

ANALISIS KINERJA GENERATOR SINKRON SATU FASA  
VARIASI KUTUB DENGAN MENGGUNAKAN MAGNET  
PERMANEN



SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan Pendidikan diploma empat (D-4) Program Studi Teknik Pembangkit Energi Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang

NURFADLIA 44219018  
RIFQI FAUZAN N HALIK 44219019

PROGRAM STUDI D-4 TEKNIK PEMBANGKIT ENERGI  
JURUSAN TEKNIK MESIN  
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG  
MAKASSAR  
2023

## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi dengan judul Analisis Kinerja Generator Sinkron Satu Fasa Variasi Kutub dengan Menggunakan Magnet Permanen oleh Nurfadlia NIM 442 19 018 dan Rifqi Fauzan N Halik NIM 442 19 019 dinyatakan layak untuk diujikan.

Makassar, 14 September 2023

Pembimbing I,



Ir. Andareas Pangkung, M.T.  
NIP. 19620828 198903 1 001

Pembimbing II,



Ir. Remigius Tandioga, M.Eng. Sc.  
NIP. 19621210 199003 1 005

Mengetahui

Koordinator Program Studi  
D-4 Teknik Pembangkit Energi,



Ir. Chandra Buana, M.T.  
NIP. 19650319 199103 1 003

## HALAMAN PENERIMAAN

Pada hari ini, Rabu tanggal 20 September 2023, tim penguji ujian sidang skripsi telah menerima skripsi mahasiswa Nurfadlia NIM 442 19 018 dan Rifqi Fauzan N Halik NIM 442 19 019 dengan judul “Analisis Kinerja Generator Sinkron Satu Fasa Variasi Kutub dengan Menggunakan Magnet Permanen”.

Makassar, 20 September 2023

Tim Penguji Ujian Sidang Skripsi:

1. Prof. Ir. Makmur Saini, M.T. Ph.D. (Ketua.....)
2. Prof. Dr. Ir. Firman, M.T. (Sekretaris.....)
3. Ir. Herman Nauwir, M.T. (Anggota.....)
4. Dr. Jumadi Tangko, M.Pd. (Anggota.....)
5. Ir. Andareas Pangkung, M.T. (Anggota.....)
6. Ir. Remigius Tandioga, M.Eng. Sc (Anggota.....)

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, atas berkat rahmat dan pertolongan-Nya, penulisan proposal skripsi ini yang berjudul "Analisis Kinerja Generator Sinkron Satu Fasa Variasi Kutub dengan Menggunakan Magnet Permanen" dapat diselesaikan dengan baik.

Dalam penulisan proposal skripsi ini tidak sedikit hambatan yang penulis alami. Namun, berkat bantuan berbagai pihak terutama pembimbing, hambatan tersebut dapat teratasi. Sehubungan dengan itu, pada kesempatan dan melalui lembaran ini penulis menyampaikan terima kasi dan penghargaan kepada:

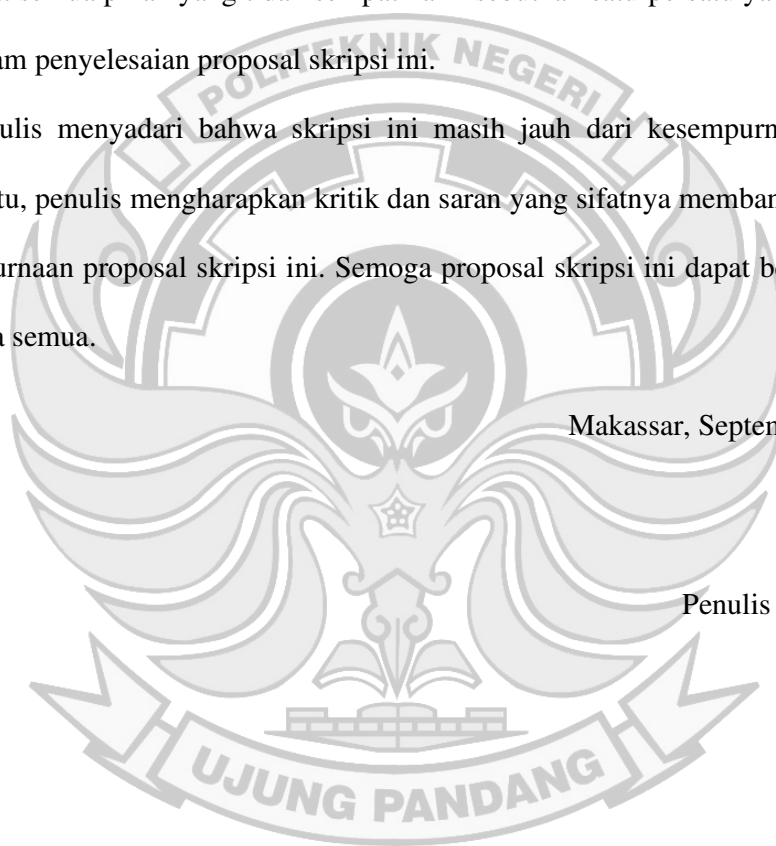
1. Kedua orang tua dan saudara-saudara penulis yang tak henti-hentinya mendoakan dan memberikan dukungan kepada kami.
2. Direktur Politeknik Negeri Ujung Pandang kepada Bapak Ir. Ilyas Mansyur, M.T.
3. Ketua Jurusan Teknik Mesin kepada Bapak Dr. Ir Syaharuddin Rasyid, M.T.
4. Koordinator Program Studi D4 Teknik Pembangkit Energi kepada Bapak Ir. Chandra Buana, M.T.
5. Bapak Ir. Andareas Pangkung, M.T. sebagai dosen pembimbing 1 dan Bapak Ir. Remigius Tandioga, M. Eng. Sc. sebagai dosen pembimbing 2 yang telah mencurahkan perhatian dan kesempatannya untuk mengarahkan penulis dalam menyelesaikan proposal skripsi ini.
6. Segenap Dosen pada Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang, Khususnya Dosen pada Program Studi Teknik Pembangkit Energi.

