0,75	14,3	2,99	3	2,97	0,109	0,106	0,11	59,9	0,36	10,725	21,564	0,97061	4,501067
1	18,8	4,28	4,29	4,26	0,214	0,214	0,215	61,5	0,35	18,8	21,525	2,74988	12,77528
1,25	24,25	4,6	4,61	4,58	0,24	0,239	0,242	64,3	0,39	30,3125	25,077	3,31415	13,2159
1,5	29,7	5,6	5,62	5,58	0,283	0,283	0,285	67,66	0,42	44,55	28,4172	4,76556	16,76998

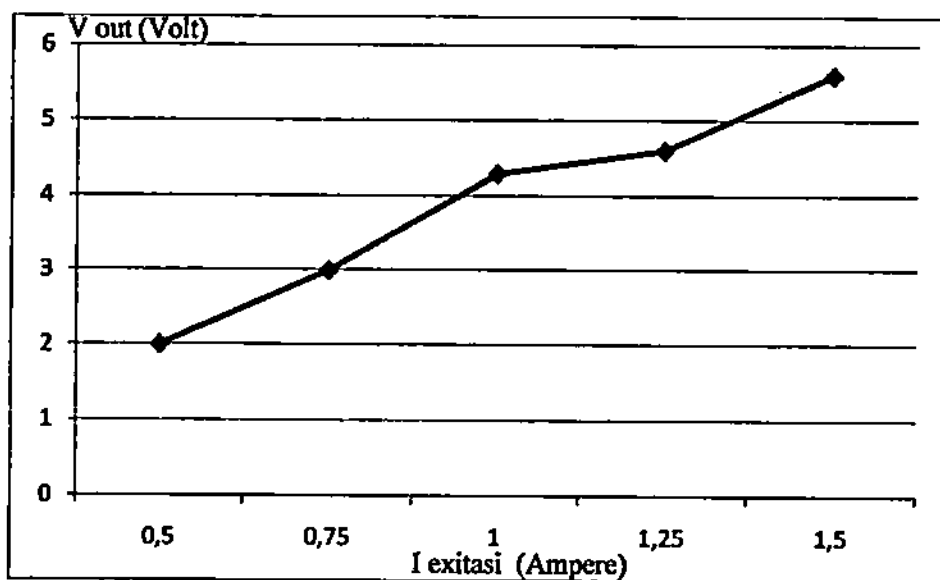
LAMPIRAN II



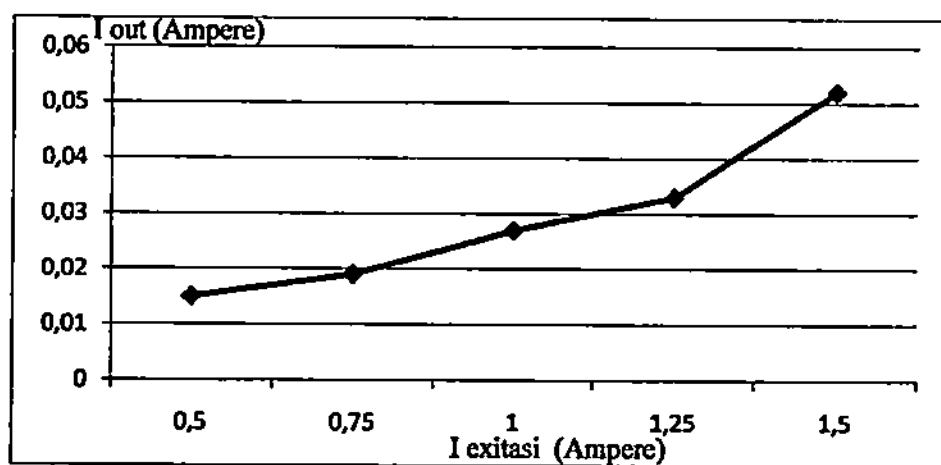
Grafik Perbandingan perubahan arus eksitasi dan tegangan keluaran pada beban 20 %



Grafik Perbandingan perubahan arus eksitasi dan tegangan keluaran pada beban 15 %

