

PENGUNAAN OTOTRAFO SEBAGAI PENGGANTI AVR PADA GENERATOR.

Jacob J. Rikumahu*

Abstract

Automatic Voltage Regulator (AVR) functioning controls generator tension without influenced by trouble from outside (unassisted of manpower) Sparepart AVR have been very difficult to be found in deler since have already was not produced again and while is used made patent so that difficult to do repair. Ototransformator (ototrafo) used in the place of AVR. Equiped With Rectifier Network. Rectifier Network Component is capasitor Dielektrik and Dioda bridge. Energy power at ototrafo known from measurable current and Voltege at the time of generator is given load and at the time of is not given load

Key word : Generator, AVR, Ototrafo, Penyearah.

I. PENDAHULUAN

Dengan berkembangnya ilmu dan teknologi pada era sekarang ini, maka bidang kelistrikan berkembang setara dengan melajunya perkembangan teknologi tersebut, dimana dalam segi pembuatan maupun segi perancangan dapat dibuat secara sistimatis dengan menggunakan alat-alat penunjang dari sistim kelistrikan.

Alat-alat penunjang kelistrikan selalu diperhadapkan dengan tingkat pengaturan maupun tingkat mendisain alat tersebut, sehingga dalam ilmu kelistrikan selalu ada kesinambungan anatara ilmu dengan kemajuan pengetahuan dan teknologi (IPTEK), sehingga alat dan peralatan yang ada selalu diciptakan dalam bentuk dan dapat dikendalikan (dikontrol) oleh manusia secara manual dan otomatis.

Listrik sudah menjadi suatu kebutuhan yang sangat penting dalam kehidupan manusia. Pembangkit tenaga listrik merupakan alat yang sangat vital dalam menjawab segala kebutuhan industri, perkantoran maupun masyarakat. Apabila terjadi gangguan pada pembangkit maka segala aktivitas akan terganggu.

Gangguan-gangguan yang terjadi dapat kita temukan pada bagian mekanik (penggerak mula) dan juga pada alternator. Dalam mengatasi suatu gangguan membutuhkan waktu. Cepat atau lambatnya mengatasi suatu gangguan sangat tergantung pada suku cadang, lokasi dan transportasi. Dengan kondisi di atas maka penulis ingin mengangkat salah satu masalah yang terdapat pada alternator yaitu AVR, sehingga untuk dapat mengatasi gangguan/kerusakan pada AVR penulis akan menggunakan autotrafo dan stavol sebagai pengganti/alternatif dan juga dapat dipakai seterusnya dengan alasan sebagai berikut : kebanyakan AVR dibuat paten, sulit diperbaiki karena spesifikasi komponen tidak ada, sudah tidak ada di pasaran (dealer) karena sudah tidak di produksi lagi, harganya mahal.

2.1 Komponen AVR Dan Fungsinya

AVR adalah suatu peralatan untuk mengontrol tegangan keluaran generator tanpa dipengaruhi oleh gangguan dari luar (tanpa bantuan tenaga manusia). Peralatan AVR ini pada urumnya terdiri dari beberapa komponen sbb:

2.1.1. Pengatur (regulator)

Berfungsi untuk mengatur arus, penguatan dari generator secara otomatis yang bekerja dengan cara mendeteksi tegangan dan arus dari output generator tersebut. Signal control ini dikirim ke system Penyalaan untuk mengontrol sudut penyalaan dari thyristor.

2.1.2 Penyalaan (firing)

Berfungsi untuk memberikan gate pulsa pada element thyristor dari sistem penyearah tiga fasa. Pulsa Keluaran dari firing mempunyai tegangan puncak yang cukup tinggi untuk menyulut, thyristor dengan daya besar.

2.1.3. Daya (power)

Mempunyai thyristor rectifier dan rangkaian perlengkapan untuk mengontrol arus medan generator melalui eksiter.

2.1.4. Peralatan Base Adjuster 70E

Berfungsi untuk mengatur base signal untuk excitation system. Pengaturan ini dilakukan dengan mengatur suatu potensiometer induktif. Karena perlengkapan Pengaturan tegangan ini dipasang pada suatu lokasi yang jauh dari kontrol panel, maka pengaturan haruslah dijalankan dengan motor penggerak.