7. Seluruh tenaga kependidikan dan instruktur pada Program Studi Teknik Pembangkit Energi Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri ujung Pandang.
8. Teman-teman Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang, khususnya teman-teman pada Program Studi Teknik Pembangkit Energi angkatan 2019 yang telah membantu dan memberikan dukungannya.
9. Buat semua pihak yang tidak sempat kami sebutkan satu-persatu yang berjasa dalam penyelesaian proposal skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang sifatnya membangun demi kesempurnaan proposal skripsi ini. Semoga proposal skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Makassar, September 2023

Penulis



## DAFTAR ISI

HALAMAN SAMBUNG.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PENERIMAAN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR SIMBOL.....	xvii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xviii
SURAT PERNYATAAN.....	xix
RINGKASAN.....	xxi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Ruang Lingkup Penelitian.....	4
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Tinjauan Umum Generator.....	6
2.1.1 Sejarah Generator.....	6
2.1.2 Pengertian Generator.....	7
2.1.3 Prinsip Kerja Generator.....	8
2.1.4 Macam-Macam Generator.....	9
2.1.5 Konstruksi Generator.....	11

2.2 Metode Perhitungan .....	18
2.2.1 Perhitungan Tahanan Dalam dari Generator.....	18
2.2.2 Perhitungan Generator Tanpa Beban .....	23
2.2.3 Perhitungan Hubung Singkat .....	25
2.2.4 Perhitungan Berbeban .....	26
2.2.5 Perhitungan Kecepatan Putaran <i>Pulley</i> .....	44
2.3 Penelitian Sebelumnya .....	45
<b>BAB III METODE PENELITIAN.....</b>	<b>47</b>
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian .....	47
3.2 Alat dan Bahan .....	47
3.2.1 Alat .....	47
3.2.2 Bahan .....	47
3.3 Prosedur Penelitian.....	48
3.4 Tahap Perancangan .....	49
3.5 Tahap Pembuatan dan Perakitan .....	51
3.6 Pengujian Alat .....	51
3.7 Pengambilan Data .....	51
3.8 Analisis Data dan Pembahasan .....	53
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>55</b>
4.1 Hasil .....	55
4.1.1 Hasil Perancangan.....	55
4.1.2 Hasil Pengujian .....	65
4.2 Pembahasan .....	84
4.2.1 Analisis Pengujian Tahanan Generator .....	84
4.2.2 Analisis Pengujian Generator Tanpa Beban.....	87
4.2.3 Analisis Pengujian Generator Hubung Singkat.....	91
4.2.4 Analisis Pengujian Generator Berbeban .....	93
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>174</b>

5.1 Kesimpulan.....	174
5.2 Saran.....	175
DAFTAR PUSTAKA.....	176
LAMPIRAN.....	178





## DAFTAR TABEL

	Hal.
Tabel 3. 1 Parameter yang Diukur dalam Pengujian.....	52
Tabel 4. 1 Ukuran Rotor Generator.....	56
Tabel 4. 2 Ukuran Dudukan Generator .....	58
Tabel 4. 3 Hasil Pengukuran Tahanan Belitan Generator Secara Langsung .....	66
Tabel 4. 4 Hasil Pengukuran Tahanan Generator Secara Tidak Langsung Menggunakan Sumber dc .....	66
Tabel 4. 5 Hasil Pengukuran Tahanan Generator Secara Tidak Langsung Menggunakan Sumber ac .....	67
Tabel 4.6 Hasil Pengukuran Nilai Tahanan Pada Beban R (Resistif) Secara Langsung .....	67
Tabel 4.7 Hasil Pengukuran Nilai Tahanan Pada Beban Induktif ( $X_L$ ) Secara Tidak Langsung .....	68
Tabel 4.8 Hasil Pengukuran Tahanan Pada Beban Kapasitif ( $X_C$ ) Secara Tidak Langsung .....	68
Tabel 4. 9 Data Percobaan Generator Tanpa Beban ( $V_g = V_0$ ).....	69
Tabel 4. 10 Data Percobaan Generator Hubung Singkat .....	70
Tabel 4. 11 Data Percobaan Generator Beban Resistif ( $n = \text{konstan}$ ).....	71
Tabel 4. 12 Data Percobaan Beban Induktif Seri ( $n=\text{konstan}$ ) .....	71
Tabel 4. 13 Data Percobaan Beban Induktif Paralel ( $n=\text{konstan}$ ).....	72
Tabel 4. 14 Data Percobaan Beban Kapasitif Seri ( $n=\text{konstan}$ ).....	72
Tabel 4. 15 Data Percobaan Beban Kapasitif Paralel ( $n=\text{konstan}$ ).....	73
Tabel 4. 16 Data Percobaan Beban RLC Seri ( $n=\text{konstan}$ ).....	73
Tabel 4. 17 Data Percobaan Beban RLC Paralel ( $n=\text{konstan}$ ).....	74
Tabel 4. 18 Data Percobaan Generator Beban Resistif ( $R = 28 \Omega$ ) .....	74
Tabel 4. 19 Data Percobaan Generator Beban Induktif Seri ( $R = 28 \Omega$ ; $X_L = 107 \Omega$ ) .....	74
Tabel 4. 20 Data Percobaan Generator Beban Induktif Paralel ( $R = 28 \Omega$ ; $X_L = 107 \Omega$ ) .....	75