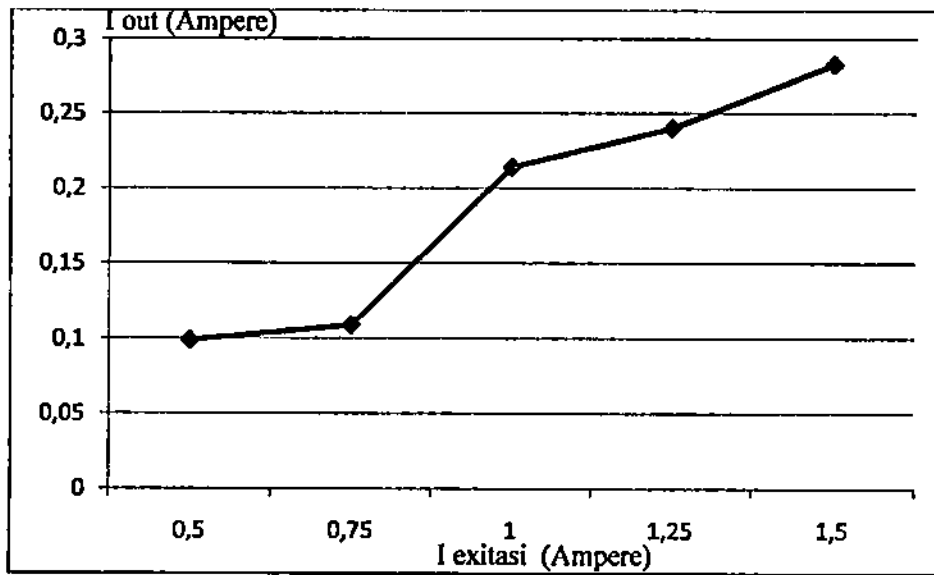


Grafik Perbandingan perubahan arus eksitasi dan tegangan keluaran pada beban 1 %

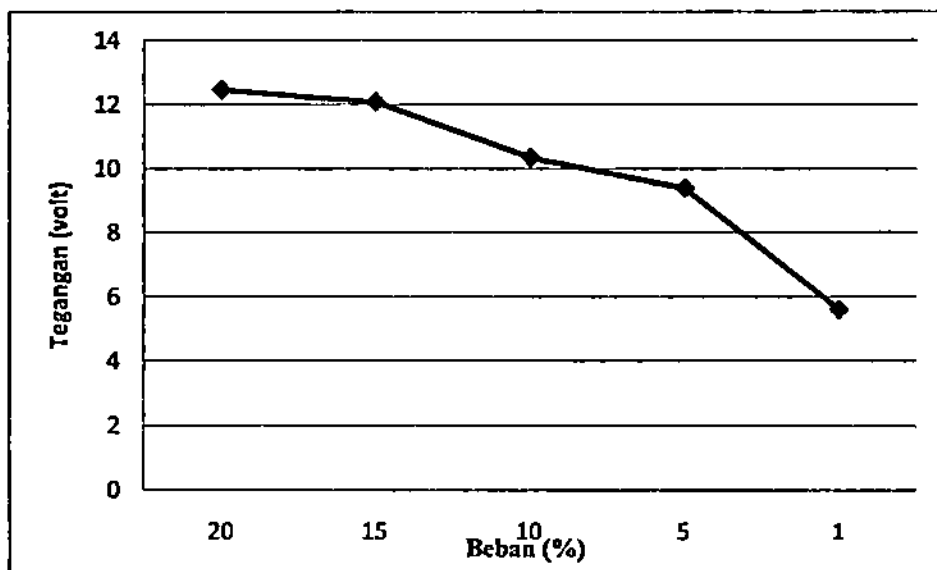


Grafik Perbandingan perubahan arus eksitasi dan arus keluaran pada beban 20 %

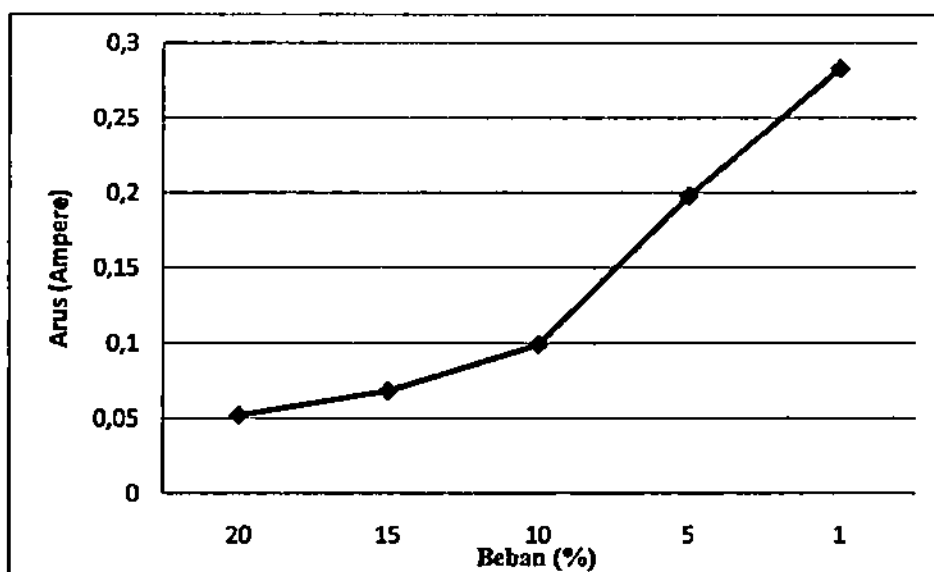
Grafik Perbandingan perubahan arus eksitasi dan arus keluaran pada beban 5 %



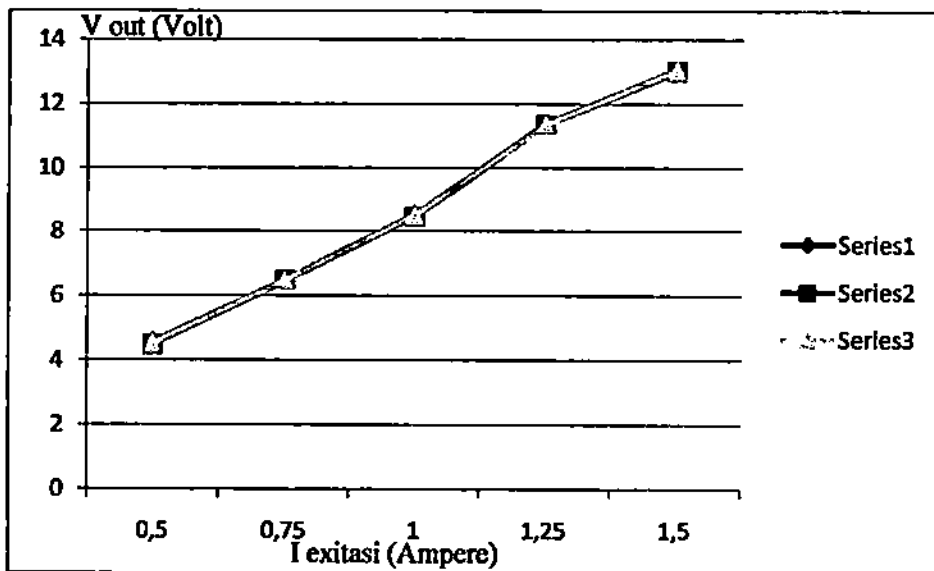
Grafik Perbandingan perubahan arus eksitasi dan arus keluaran pada beban 1 %



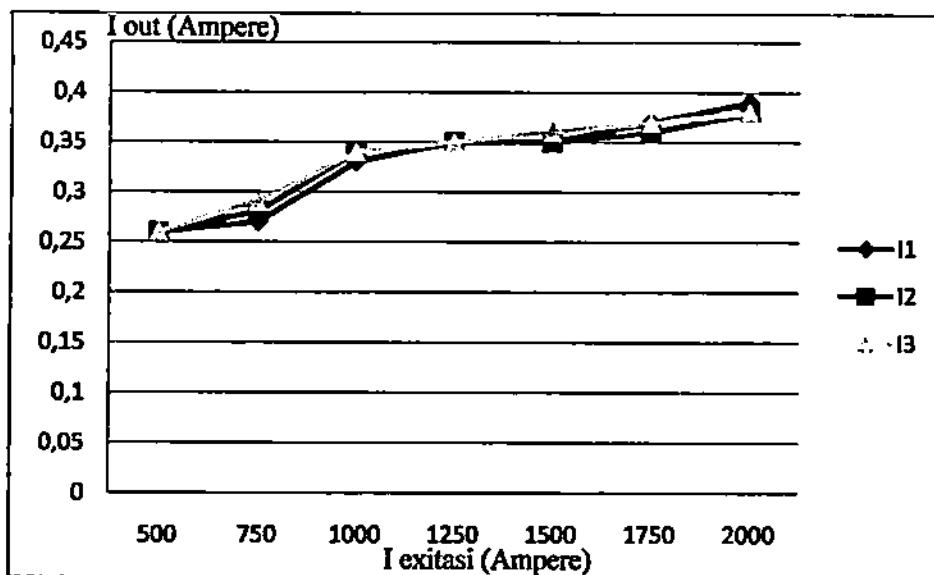
Grafik Perbandingan perubahan pembebanan terhadap tegangan keluaran



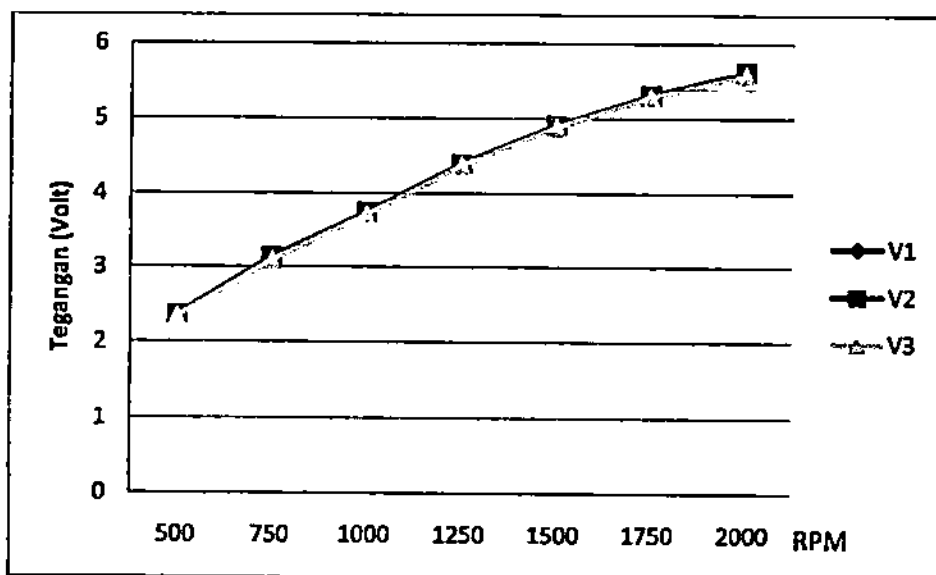
Grafik Perbandingan perubahan pembebanan terhadap arus keluaran