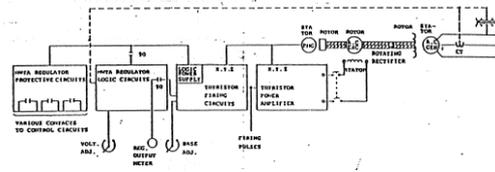
* Jacob J. Rikumahu, Dosen Politeknik Negeri Ambon.

2.1.5. Peralatan Voltage Adjuster (90R)

Berfungsi untuk menyederhanakan penyetelan dan pengaturan tegangan terminal generator. Pengatur tegangan 90R ini disetel pada tingkat tegangan sensor yang cocok. Karena perlengkapan pengaturan tegangan ini dipasang pada suatu lokasi yang jauh dari kontrol panel, maka pengaturannya haruslah menggunakan motor penggerak. konstruksi dari voltage adjuster sama dengan base adjuster

2.1.6. Balance Meter (BM)

Berfungsi untuk menunjukkan derajat kenaikan atau turunnya sinyal kesalahan pengaturan (regulator error signal) yang akan diberikan pada input power unit. Balance meter adalah suatu volt meter yang mempunyai titik nol ditengah. Karena kegunaan utamanya untuk menunjukkan angka nol, maka penunjukan dari peralatan ini adalah nilai relatif. Bagian-bagian dari peralatan AVR dapat dilihat pada gambar berikut ini.

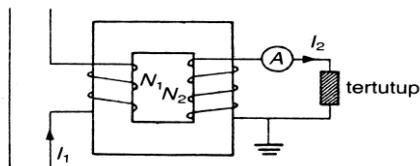


Gamabr 2.1. Bagian-bagian Peralatan AVR

Transformator terdiri dari transformator arus dan transformator tegangan.

a. Transformator Arus

Transformator arus digunakan untuk mengukur arus beban suatu rangkaian. Dengan menggunakan transformator arus maka arus beban yang besar dapat diukur hanya dengan menggunakan alat ukur (AM Meter) yang tidak terlalu besar.



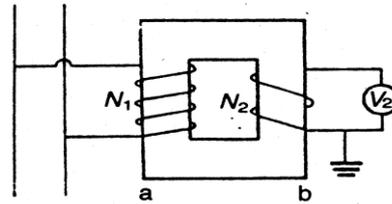
Gambar 2.2. Trafo Arus

b. Transformator Tegangan

Transformator tegangan digunakan untuk mengukur tegangan. Dengan mengetahui N1 dan N2, membaca tegangan V2, serta menganggap transformator idial maka tegangan V1 adalah :

$$V_1 = \frac{N_1}{N_2} \cdot V_2$$

Pentanahan rangkaian sekunder diperlukan untuk mencegah adanya beda potensial yang besar antara kumparan primer dan sekunder (antar titik a dan b) pada saat isolasi kumparan primer rusak



Gbr. 2.3. Trafo Tegangan

2.2. Ototransformator

Ototransformator adalah suatu transformator fasa tunggal dengan perbandingan lilitan 3 : 1 pada gambar ... akan menjadi ototransformator apabila sebagian kumparan primer merupakan bagian dari kumparan sekundernya dengan mengabaikan rugi impedansi berlaku hubungan :