Tabel 4. 21 Data Percobaan Generator Beban Kapasitif Seri ( $R = 28 \Omega$ ; $X_C=42 \Omega$ ) .....	75
Tabel 4. 22 Data Percobaan Generator Beban Kapasitif Paralel ( $R = 28$ $\Omega$ ; $X_C=42 \Omega$ ) .....	75
Tabel 4. 23 Data Percobaan Generator Beban RLC Seri ( $R = 25 \Omega$ ; $X_L=107 \Omega$ ; $X_C = 42 \Omega$ ) .....	76
Tabel 4. 24 Data Percobaan Generator Beban RLC Paralel ( $R = 28 \Omega$ ; $X_L=107 \Omega$ ; $X_C= 42 \Omega$ ) .....	76
Tabel 4. 25 Data Percobaan Generator Tanpa Beban ( $E_0 = V_0$ ) .....	76
Tabel 4. 26 Data Percobaan Generator Hubung Singkat .....	78
Tabel 4. 27 Data Percobaan Generator Beban Resistif ( $n = \text{konstan}$ ).....	78
Tabel 4. 28 Data Percobaan Beban Induktif Seri ( $n= \text{konstan}$ ) .....	79
Tabel 4. 29 Data Percobaan Beban Induktif Paralel ( $n= \text{konstan}$ ).....	79
Tabel 4. 30 Data Percobaan Beban Kapasitif Seri ( $n= \text{konstan}$ ).....	80
Tabel 4. 31 Data Percobaan Beban Kapasitif Paralel ( $n= \text{konstan}$ ) .....	80
Tabel 4. 32 Data Percobaan Beban RLC Seri ( $n= \text{konstan}$ ).....	81
Tabel 4. 33 Data Percobaan Beban RLC Paralel ( $n=\text{konstan}$ ).....	81
Tabel 4. 34 Data Percobaan Generator Beban Resistif ( $R = 25 \Omega$ ) .....	82
Tabel 4. 35 Data Percobaan Generator Beban Induktif Seri ( $R = 25 \Omega$ ; $X_L=107 \Omega$ ) .....	82
Tabel 4. 36 Data Percobaan Generator Beban Induktif Paralel ( $R = 25 \Omega$ ; $X_L= 107 \Omega$ ).....	82
Tabel 4. 37 Data Percobaan Generator Beban Kapasitif Seri ( $R = 25 \Omega$ ; $X_C= 42 \Omega$ ) .....	83
Tabel 4. 38 Data Percobaan Generator Beban Kapasitif Paralel ( $R = 25$ $\Omega$ ; $X_C= 42 \Omega$ ).....	83
Tabel 4. 39 Data Percobaan Generator Beban RLC Seri ( $R = 28 \Omega$ ; $X_L=107 \Omega$ ; $X_C=42 \Omega$ ) .....	83
Tabel 4. 40 Data Percobaan Generator Beban RLC Paralel ( $R = 28 \Omega$ ; $X_L=107 \Omega$ ; $X_C=42 \Omega$ ) .....	84
Tabel 4. 41 Hasil Perhitungan Generator 2 Kutub Tanpa Beban.....	89

Tabel 4. 42 Hasil Perhitungan Generator 4 Kutub Tanpa Beban.....	90
Tabel 4. 43 Tabel Hasil Analisis Beban Resistif Generator 2 Kutub (n=konstan) .....	104
Tabel 4. 44 Tabel Hasil Analisis Beban Resistif Generator 4 Kutub (n=konstan) .....	105
Tabel 4. 45 Tabel Hasil Analisis Beban Induktif Seri Generator 2 Kutub (n=konstan) .....	113
Tabel 4. 46 Tabel Hasil Analisis RL Seri Generator 4 Kutub (n=konstan) .....	114
Tabel 4. 47 Tabel Hasil Analisis Beban RL Paralel Generator 2 Kutub (n=konstan) .....	122
Tabel 4. 48 Tabel Hasil Analisis Beban RL Paralel Generator 4 Kutub (n=konstan) .....	123
Tabel 4. 49 Tabel Hasil Analisis Beban RC Seri Generator 2 Kutub (n=konstan) .....	131
Tabel 4. 50 Tabel Hasil Analisis Beban RC Seri Generator 4 Kutub (n=konstan) .....	132
Tabel 4. 51 Tabel Hasil Analisis Beban RC Paralel Generator 2 Kutub (n=konstan) .....	140
Tabel 4. 52 Tabel Hasil Analisis Beban RC Paralel Generator 4 Kutub (n=konstan) .....	141
Tabel 4. 53 Tabel Hasil Analisis Beban RLC Seri Generator 2 Kutub (n=konstan) .....	150
Tabel 4. 54 Tabel Hasil Analisis Beban RLC Seri Generator 4 Kutub (n=konstan) .....	151
Tabel 4. 55 Tabel Hasil Analisis Beban RLC Paralel Generator 2 Kutub (n=konstan) .....	159
Tabel 4. 56 Tabel Hasil Analisis Beban RLC Paralel Generator 4 Kutub (n=konstan) .....	160

## DAFTAR GAMBAR

	Hal.
Gambar 2. 1 Generator Sinkron .....	7
Gambar 2. 2 Arus Bolak–Balik ( <i>ac</i> ) .....	9
Gambar 2. 3 Arus Searah ( <i>dc</i> ).....	10
Gambar 2. 4 Stator .....	11
Gambar 2. 5 Bentuk-Bentuk Alur Stator.....	14
Gambar 2. 6 Rotor.....	15
Gambar 2. 7 Rotor Kutub Menonjol.....	17
Gambar 2. 8 Rotor Kutub Silindris.....	18
Gambar 2. 9 Pengukuran Tahanan Secara Tidak Langsung. (A) Metode Pengukuran Tahanan-Tinggi, (B) Metode Pengukuran Tahanan-Rendah .....	20
Gambar 2. 10 Rangkaian Ekuivalen Generator Tanpa Beban .....	24
Gambar 2. 11 Rangkaian Ekuivalen Percobaan Hubung Singkat.....	26
Gambar 2. 12 Rangkaian RL Seri .....	26
Gambar 2. 13 Fasor RL Seri .....	27
Gambar 2. 14 Rangkaian RC Seri.....	27
Gambar 2. 15 Fasor RC Seri .....	28
Gambar 2. 16 Rangkaian RLC Seri .....	28
Gambar 2. 17 Rangkaian RL Paralel.....	29
Gambar 2. 18 Fasor RL Paralel.....	30
Gambar 2. 19 Rangkaian RC Paralel .....	32
Gambar 2. 20 Fasor RC Paralel .....	33
Gambar 2. 21 Fasor Admitansi .....	35
Gambar 2. 22 Faktor Daya Unity .....	38
Gambar 2. 23 Faktor Daya Lagging.....	38
Gambar 2. 24 Faktor Daya Leading .....	39
Gambar 2. 25 Segitiga Daya .....	41
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian .....	49