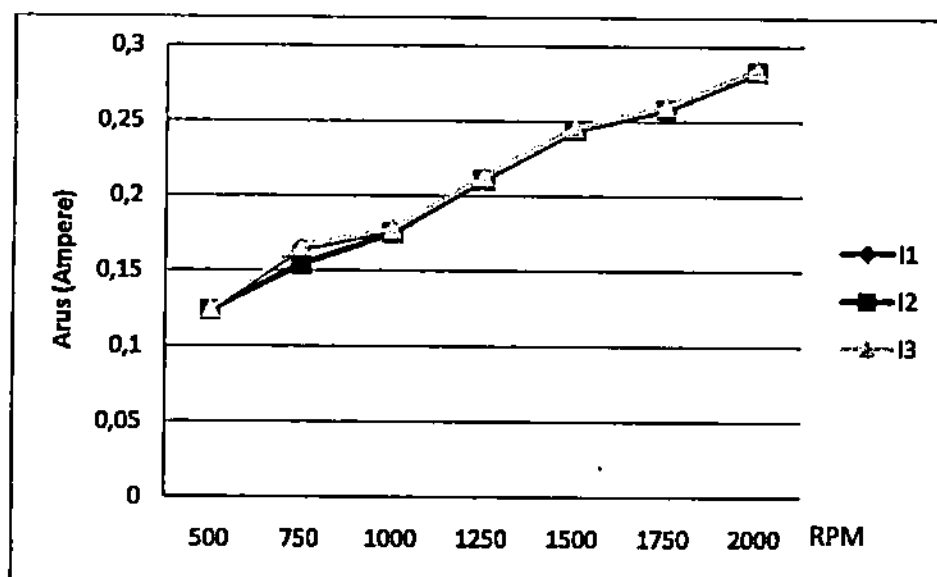
Grafik Perubahan tegangan keluaran akibat perubahan arus eksitasi



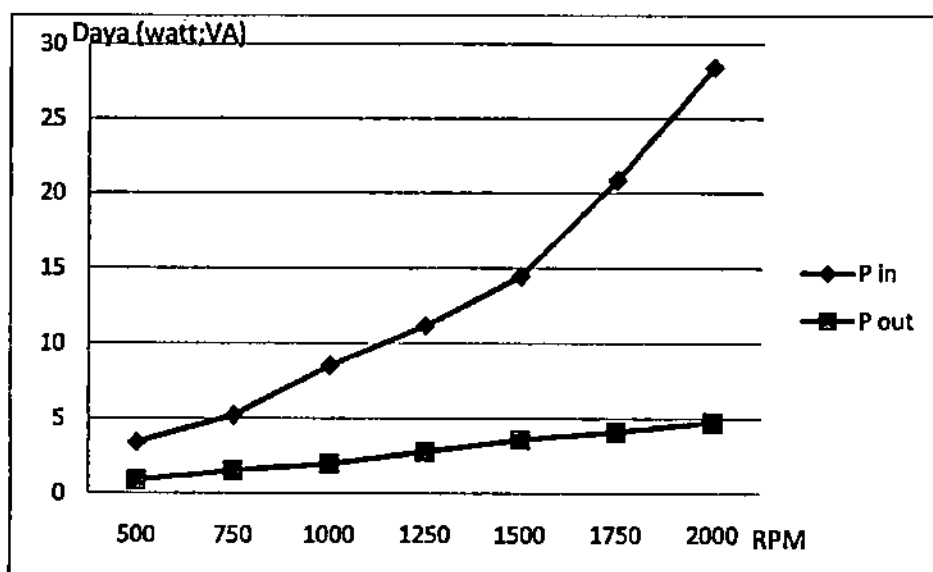
Grafik Perubahan arus keluaran akibat perubahan arus eksitasi



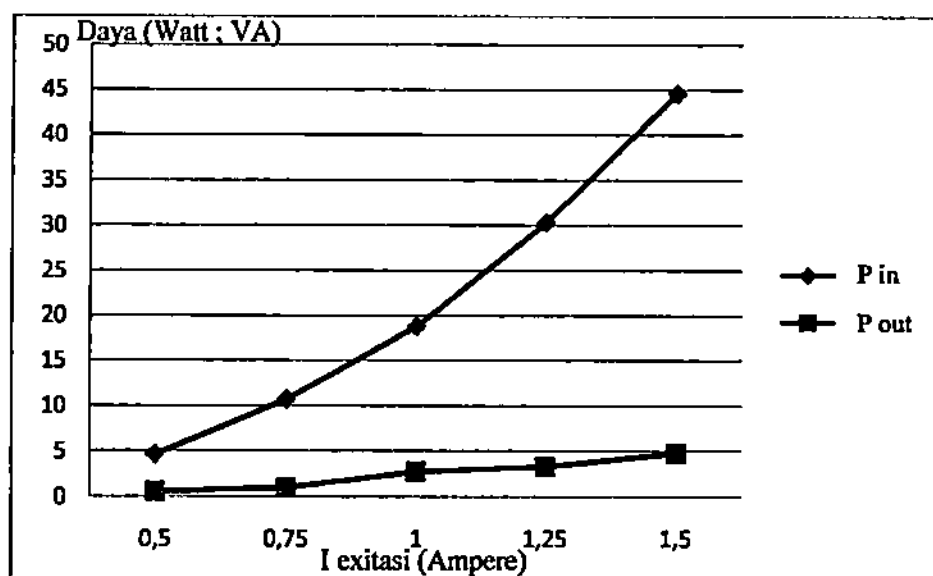
Grafik Perubahan tegangan terhadap perubahan kecepatan putaran