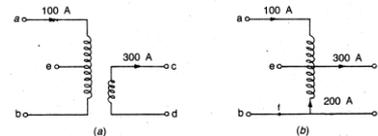
$$V_{ab} = 3V_{cd}$$

$$I_{ab} = 3I_{cd}$$

$$I_{ab} = 100A \text{ dan } I_{dc} = 300A$$

Untuk ototransformator diperoleh

$$I_{ef} = I_{dc} - I_{ab} = 300A - 100A = 200A \setminus$$



Gambar 2.4. Ototransformator

Pada ototransformator terlihat bahwa arus dibagian kumparan ef adalah $I_{ef} = 300 A - 100 A$, sedangkan pada transformator fasa tunggal biasa keseluruhan arus yang mengalir pada bagian tersebut (kumparan primer dan sekunder adalah) $100 A + 300 A = 400 A$. Dengan demikian terdapat penghematan tembaga pada Ototransformator karena berkurangnya arus yang mengalir pada bagian kumparan ef dari 400 A menjadi 200 A. Meskipun demikian Ototransformator mempunyai juga kelemahan karena adanya hubungan konduktif antara kumparan tegangan tinggi dan tegangan rendah, sehingga suatu kesalahan meletakan tegangan tinggi menjadi tegangan rendah dapat mengakibatkan kerusakan

2.3.1. Prinsip Kerja Generator Serempak

Prinsip kerja generator serempak berdasarkan induksi elektromagnetis. Setelah rotor diputar oleh penggerak mula (primover) dengan demikian kutup-kutp yang ada pada rotor akan berputar. Jika kumparan kutup diberi

arus searah maka pada permukaan akan timbul medan magnet (garis-garis gaya fluks) yang berputar, kecepatannya sama dengan putaran kutup.

Garis-garis gaya fluks yang berputar tersebut akan memotong kumparan jangkar yang ada distator sehingga pada kumparan jangkar tersebut timbul EMF atau GGL atau tegangan induksi. Frekuensi EMF (GGL) atau tegangan induksi tersebut mengikuti persamaan :

$$F = \frac{p.n}{120} \cdot \text{Hz}$$

dengan p = banyaknya kutup
N = Kecepatan putar

2.3.1. Prinsip Kerja Generator Serempak.

Prinsip kerja generator serempak berdasarkan induksi elektromagnetis. Setelah rotor diputar oleh penggerak mula (primover) dengan demikian kutup-kutup yang ada pada rotor akan berputar. Jika kumparan kutup diberi arus searah maka pada permukaan akan timbul medan magnet (garis-garis gaya fluks) yang berputar, kecepatannya sama dengan putaran kutup.

Garis-garis gaya fluks yang berputar tersebut akan memotong kumparan jangkar yang ada distator sehingga pada kumparan jangkar tersebut timbul EMF atau GGL atau tegangan induksi. Frekuensi EMF (GGL) atau tegangan induksi tersebut mengikuti persamaan :

$$F = \frac{p.n}{120} \cdot \text{Hz}$$

dengan p = banyaknya kutup
N = Kecepatan putar (rpm)

Oleh karena frekuensi dari tagangan induksi tersebut sudah tentu yakni 50 Hz dan jumlah kutup selalu genap maka putaran kutup/putaran rotor /putaran penggerak mula sudah tertentu.

Besar tegangan induksi yang timbul pada kumparan jangkar yang ada di stator akan mengikuti persamaan :

$$E = 4,44 \cdot k_c \cdot k_d \cdot f \cdot \Phi \cdot T \text{ volt /fase}$$

Dengan k_c = faktor kisar ; k_d = factor distribusi
f. = frekuensi dalam Hz atau cps
 ϕ = fluks / kutub dalam weber
T = banyaknya sisi lilitan / fase = $\frac{1}{2} Z$, dengan Z adalah banyaknya sisi lilitan per fase, satu lilitan ada dua sisi.

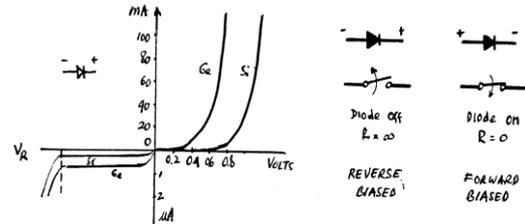
2.4. Rangkaian Dioda

Dioda sangat banyak digunakan dalam rangkaian-rangkaian elektronika. Pada bagian ini akan dibahas penggunaan dioda pada rangkaian penyearah clipping dan clamping. Tetapi sebelum membahas penggunaan dioda pada rangkaian-rangkaian tersebut

diatas akan diperkenalkan terlebih dahulu metoda menganalisa rangkaian yang mengandung dioda.