Gambar 4. 1 Bentuk Desain Rotor Generator 2 Kutub .....	55
Gambar 4. 2 Bentuk Desain Rotor Generator 4 Kutub .....	56
Gambar 4. 3 Hasil Pengadaan Konstruksi Rotor Generator dengan Menggunakan Magnet Ferrit. A) Rotor 2 Kutub; B) Rotor 4 Kutub .....	57
Gambar 4. 4 Bentuk Desain Dudukan Generator .....	58
Gambar 4. 5 Hasil Konstruksi Dudukan Generator .....	59
Gambar 4. 6 Perbandingan Pulley Motor dc dan Generator ac.....	60
Gambar 4. 7 Hasil Konstruksi Dudukan Generator Pada Motor dc Shunt .....	61
Gambar 4. 8 Rangkaian Percobaan .....	62
Gambar 4. 9 Rangkaian Percobaan Beban Nol.....	62
Gambar 4. 10 Rangkaian Percobaan Hubung Singkat.....	63
Gambar 4. 11 Rangkaian Percobaan Berbeban.....	63
Gambar 4. 12 Rangkaian Percobaan Beban RL Seri .....	63
Gambar 4. 13 Rangkaian Percobaan Beban RC Seri.....	64
Gambar 4. 14 Rangkaian Percobaan Beban RL Paralel.....	64
Gambar 4. 15 Rangkaian Percobaan Beban RC Paralel .....	64
Gambar 4. 16 Rangkaian Percobaan Beban RLC Seri.....	64
Gambar 4. 17 Rangkaian Percobaan Beban RLC Paralel .....	65
Gambar 4. 18 Tata Letak Pengujian.....	65
Gambar 4. 19 Pengujian frekuensi menggunakan osiloskop pada generator 2 kutub putaran 3000 rpm.....	70
Gambar 4. 20 Pengujian Frekuensi Menggunakan Osiloskop Pada Generator 4 Kutub Putaran 3000 rpm.....	77
Gambar 4. 21 Rangkaian ekivalen percobaan beban nol .....	87
Gambar 4. 22 Grafik Hubungan Putaran Generator Terhadap Linearitas Tegangan Keluaran .....	90
Gambar 4. 23 Rangkaian ekivalen percobaan hubung singkat .....	91
Gambar 4. 24 Grafik hubungan putaran terhadap $E_0$ & $I_{hs}$ pada generator 2 kutub .....	92

Gambar 4. 25 Grafik hubungan putaran terhadap $E_0$ & $I_{hs}$ pada generator 4 kutub .....	92
Gambar 4. 26 Rangkaian Ekuivalen Percobaan Beban Resistif .....	98
Gambar 4. 27 Vektor Beban Resistif .....	98
Gambar 4. 28 Karakteristik Luar $V_g=f(I_g)$ , dari Generator 2 Kutub pada Beban Resistif .....	106
Gambar 4. 29 Karakteristik Luar $V_g=F(I_g)$ , dari Generator 4 Kutub pada Beban Resistif .....	106
Gambar 4. 30 Rangkaian Ekuivalen Percobaan Beban R-L Seri.....	107
Gambar 4. 31 Karakteristik Luar $V_g=F(I_g)$ , dari Generator 2 Kutub pada Beban RL Seri.....	115
Gambar 4. 32 Karakteristik Luar $V_g=F(I_g)$ , dari Generator 4 Kutub pada Beban RL Seri.....	115
Gambar 4. 33 Rangkaian Ekuivalen Percobaan Beban R-L Parallel.....	116
Gambar 4. 34 Karakteristik Luar $V_g=F(I_g)$ , dari Generator 2 Kutub pada Beban RL Paralel.....	124
Gambar 4. 35 Karakteristik Luar $V_g=F(I_g)$ , dari Generator 4 Kutub pada Beban RL Paralel.....	124
Gambar 4. 36 Rangkaian Percobaan Beban R-C Seri.....	125
Gambar 4. 37 Karakteristik Luar $V_g=f(I_g)$ , dari Generator 2 Kutub pada Beban RC Seri .....	133
Gambar 4. 38 Karakteristik luar $V_g=f(I_g)$ , dari Generator 4 Kutub pada Beban RC Seri .....	133
Gambar 4. 39 Rangkaian Ekuivalen Beban R-C Parallel .....	134
Gambar 4. 40 Karakteristik Luar $V_g=f(I_g)$ , dari Generator 2 Kutub Pada Beban RC Paralel.....	142
Gambar 4. 41 Karakteristik Luar $V_g=f(I_g)$ , dari Generator 4 Kutub pada Beban RC Paralel.....	142
Gambar 4. 42 Rangkaian Ekuivalen Beban RLC Seri .....	143
Gambar 4. 43 Karakteristik Luar $V_g=F(I_g)$ , dari Generator 2 Kutub pada Beban RLC Seri .....	152

Gambar 4. 44 Karakteristik Luar $V_g=F(I_g)$ , dari Generator 4 Kutub pada Beban RLC Seri .....	152
Gambar 4. 45 Rangkaian Ekvialen Beban RLC Paralel .....	153
Gambar 4. 46 Karakteristik Luar $V_g=F(I_g)$ , dari Generator 2 Kutub pada Beban RLC Paralel .....	161
Gambar 4. 47 Karakteristik Luar $V_g=F(I_g)$ , dari Generator 4 Kutub pada Beban RLC Paralel .....	161
Gambar 4. 48 Grafik Hubungan Putaran Generator Terhadap Frekuensi pada Beban Resistif .....	162
Gambar 4. 49 Grafik Hubungan Putaran Generator Terhadap Frekuensi pada Beban RL Seri .....	163
Gambar 4. 50 Grafik Hubungan Putaran Generator Terhadap Frekuensi pada Beban RL Paralel .....	163
Gambar 4. 51 Grafik Hubungan Putaran Generator Terhadap Frekuensi pada Beban RC Seri .....	164
Gambar 4. 52 Grafik Hubungan Putaran Generator Terhadap Frekuensi pada Beban RC Paralel .....	164
Gambar 4. 53 Grafik Hubungan Putaran Generator Terhadap Frekuensi pada Beban RLC Seri .....	165
Gambar 4. 54 Grafik Hubungan Putaran Generator Terhadap Frekuensi pada Beban RLC Paralel .....	165
Gambar 4. 55 Grafik Hubungan Daya Keluaran dan Efisiensi Sistem pada Beban Resistif Generator 2 Kutub .....	166
Gambar 4. 56 Grafik Hubungan Daya Keluaran Generator dan Efisiensi Sistem pada Beban Resistif Generator 4 Kutub .....	166
Gambar 4. 57 Grafik Hubungan Daya Keluaran Generator dan Efisiensi Sistem pada Beban Induktif Seri Generator 2 Kutub .....	167
Gambar 4. 58 Grafik Hubungan Daya Keluaran Generator dan Efisiensi Sistem pada Beban Induktif Seri Generator 4 Kutub .....	167
Gambar 4. 59 Grafik Hubungan Daya Keluaran Generator dan Efisiensi Sistem pada Beban Induktif Paralel Generator 2 Kutub .....	168