Grafik Perubahan tegangan terhadap perubahan kecepatan putaran



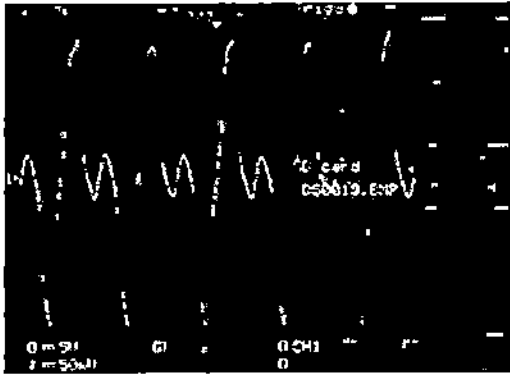
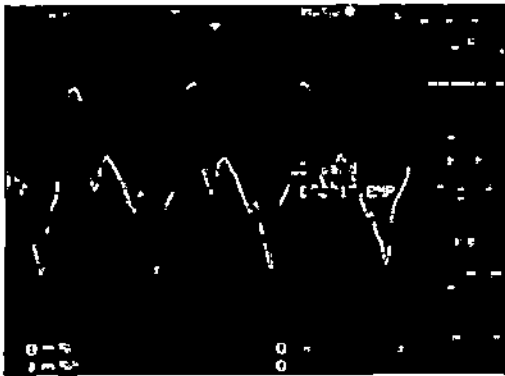
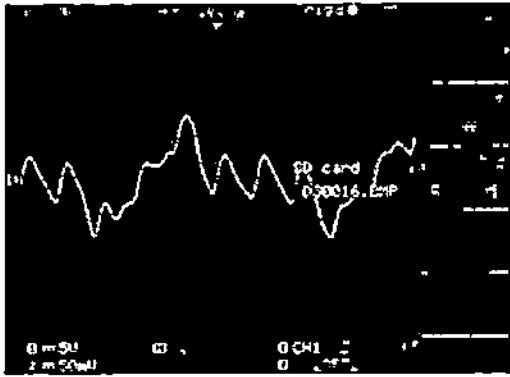
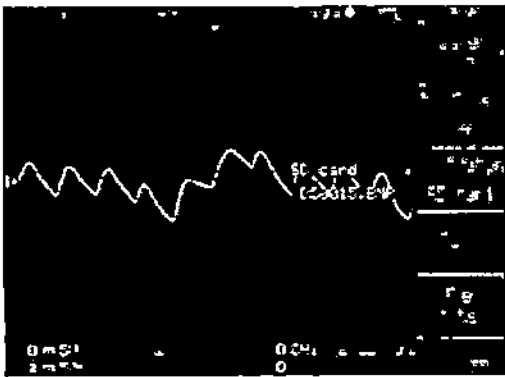
Grafik Perbandingan daya masukan dan daya keluaran dengan parameter perbandingan kecepatan putar rotor



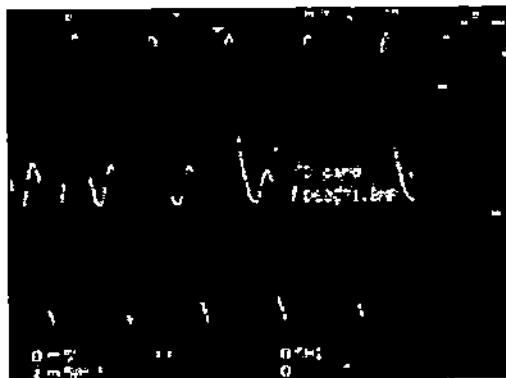
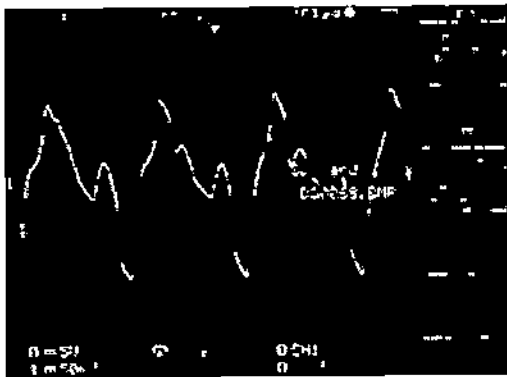
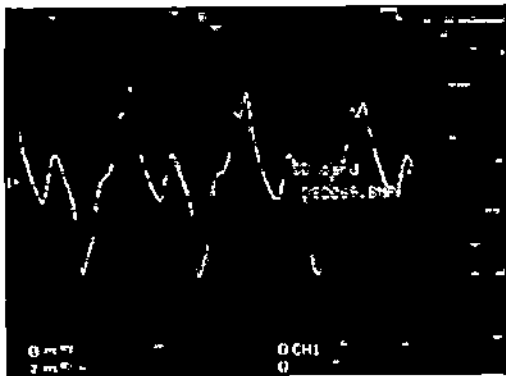
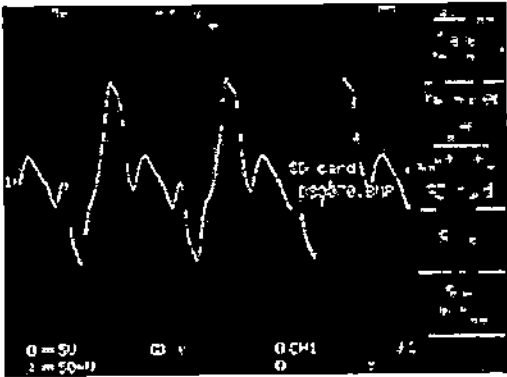
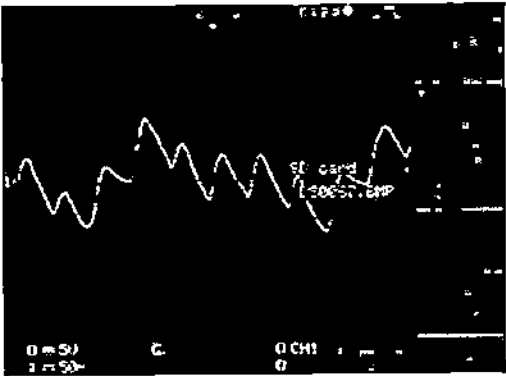
Grafik Perbandingan daya masukan dan daya keluaran dengan parameter perbandingan besaran arus eksitasi masukan

LAMPIRAN III

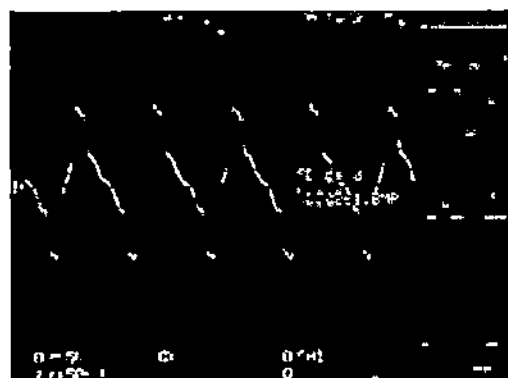
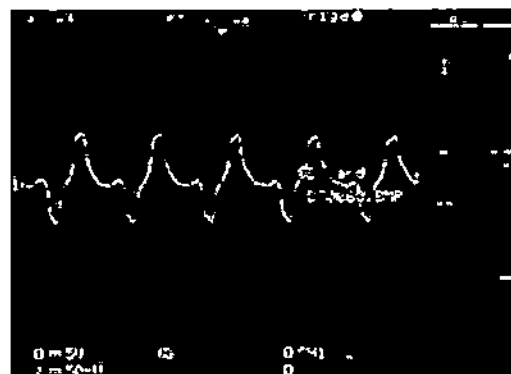
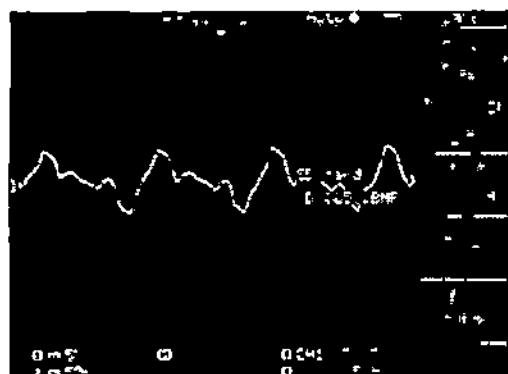
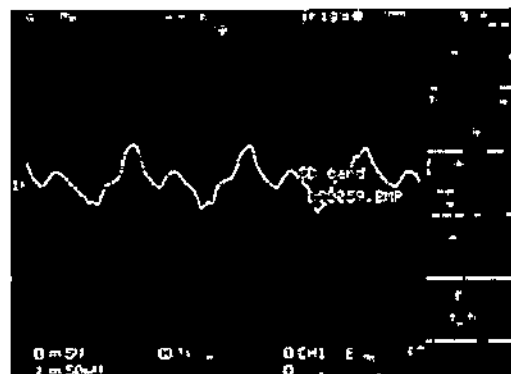
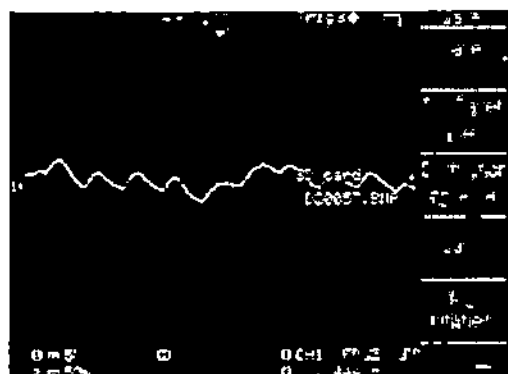
Perubahan Bentuk Gelombang Tegangan Pada Beban 0