2.4.1.. Dioda

Gambar 2.5. memperlihatkan simbol umum dari sebuah dioda serta karakteristiknya.



Gambar 2.5. Karakedstik Dioda

Pada sebuah dioda ideal, dioda akan konduksi (on) bila diberi forward dan akan off bila diberi reversed bias. Pada sebuah dioda yang tidak ideal, dioda akan konduksi bila tegangan forward mencapai suatu harga tertentu (0,3 untuk Ge dan 0,6 Untuk Si).

Pada keadaan reverse bias, arus yang mengalir sangat kecil yakni arus bocor I_o .

Tetapi pada suatu tegangan reverse bias yang besar, arus reverse yang mengalir besar sekali dan tegangan reverse pada saat tersebut dinamakan tegangan break-down. Besarnya arus yang mengalir pada sebuah dioda dinyatakan oleh rumus

$$I = I_o (e^{cvkt} - I)$$

Dimana

- I = arus yang mengafir pada dioda
- I_o = arus bocor saturasi
- e = muatan elektron (1,602 x 10⁻¹⁹ C)
- v = tegangan anoda-ke katoda
- k = konstanta Boltzman = 1,38 x 10⁻², J/K
- T = temperatur dafam kelvin

Pada temperatur kamar, T = 293K dan e/KT 1,602 x 10⁻¹⁹ / 1,38 x 10⁻²³ x 293 39,6 ≈ 40, hingga persamaan I -I dapat ditulis

$$I=I_o(e^{40v} - I)$$

Terlihat bahwa besamya arus dipengaruhi oleh tegangan dan temperatur cepatan putar (rpm) Oleh karena frekuensi dari tagangan induksi tersebut sudah tentu yakni 50 Hz dan jumlah kutup selalu genap maka putaran kutup/putaran rotor /putaran penggerak mula sudah tertentu. Besar tegangan induksi yang timbul pada kumparan jangkar yang ada di stator akan mengikuti persamaan :

$$E = 4,44 \cdot k_c \cdot k_d \cdot f \cdot \Phi \cdot T \text{ volt / fase}$$

Dengan

k_c = faktor kisar ; k_d = factor distribusi

f . = frekuensi dalam Hz atau cps

ϕ = fluks / kutub dalam weber

T = banyaknya sisi lilitan / fase = $\frac{1}{2} Z$,

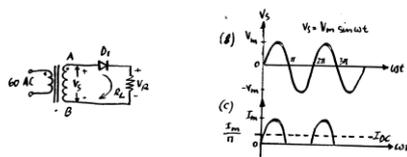
dengan Z adalah banyaknya sisi lilitan per fase, satu lilitan ada dua sisi.

2.4.2. Penyearah

Hampir Semua pesawat atau instrument elektronika membutuhkan daya DC (Power Supply) untuk operasinya. Daya dc diperoleh dari accumulator ataupun batere. Dalam bagian ini akan dibahas bagaimana daya dc diperoleh dari daya ac dengan menggunakan dioda sebagai penyearah. Penyearah ini ada dua macam yakni setengah gelombang dan penyearah gelombang penuh.

2.4.3. Penyearah Setengah Gelombang

Penyearah setengah gelombang diperlihatkan oleh gambar di bawah



Gambar 2.6 Penyearah setengah gelombang

Transformator berfungsi untuk menaikkan atau menurunkan tegangan sesuai dengan kebutuhan. Dioda berfungsi untuk menyearahkan ac dari R_1 , adalah beban dimana diperoleh atau tegangan dc. Pada saat A positif dioda akan konduksi hingga diperoleh arus dan tegangan R_1 dengan polaritas seperti pada gambar. Pada saat B positif dioda tidak konduksi dan tidak ada arus atau tegangan pada beban R_1 . Jadi hanya setengah gelombang, positif saja yang dilewatkan pada R_1 , dan itu sebabnya penyearah tersebut dinamakan penyearah setengah gelombang. Besarnya arus yang mengalir dinyatakan oleh persamaan

$$I = \frac{V_s}{R_s + r + R_l} = \frac{V_m}{R_s + r + R_l} \sin \omega t$$

Untuk; interval $0 - \pi = 0$,
interval $\pi - 2\pi$

dimana : R_s : tahanan sekunder transformator
 r : tahanan dinamis dioda
 R_l : tahanan beban