Gambar 4. 60 Grafik Hubungan Daya Keluaran Generator dan Efisiensi Sistem pada Beban Induktif Paralel Generator 4 Kutub.....	168
Gambar 4. 61 Grafik Hubungan Daya Keluaran Generator dan Efisiensi Sistem pada Beban Kapasitif Seri Generator 2 Kutub.....	169
Gambar 4. 62 Grafik Hubungan Daya Keluaran Generator dan Efisiensi Sistem pada Beban Kapasitif Seri Generator 4 Kutub.....	169
Gambar 4. 63 Grafik Hubungan Daya Keluaran Generator dan Efisiensi Sistem pada Beban Kapasitif Paralel Generator 2 Kutub .....	170
Gambar 4. 64 Grafik Hubungan Daya Keluaran Generator dan Efisiensi Sistem pada Beban Kapasitif Paralel Generator 4 Kutub .....	170
Gambar 4. 65 Grafik Hubungan Daya Keluaran Generator dan Efisiensi Sistem pada Kombinasi Beban RLC Seri Generator 2 Kutub .....	171
Gambar 4. 66 Grafik Hubungan Daya Keluaran Generator dan Efisiensi Sistem pada Kombinasi Beban RLC Seri Generator 4 Kutub .....	171
Gambar 4. 67 Grafik Hubungan Daya Keluaran Generator dan Efisiensi Sistem pada Kombinasi Beban RLC Paralel Generator 2 Kutub .....	172
Gambar 4. 68 Grafik Hubungan Daya Keluaran Generator dan Efisiensi Sistem pada Kombinasi Beban RLC Paralel Generator 4 Kutub .....	172



## DAFTAR SIMBOL

SIMBOL	SATUAN	KETERANGAN
V	V	Tegangan
I	A	Arus
R	$\Omega$	Beban resistif
L	H	Beban Induktif
C	$\mu\text{F}$	Beban kapasitif
$X_s$	$\Omega$	Reaktansi sinkron
$Z_s$	$\Omega$	Impedansi sinkron
n	rpm	Putaran generator
f	Hz	Frekuensi
P	Watt	Daya aktif
Q	VAR	Daya reaktif
S	VA	Daya semu
$GGL/E_a$	V	Gaya gerak listrik
Kv	Volt.minute	Konstanta tegangan
$\eta$	%	Efisiensi
$X_L$	$\Omega$	Reaktansi induktif
$X_C$	$\Omega$	Reaktansi kapasitif
$Z_C$	$\Omega$	Impedansi kapasitif
$Z_L$	$\Omega$	Impedansi Induktif
$V_m$	V	Tegangan motor
$I_{am}$	A	Arus jangkar motor
$I_{fm}$	A	Arus medan motor
$I_a$	A	Arus jangkar
$R_a$	$\Omega$	Tahanan jangkar
$R_d$	$\Omega$	Tahanan geser
$VR_{Up}$	%	Regulasi tegangan naik
$VR_{Down}$	%	Regulasi tegangan turun
$E_0$	V	Tegangan tanpa beban
$V_{FL}$	V	Tegangan berbeban
$n_{act}$	rpm	Putaran aktual
$n_{nom}$	rpm	Putaran nominal
$P_a$	Watt	Daya jangkar motor
$\Delta P_{mek}$	Watt	Rugi-rugi daya mekanik motor
$\Delta P_{mekFL}$	Watt	Rugi daya mekanik motor <i>full-load</i>
$v_1$	Rpm	Kecepatan motor
$v_2$	rpm	Kecepatan generator
r	mm	Jari-jari <i>pulley</i>
Y	$\Omega^{-1}$	Admitansi
G	$\Omega^{-1}$	Konduktansi
B	$\Omega^{-1}$	Suseptansi

## DAFTAR LAMPIRAN

	Hal.
Lampiran 1 Dokumentasi Kegiatan .....	179
Lampiran 2 Kartu Asistensi .....	180



## SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Nurfadlia

NIM : 442 19 018

menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa segala pernyataan dalam skripsi ini yang berjudul “Analisis Kinerja Generator Sinkron Satu Fasa Variasi Kutub dengan Menggunakan Magnet Permanen” merupakan gagasan dan hasil karya saya sendiri dengan arahan komisi pembimbing dan belum pernah diajukan dalam bentuk apa pun pada perguruan tinggi dan instansi mana pun.

Semua data dan informasi yang digunakan telah dinyatakan secara jelas dan dapat diperiksa kebenarannya. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya penulis lain telah disebutkan dalam naskah dan dicantumkan dalam skripsi ini.

Jika pernyataan saya tersebut di atas tidak benar, saya siap menanggung risiko yang ditetapkan oleh Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, 20 September 2023



Nurfadlia

NIM: 442 19 018

## SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Rifqi Fauzan N. Halik

NIM : 442 19 019

menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa segala pernyataan dalam skripsi ini yang berjudul “Analisis Kinerja Generator Sinkron Satu Fasa Variasi Kutub dengan Menggunakan Magnet Permanen” merupakan gagasan dan hasil karya saya sendiri dengan arahan komisi pembimbing dan belum pernah diajukan dalam bentuk apa pun pada perguruan tinggi dan instansi mana pun.

Semua data dan informasi yang digunakan telah dinyatakan secara jelas dan dapat diperiksa kebenarannya. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya penulis lain telah disebutkan dalam naskah dan dicantumkan dalam skripsi ini.

Jika pernyataan saya tersebut di atas tidak benar, saya siap menanggung risiko yang ditetapkan oleh Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, 20 September 2023



Rifqi Fauzan N. Halik

NIM: 442 19 019

# **ANALISIS KINERJA GENERATOR SINKRON SATU FASA VARIASI KUTUB DENGAN MENGGUNAKAN MAGNET PERMANEN RINGKASAN**

Pemanfaatan energi terbarukan seperti air dan angin selalu memiliki kendala, dimana kecepatan aliran air maupun udara bervariasi dan tidak konstan sehingga dibutuhkan generator yang mampu bekerja dalam keadaan tersebut, generator yang dapat digunakan adalah generator sinkron dengan magnet permanen.