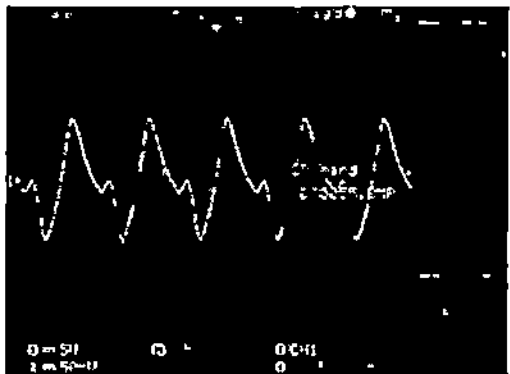
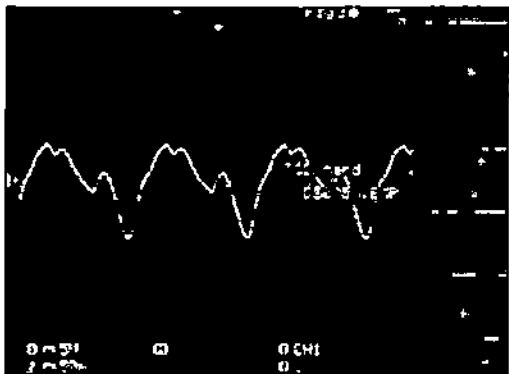
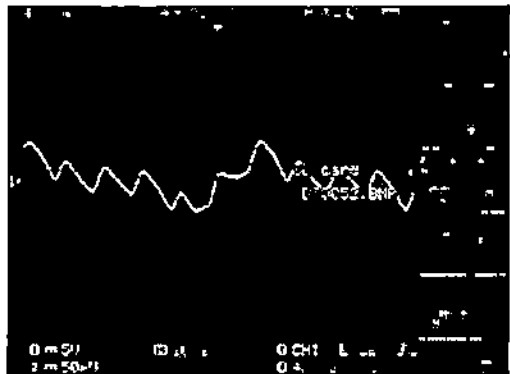
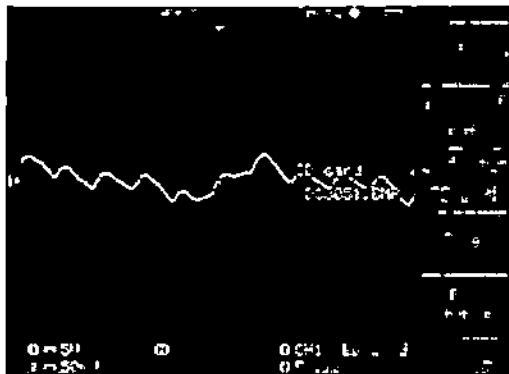
Perubahan Bentuk Gelombang Tegangan Pada Beban 1 %



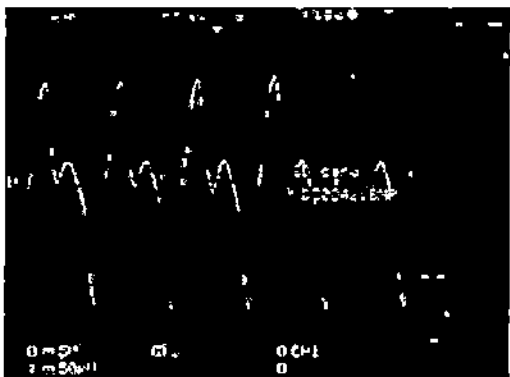
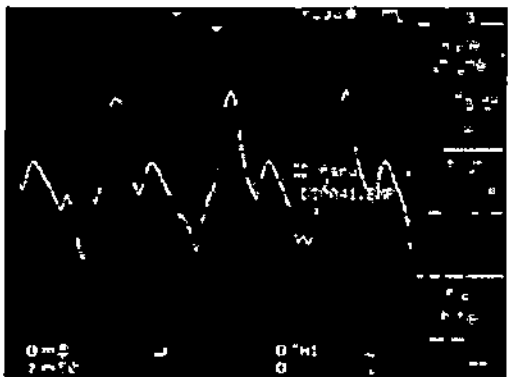
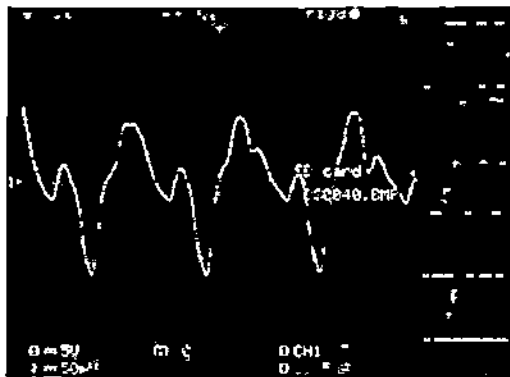
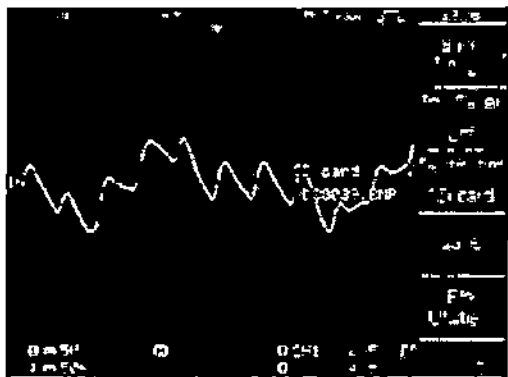
Perubahan Bentuk Gelombang Tegangan Pada Beban 5%