Disini diasumsikan bahwa tegangan cut in dioda adalah cukup kecil dibandingkan dengan V_m sehingga dapat diabaikan. Dengan dengan arus yang mengalir adalah setengah gelombang sinusoidal,

Besarnya arus dc yang diperoleh adalah harga rata-rata persamaan 1-5 yakni

$$I_{dc} = \frac{1}{T} \int_0^T I_m \sin \omega t dt = I_m / \pi$$

Bila persamaan 1-5 diuraikan dengan deret Fourier, maka akan diperoleh :

$$I = \frac{I_m}{\pi} + \frac{I_m}{2} \sin \omega t - \frac{2I_m}{3} \cos 2\omega t - \frac{2I_m}{15\pi} \cos 4\omega t$$

Persamaan ini memperlihatkan bahwa arus pada beban terdiri dari dua komponen yakni komponen dc (I_m / π) dan komponen arus bolak-balik.

$$\frac{V_{dc}}{R_l} = I_{dc} R_l = \frac{I_m}{\pi} R_s = \frac{V_m}{\pi} \frac{R_l}{R_s + r + R_l} = \frac{V_m}{\frac{R_s + r}{R_l} + 1}$$

Bila $R_l \gg R_s + r$, tegangan pada beban (output) dc adalah

$$V_{dc} = \frac{V_m}{\pi}$$

$$\text{Karena } I_{dc} = \frac{I_m}{\pi} = \frac{V_m}{R_s + r + R_l} R_l$$

maka dapat ditulis bahwa

$$V_{dc} = \frac{V_m}{\pi} I_{dc} (R_s + R_l)$$

III. METODE PENELITIAN

3.1. Tipe Penelitian

Berdasarkan permasalahan penelitian ini bersifat implementasi yaitu mendesain dan membuat alat yang akan dibuktikan secara eksperimental dan dianalisa secara teoritis berdasarkan teori-teori pendukung.

3.2. Variabel Penelitian

Variable yang ditinjau dalam menentukan alat yaitu ototrafo, dioda dan kapasitor dalam mengatasi permasalahan pengganti AVR yang ada dalam penelitian ini adalah :

- Tegangan DC pada exciter
- Desain alat
- Proses kerja rangkaian

3.3. Lokasi Penelitian

Adapun lokasi yang dipilih untuk melaksanakan penelitian yang berhubungan dengan judul diatas yaitu bertempat di laboratorium Jurusan Teknik Elektro dan Laboratorium Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ambon

3.4. Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data yang dipakai unntuk memperoleh data-data pendukung dalam penulisan tugas akhir ini mencakup :

Observasi lapangan, untuk memperoleh data dari AVR dan Generator.

3.5. Teknik Analisa Data

Untuk menganalisis data, diambil berdasarkan dari data dan hasil uji coba terhadap alat itu sendiri dan juga melalui perhitungan-perhitungan teoritis.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Perencanaan Pembuatan Rangkaian Pengganti AVR

Secara umum AVR (Automatic Voltage Regulator) banyak digunakan pada pembangkit tenaga listrik yang berguna untuk mengontrol tegangan generator tanpa dipengaruhi oleh gangguan dari luar (tanpa bantuan tenaga manusia). AVR yang diproduksi terdahulu sekarang ini sudah tidak ada pada pasaran (dealer) lagi karena sudah tidak diproduksi. Dalam mengatasi persoalan ini maka penulis membuat rangkaian pengganti AVR dengan menggunakan Ototransformator, Dioda dan Kapasitor Dielektrik sebagai komponen utama. Ketiga komponen utama ini dirangkai sedemikian rupa dengan spesifikasi yang ada dan dilengkapi dengan alat pengukur arus, tegangan dan frekwensi agar dapat melihat dengan jelas besaran-besaran arus dan tegangan yang keluar pada rangkaian pengganti AVR dimaksud. Besaran-besaran arus dan tegangan yang terukur dipakai sebagai

penghitung daya yang keluar pada ototrafo.