Penelitian ini dilakukan untuk menguji kinerja generator sinkron variasi kutub dalam dua jenis kutub yang berbeda yaitu dengan 2 kutub dan 4 kutub. Penelitian ini diawali dengan mendesain prototipe kutub generator, lalu mengukur parameter generator. Generator akan diputar dalam keadaan tanpa beban untuk mengetahui linearitas tegangan keluaran generator, selanjutnya untuk mengetahui karakteristik luar dari generator, generator akan dibebani oleh kombinasi beban R, L, dan C, dari kedua pengujian ini akan diketahui regulasi tegangan generator beserta efisiensi dari generator.

Hasil dari pengujian ini telah menghasilkan rotor dengan 2 dan 4 kutub. Dari pengukuran belitan didapatkan reaktansi sinkron ( $X_s$ ) sebesar  $4 \Omega$  dan impedansi sinkron generator ( $Z_s$ ) sebesar  $6,12 \Omega$ . Percobaan tanpa beban menunjukkan tegangan keluaran generator linear terhadap jumlah kutub. Pengujian berbeban membuktikan karakteristik luar generator dimana tegangan sebagai fungsi dari arus beban generator yang berubah-ubah yang diakibatkan oleh nilai impedansi beban yang berbeda-beda. Regulasi tegangan pada generator 2 kutub pengaturan tegangan bervariasi dari 0,11 % - 40,16 % pada putaran 2800 rpm sampai putaran 3000 rpm, dan pada generator 4 kutub pengaturan tegangan bervariasi dari 0,290%-39,66% pada putaran 1200, 1500, dan 1800 rpm. Efisiensi tertinggi antara generator 2 kutub dan 4 kutub didapatkan oleh generator 4 kutub yaitu sebesar 97,92%.

## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Kebutuhan energi listrik merupakan hal yang sangat penting dalam seluruh kehidupan manusia untuk meningkatkan kesejahteraan hidup. Salah satu perangkat energi listrik untuk memanfaatkan sumber energi terbarukan yang dikembangkan adalah generator. Generator merupakan perangkat konversi energi mekanik menjadi energi listrik. Pemanfaatan generator dapat dilihat pada berbagai bidang seperti pembangkit listrik, sistem penggerak dan lainnya. Generator memiliki beberapa komponen utama yaitu rotor dan stator. Rotor merupakan bagian yang bergerak (berputar) pada generator dan di dalamnya terdapat magnet atau dikenal dengan magnet rotor. Stator merupakan bagian yang diam terdiri atas lilitan kumparan kawat. (Herudin dan Prasetyo, 2016)

Menurut hukum *Faraday*, apabila kumparan berputar di dalam medan magnet atau sebaliknya medan magnet berputar di dalam kumparan, maka pada ujung-ujung kumparan tersebut akan timbul gaya gerak listrik atau GGL (tegangan). Generator sinkron merupakan suatu alat yang berfungsi untuk mengubah energi mekanik yang berasal dari putaran *primover*, menjadi energi listrik dengan perantara induksi medan magnet. Penggunaan generator di dalam suatu sistem kelistrikan pembangkit sangat dibutuhkan dimana kegunaan dari generator ini sendiri adalah sebagai pengubah energi mekanik atau energi gerak menjadi energi listrik. (Iman, 2020)

Pemanfaatan energi terbarukan seperti air dan angin selalu memiliki kendala, dimana kecepatan aliran air maupun udara bervariasi dan tidak konstan

sehingga dibutuhkan generator yang mampu bekerja dalam keadaan tersebut. Konversi energi elektromagnetik yaitu perubahan energi dari bentuk mekanik ke bentuk listrik dan bentuk listrik ke bentuk mekanik. Generator sinkron (alternator) merupakan jenis mesin listrik yang berfungsi untuk menghasilkan tegangan bolak-balik dengan cara mengubah energi mekanis menjadi energi listrik. Energi mekanis diperoleh dari putaran rotor yang digerakkan oleh penggerak mula (*prime mover*), sedangkan energi listrik diperoleh dari proses induksi elektromagnetik yang terjadi pada kumparan stator dan rotornya. (Zuhal, 1991)

Generator sinkron dengan definisi sinkronnya, mempunyai makna bahwa frekuensi listrik yang dihasilkannya sinkron dengan putaran mekanis generator. Rotor generator sinkron yang diputar dengan penggerak mula (*prime mover*) yang terdiri dari belitan jangkar ( $R_a$ ) dan reaktansi sinkron ( $X_S$ ). Frekuensi yang dihasilkan generator sinkron sangat dipengaruhi oleh kecepatan putaran rotor dan jumlah kutub magnet pada generator. Jika beban generator berubah, akan mempengaruhi kecepatan rotor generator. Semakin banyak kutub yang dimiliki oleh suatu generator maka putaran yang dihasilkan akan semakin kecil, sebaliknya semakin sedikit kutub yang dimiliki maka putarannya akan semakin tinggi. (Pradana, 2021)

Jumlah kutub dari generator magnet permanen dapat divariasikan sesuai dengan fluida kerja yang menjadi sumber penggerakannya, untuk turbin angin dan air biasanya menggunakan 4, 6 atau 8 kutub karena putarannya yang rendah atau tidak terlalu tinggi. Karakteristik luar generator dipengaruhi bila generator diberi beban yang berubah-ubah sehingga besarnya tegangan terminal ( $V$ ) akan berubah-ubah

pula, hal ini disebabkan adanya kerugian tegangan pada resistansi jangkar ( $R_a$ ) dan reaktansi sinkron ( $X_s$ ). Terjadinya perbedaan tegangan terminal ( $V$ ) dalam keadaan berbeban dengan tegangan  $E_0$  pada saat tidak berbeban dipengaruhi oleh faktor daya dan besarnya arus jangkar ( $I_a$ ) yang mengalir, perubahan ini disebut sebagai regulasi tegangan.