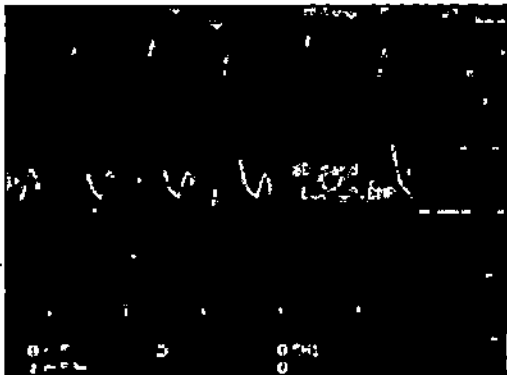
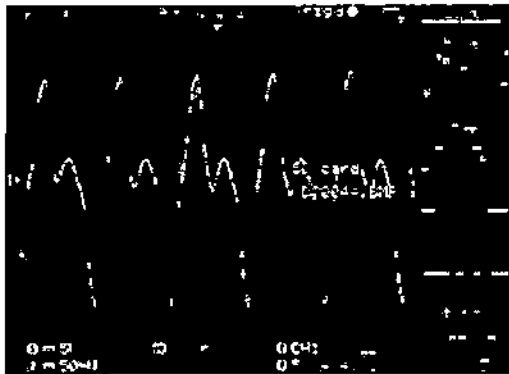
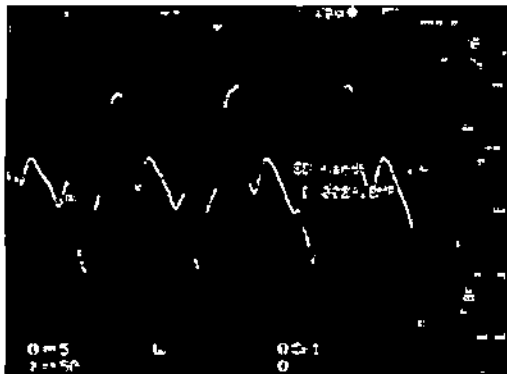
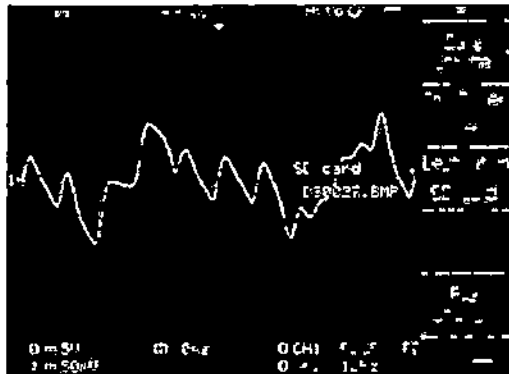
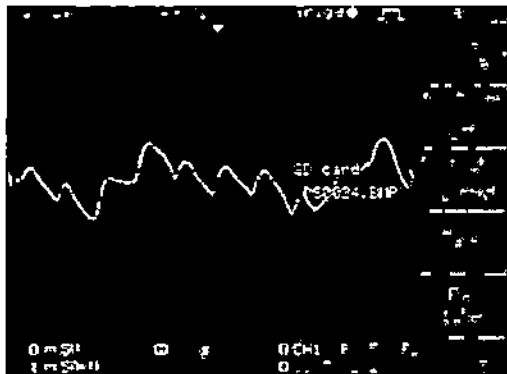
Perubahan Bentuk Gelombang Tegangan Pada Beban 10%



Perubahan Bentuk Gelombang Tegangan Pada Beban 15 %



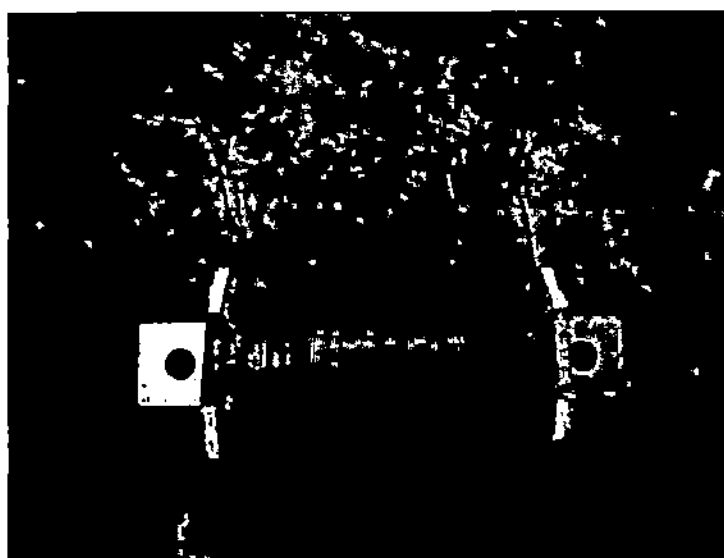
Perubahan Bentuk Gelombang Tegangan Pada Beban 20%