4.2. Komponen yang digunakan

4.2.1. Ototransformator

Ototransformator (sering disingkat dengan ototrafo) digunakan sesuai dengan fungsinya sebagai pengatur tegangan AC secara manual .Tegangan input ototrafo 220 Volt AC dapat diatur tegangan keluarannya dari 0 - 250 Volt AC.

Pada hasil pengujian setelah diadakan pengukuran Arus Nominal pada Penguat medan mencapai nilai 1 Amper, tegangan Penguat, medan 17 Volt, dan terjadi pada saat setelah diberikan beban. Dari hasil pengukuran arus dan tegangan pada penguat medan itu maka, didapatkan daya ototrafo pada posisi 13,6 Watt. Perhitungannya menurut teori dasar $P = I \times V \times \cos \phi$

4.2.2 Dioda

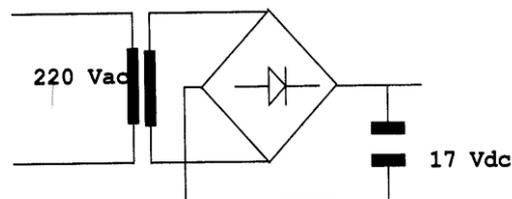
Dioda yang dipakai adalah dioda jembatan, yang fungsinya dalam rangkaian ini adalah sebagai penyearah tegangan listrik. Dioda dipakai untuk menyearahkan tegangan AC ke DC. Sesuai hasil pengujian, bila *diberikan tegangan beban* sebesar 15 volt dan res-istansi penguat 17Ω maka arus *beban DC nya* $I_{dc} = 15 / 17 \Omega = 0,88 \text{ A}$.

4.2.3.Kapasitor

Kapasitor digunakan pada perakitan ini adalah kapasitor dielektrik. Kapasitor ini berfungsi sebagai filter yaitu menyimpan tegangan arus AC dan melepaskan tegangan arus DC.

4.2.4. Rangkaian Penyearah

Rangkaian Penyearah digunakan adalah rangkaian penyearah gelombang penuh, rangkaianannya seperti pada gambar berikut

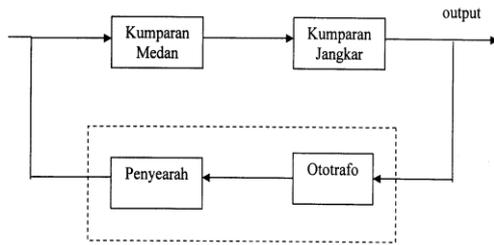


Gambar 4.1 Rangkaian Penyearah gelombang

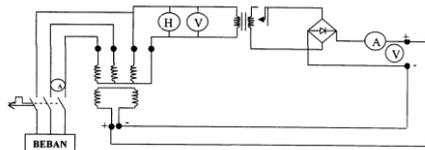
4.3. Perakitan Komponen

Perakitan dilakukan dari output generator dihubungkan pada input dari ototrafo dan output dari ototrafo dipasang dioda dan

kapasitor sebagai penyearah yang dihubungkan ke penguat medan dari generator dapat dilihat pada gambar.4.2 berikut ini.



Gambar 4.2. Diagram blok sistim perakitan rangkaian



Gambar 4.3. Rangkaian Pengawatan

4.4. Pengujian

Peralatan yang digunakan pada waktu pengujian adalah antara lain sebagai berikut:

- 1 (Satu) unit genset 15 KVA
- 1 (Satu) buah Ototrafo
- 1 (Satu) buah Dioda
- 1 (Satu) buah Kapasitor
- 1 (Satu) buah Frekwensi Meter
- 1 (Satu) buah Volt Meter DC
- 1 (Satu) buah Volt Meter AC
- 1 (Satu) buah Amper Meter DC
- 1 (Satu) buah Amper Meter AC

Pengujian dilakukan setelah semua peralatan tersedia dan dirakit sesuai sistim perakitan yang ditunjukkan secara blok diagram sesuai gambar 4.2.