Penelitian mengenai rancang bangun generator masih jarang dilakukan sehingga masih perlu dilakukan studi eksperimental untuk mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi kinerja dari generator tersebut. Pada kesempatan ini penulis mengajukan proposal penelitian dengan judul **“Analisis Kinerja Generator Sinkron Satu Fasa Variasi Kutub dengan Menggunakan Magnet Permanen”**. Diharapkan dengan adanya penelitian ini, dapat diketahui pembuatan rancangan prototipe generator variasi kutub dan dapat menjadi bahan referensi mengenai pengembangan generator kedepannya.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka rumusan masalah yang diangkat pada skripsi ini yaitu:

1. Bagaimana membuat rancangan prototipe rotor generator satu fasa variasi kutub?
2. Bagaimana menentukan parameter mesin dari generator variasi kutub?
3. Bagaimana menguji linearitas tegangan keluaran generator sebagai fungsi dari jumlah kutub?
4. Bagaimana karakteristik luar dari prototipe generator variasi kutub?
5. Bagaimana menentukan pengaturan tegangan dari generator variasi kutub?



6. Bagaimana hubungan antara efisiensi dengan variasi jumlah kutub?

### **1.3 Ruang Lingkup Penelitian**

Adapun ruang lingkup pada proposal skripsi ini yaitu:

1. Merancang rotor generator variasi kutub beserta rangkaian generator variasi kutub.
2. Parameter yang diukur yaitu tegangan keluaran, kecepatan putaran, arus keluaran, resistansi, reaktansi.
3. Parameter yang dihitung yaitu impedansi, regulasi tegangan, frekuensi, daya generator, dan efisiensi generator.

### **1.4 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Membuat prototipe rotor generator satu fasa variasi kutub.
2. Menentukan konstanta mesin dari generator variasi kutub.
3. Menguji linearitas tegangan keluaran generator sebagai fungsi dari jumlah kutub.
4. Menentukan karakteristik luar generator variasi kutub.
5. Menentukan regulasi tegangan dari generator sinkron variasi kutub.
6. Menentukan hubungan antara efisiensi sistem dengan variasi jumlah kutub.

### **1.5 Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat yang dapat diperoleh dari kegiatan ini yaitu sebagai berikut:

1. Sebagai sarana untuk mengaplikasikan ilmu yang diperoleh selama masa perkuliahan.
2. Sebagai wadah untuk memperluas pengetahuan tentang generator dalam rangka upaya dalam memanfaatkan potensi terbarukan di Indonesia, serta menjadi referensi bagi penelitian generator kedepannya.
3. Sebagai sumbangsih pemikiran mengenai penggunaan generator yang dapat digunakan di industri pembangkit energi.



## **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

### **2.1 Tinjauan Umum Generator**

#### **2.1.1 Sejarah Generator**

Pada tahun 1820, seorang ilmuwan bernama Michael Faraday menemukan fenomena induksi elektromagnetik. Penemuan ini merupakan titik awal dimulainya berbagai eksperimen yang memanfaatkan induksi elektromagnetik. Pada tahun 1832, pertama kali dinamo sederhana mulai diciptakan. Dinamo yang pertama ini diciptakan oleh seorang ilmuwan yang bernama Hippolyte Pixxi. Alat itu pada awalnya dibuat dengan kumparan yang di bagian dalamnya memiliki kawat. Jadi, kumparan yang di dalamnya terdapat kawat *crank* akan berputar dan menghasilkan medan magnet.

Magnet permanen yang terdapat pada kumparan memiliki dua kutub, yaitu kutub utara dan selatan. Pada saat magnet berputar, maka kedua kutubnya akan saling menginduksi. Kemudian berfungsi untuk mengubah arus bolak-balik menjadi arus searah. Dinamo yang pertama kali diciptakan memiliki desain sederhana. Dan tentu saja terbatas pada satu fokus proses yakni untuk menghasilkan arus searah saja.

Karena desainnya yang kurang sempurna, kemudian dilakukanlah versi pembaharuan. Yaitu dengan diciptakannya dinamo versi terbaru karya Antonio Pacinotti. Dimana Antonio Pacinotti membuat dinamo dengan kumparan berputar yang terbuat dari torodial berbahan besi. Selanjutnya, pada tahu 1870, Zonabe Gramme juga menciptakan teknologi pembangkit listrik komersial yang diberi

nama Dinamo Gramme. Karena alat tersebut juga menggunakan teknologi yang memanfaatkan fenomena induksi elektromagnetik.



Gambar 2. 1 Generator Sinkron

### 2.1.2 Pengertian Generator

Sumber energi mekanik, biasanya dengan menggunakan induksi elektromagnetik. Proses ini dikenal sebagai pembangkit listrik. Walau generator dan motor punya banyak kesamaan, tapi motor adalah alat untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Generator mendorong muatan listrik untuk bergerak melalui sebuah sirkuit listrik *external*, tapi generator tidak menciptakan listrik yang sudah ada dalam kabel lilitannya. Hal ini bisa dianalogikan dengan sebuah pompa air, yang menciptakan aliran air tapi tidak menciptakan air di dalamnya. Sumber energi mekanik bisa berupa resiprokat maupun turbin mesin uap, air yang jatuh melalui sebuah turbin maupun kincir air, mesin pembakaran dalam, turbin angin,

engkol tangan, energi surya atau matahari, udara yang dimampatkan, atau apapun sumber energi mekanik yang lain.

### 2.1.3 Prinsip Kerja Generator

Generator *ac* berfungsi untuk mengubah tenaga mekanis menjadi tenaga listrik arus bolak-balik. Generator ini sering disebut juga sebagai alternator. Prinsip kerja generator tersebut adalah memanfaatkan adanya perubahan fluks magnetik sebagaimana yang dikemukakan oleh hukum induksi Faraday. Kecepatan perubahan fluks magnetik dalam suatu loop akan sebanding dengan GGL induksi yang timbul antara ujung-ujung loop suatu penghantar. Jika kecepatan perubahan fluks dinyatakan dalam weber/sekon, maka tegangan gerak elektrik akan dinyatakan dalam volt. (Indriani, 2015).

Nilai dari tegangan yang dibangkitkan bergantung pada:

- a. Jumlah dari lilitan dalam kumparan.
- b. Kuat medan magnetik, makin kuat medan makin besar tegangan yang diinduksikan.
- c. Kecepatan putar dari generator itu sendiri.