LAMPIRAN IV



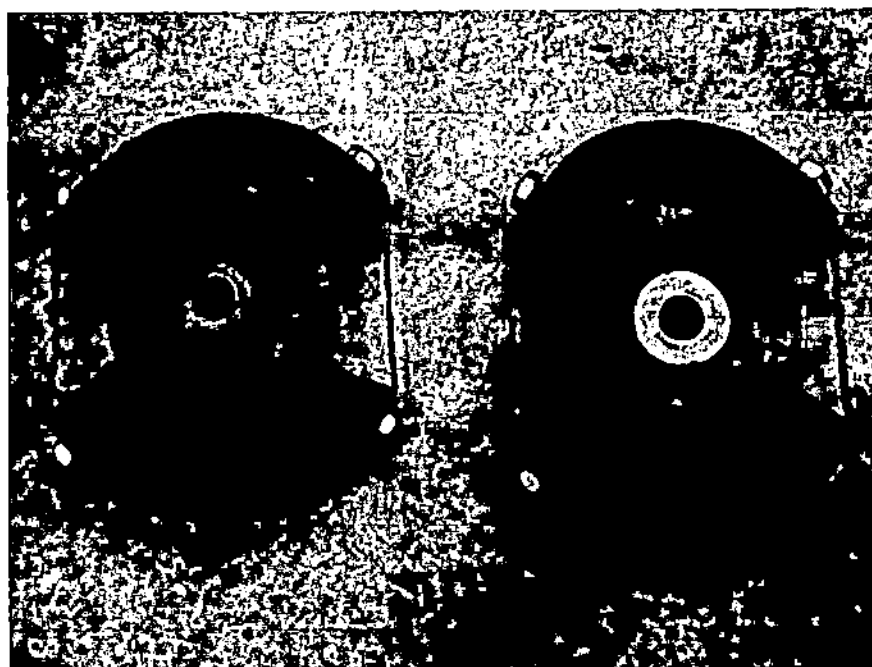
Gambar Dudukan Stator



Gambar Inti Stator



Gambar Rotor1



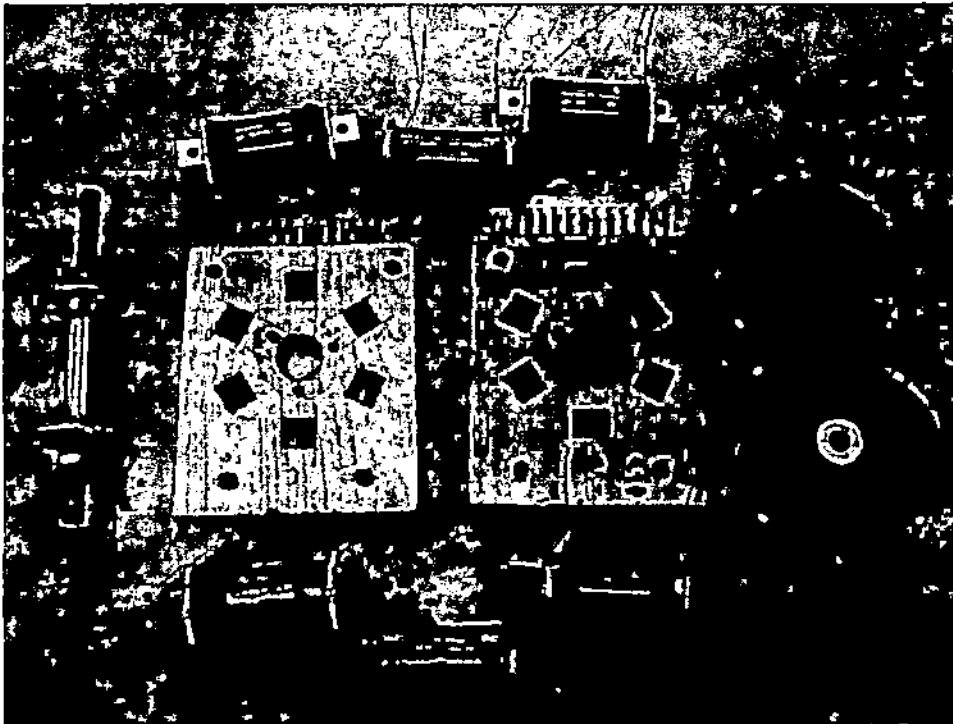
Gambar Rotor 2



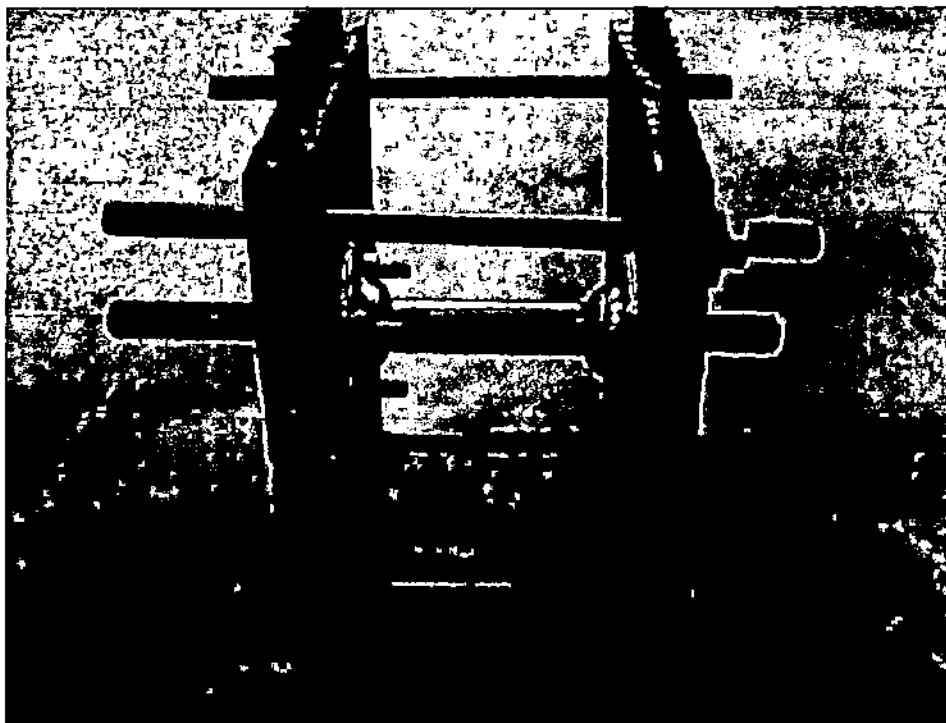
Gambar Sumbu Atau Poros Generator



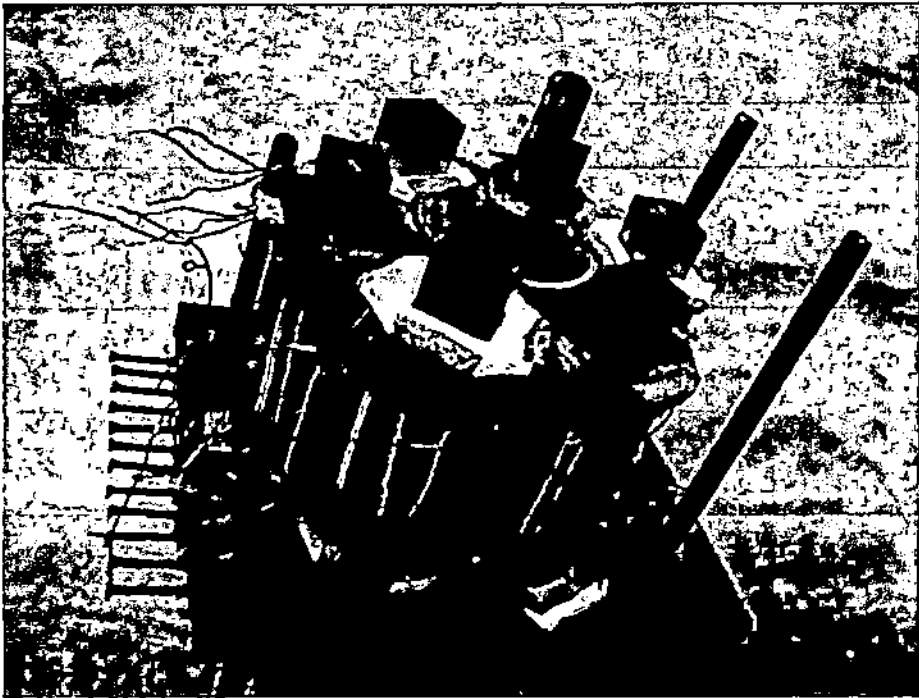
Gambar Pulley



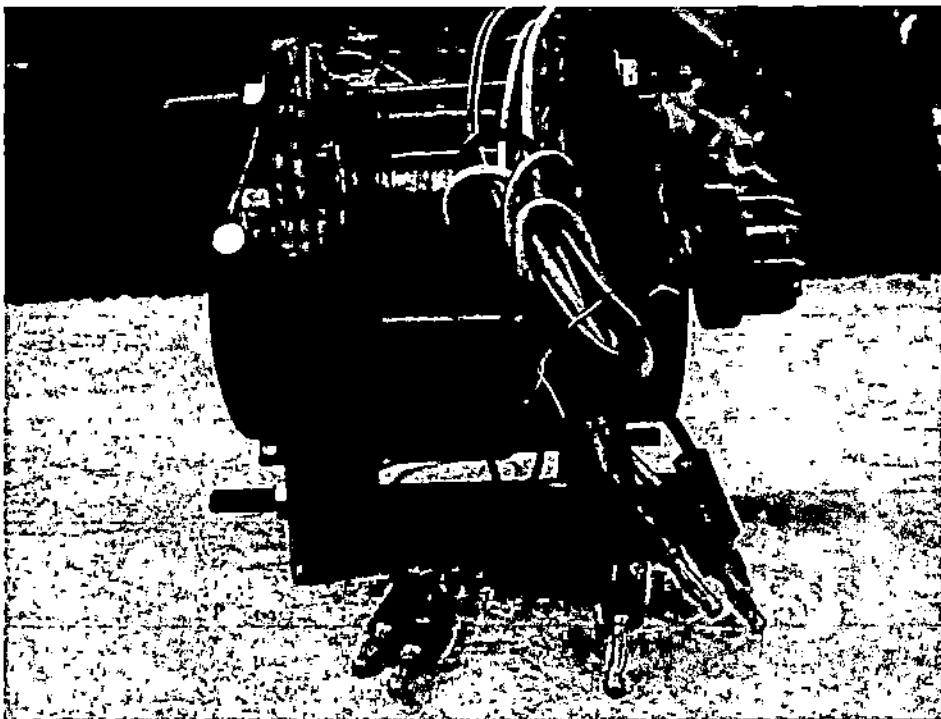
Gambar Keseluruhan Komponen Generatorreluktansi Desain Khusus