Hasil pengujian diambil sebagai data dan analisis perbandingan beban nol dan setelah berbeban.

4.3.1. Hasil Pengujian

Sesuai dengan yang telah diuraikan di atas maka berikut ini dijelaskan tentang hasil pengujian. Pengujian dilakukan setelah rangkaian dirakit sesuai sistim pada diagram blok, maka Ampermeter, Voltmeter, dan Frekwensi Meter menunjukkan besaran-besaran besarnya. Penunjukan besaran arus dan tegangan dilakukan pada saat beban 0 (nol) dan pada saat diberi beban. Hasil pengujiannya dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 1. Hasil Pengujian Alat pada saat Beban

Arus Beban	Voltage Penguat medan	Output Generator	RPM	Frek
0,6 A	13 V	220/380	1500	50

Tabel 2. Hasil Pengujian Alat pada saat setelah diberi beban

Arus beban	Apere Penguat Medan	Voltage Penguat Medan	Out generator	RPM
1,7 A	0,9 A	15 V	220/380	1500
3,3 A	1 A	17 A	220/380	1500

4.3.2. Analisa Perbandingan Hasil Pengujian

Pada saat generator tanpa beban atau beban 0 (nol) pada Ampermeter menunjuk pada 0, 6 A, Voltmeter menunjuk pada 13 Volt dan 50 Hz frekwensi listrik, output generator tetap pada tegangan suply 220/ 380 Volt dan putaran motor 1500 rpm. Setelah diberi beban 1, ampermeter menunjuk ada 1, 7 A arus beban, 0, 9 A arus penguat medan, tegangan penguat medan 15 V.

Diberi beban ke 2, arus beban 3, 3 A, Arus penguat medan 1 A dan tegangan penguat medan 17 V. Terjadi kenaikan arus dan tegangan. Arus beban terjadi kenaikan 1,7 A, arus penguat medan

0,1A dan tegangan penguat medan terjadi kenaikan 2 Volt. Sedangkan tegangan output generator dan putaran generatornya tetap. Ini berarti bahwa pada saat generator diberikan beban, arus dan tegangan pada penguat medan terjadi perubahan dan arus beban pun terjadi perubahan. Perubahan arus dan tegangan ini mengakibatkan daya pada ototrafo juga mengalami kenaikan. Daya dari ototrafo dapat dilihat pada saat dilakukan perhitungan sesuai hasil pengukuran arus dan tegangan.

V. PENUTUP

5.1. Kesimpulan

1. Generator pada saat tidak berbeban atau beban nol arus dan tegangan exiter pada posisi 0,6 A dan 13 Volt ditunjukkan oleh ampermeter dan voltmeter yang terpasang.
2. Pada saat diberi beban pertama dan kedua terjadi kenaikan arus dan tegangan. Arus beban terjadi kenaikan 1,7 A; arus exiter 0,1A dan tegangan exiter terjadi kenaikan 2 Volt.
3. Tegangan output generator dan putaran generatornya tetap pada 220/ 380 Volt dan 1500 rpm, baik pada saat tidak berbeban maupun berbeban.

5.2. Saran

Setelah melakukan pengujian penulis

menyarankan agar setiap alat yang digunakan dilihat dengan jelas spesifikasi alat yang digunakan dan perakitan sesuai gambar perencanaan.

DAFTAR PUSTAKA

1. Abdul Kadir. Prof.Ir.. 1986Mesin Tak Serempak.Djambatan.
2. Abdul Kadir. Prof.Ir 1984.Mesin Arus *Searah. Aka.*
3. F.Suryatmo.1974.Teknik Listrik Arus Searah.Bumi Aksara.
4. Hamsah Berahim.1991.Pengantar Teknik Tenaga Listrik.Andi Offset.
5. Malvino Barmawi.1994.Prinsip-prinsip *Elektronika. illid1.*Jakarta. Erlangga.
6. Zuhul.1994.Dasa.r-dasar *Teknik Tenaga Listrik dan Elektronika,Jakarta. Gramedia.*