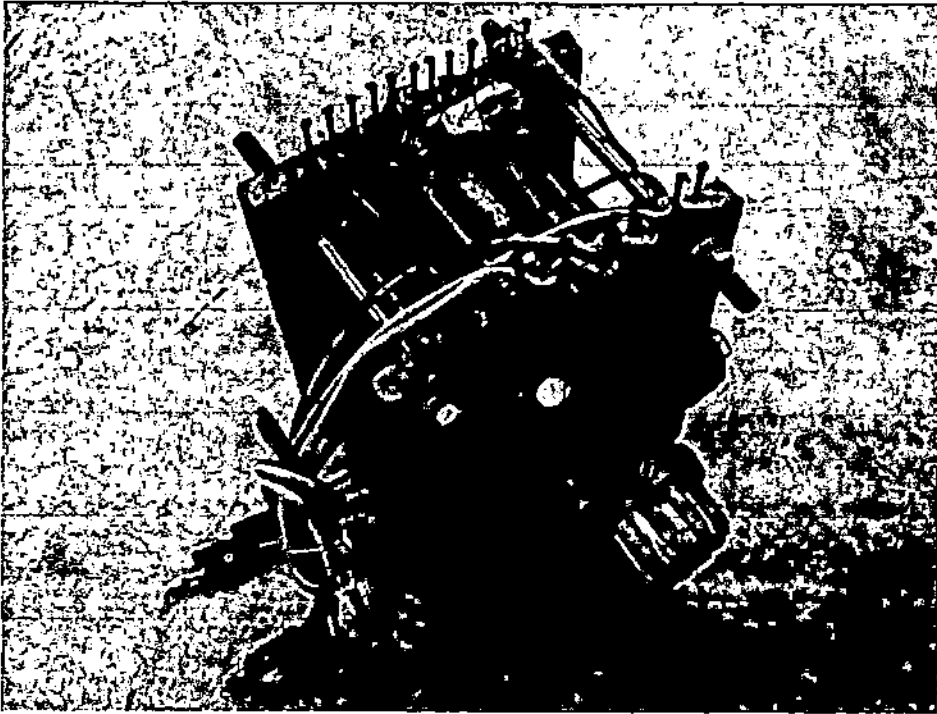
Gambar Ranka Stator Dengan Sumbu Yang Terpasang Dan Empat Buah Baut Penyangga



Gambar Pemasangan Inti Stator Ke Kedudukannya



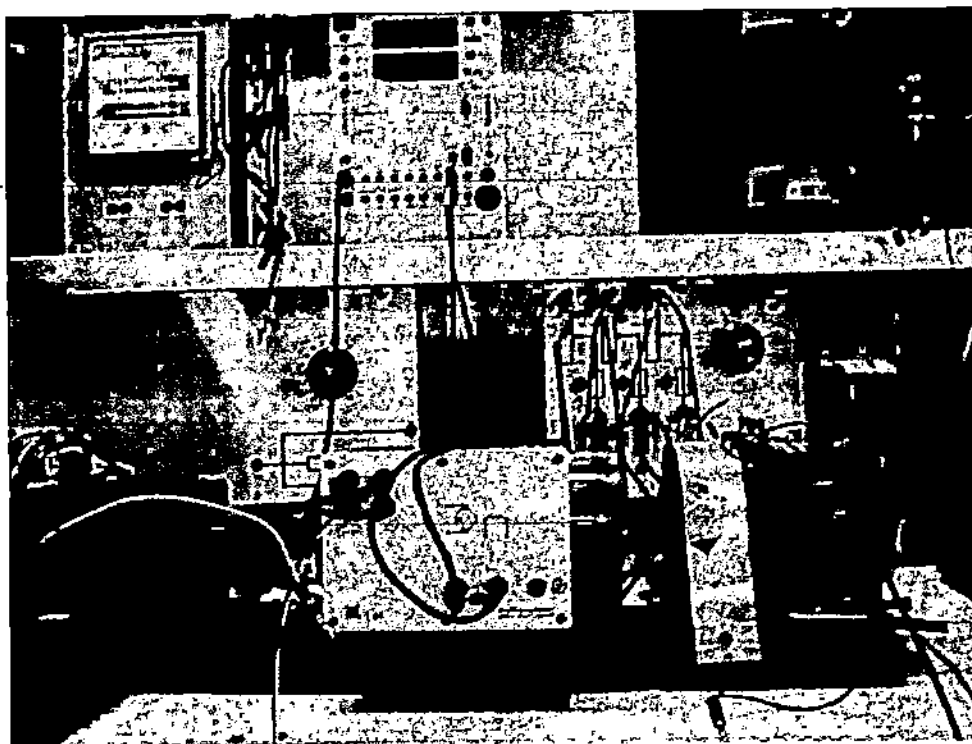
Gambar Generator Reluktansi Yang Terangkai Dalam Satu Kesatuan



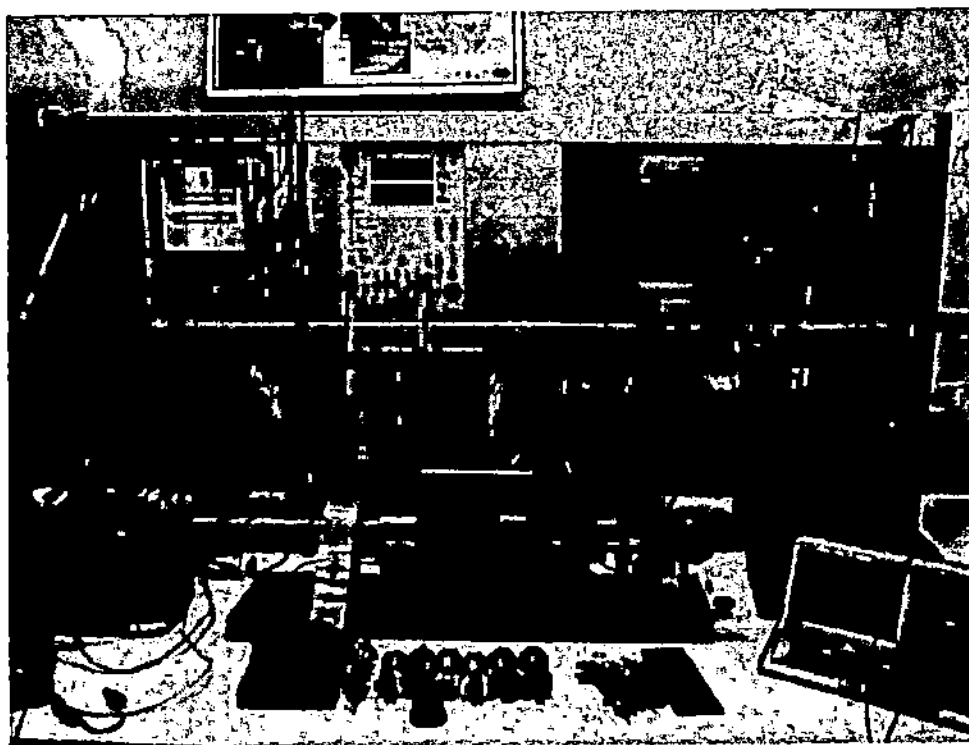
Gambar Tampak Atas Generator



Gambar Generator Terpasang Pada Motor Dc Saat Pengujian



Gambar Instrument Pengukuran Generator 1



Gambar Instrument Pengukuran Generator 2