Prinsip generator ini secara sederhana dapat dijelaskan bahwa tegangan akan diinduksikan pada konduktor apabila konduktor tersebut bergerak pada medan magnet sehingga memotong garis-garis gaya. Hukum tangan kanan berlaku pada generator dimana menyebutkan bahwa terdapat hubungan antara penghantar bergerak, arah medan magnet, dan arah resultan dari aliran arus yang terinduksi. Apabila ibu jari menunjukkan arah gerakan penghantar, telunjuk menunjukkan arah

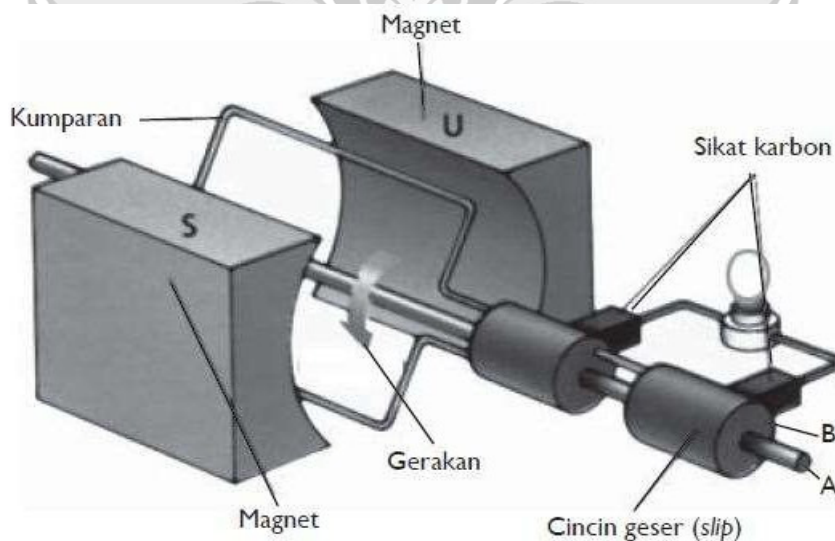
fluks, jari tengah menunjukkan arah aliran elektron yang terinduksi. Hukum ini juga berlaku apabila magnet sebagai pengganti penghantar yang digerakkan. Terdapat dua jenis konstruksi dari generator ac, jenis medan diam atau medan magnet dibuat diam dan medan magnet berputar.

#### 2.1.4 Macam-Macam Generator

Berdasarkan tegangan dibangkitkan generator dibagi menjadi 2 yaitu:

##### 1. Generator arus bolak-balik (AC)

Adalah generator yang menghasilkan gaya gerak listrik induksi bolak-balik. Generator arus bolak-balik terdiri atas sebuah kumparan dan sepasang kutub magnet kuat, dua buah cincin geser dan dua buah sikat penyambung arus.



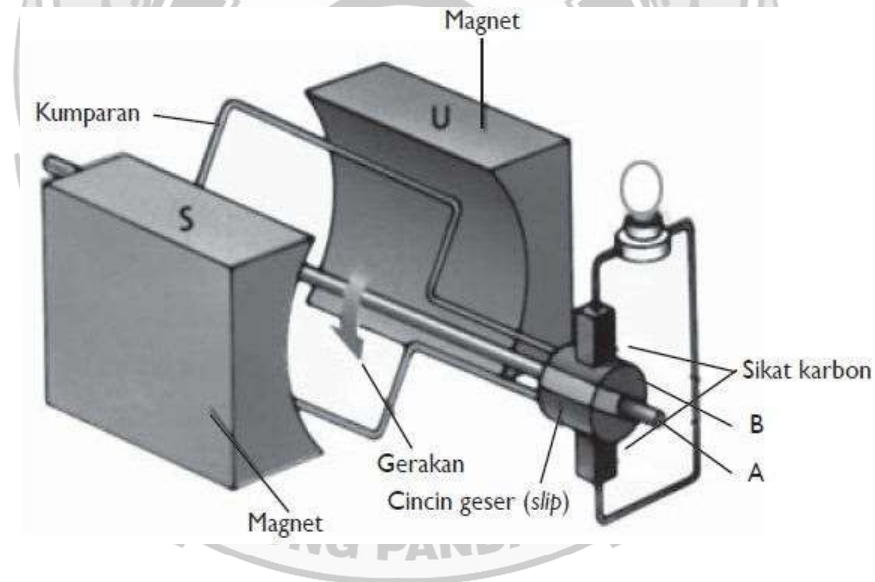
Gambar 2. 2 Arus Bolak-Balik (*ac*)  
(Sumber: Rizal, 2019)

Bila kumparan diputar, maka dalam kumparan akan timbul gaya gerak listrik bolak-balik. Gaya gerak listrik bolak-balik ini dihubungkan dengan

rangkaian luar, maka akan mengalir arus melalui kedua sikat secara bergantian, yaitu mula-mula arus keluar melalui sikat pertama, sesaat kemudian melalui sikat kedua lagi, demikian seterusnya sehingga dihasilkan arus induksi yang arahnya bolak-balik.

## 2. Generator arus searah (*dc*)

Adalah generator yang menghasilkan gaya gerak listrik induksi searah. Generator arus searah pada prinsipnya sama dengan generator arus bolak-balik perbedaannya hanya menggunakan satu cincin yang dibelah menjadi dua.



Gambar 2. 3 Arus Searah (*dc*)  
(Sumber: Rizal, 2019)

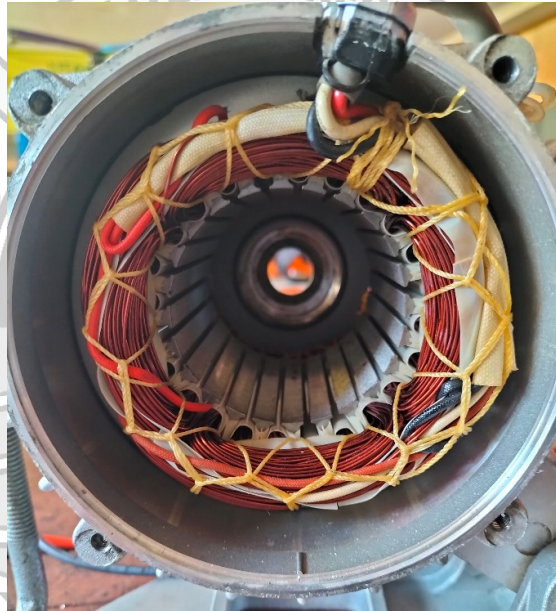
Generator ini menghasilkan gaya gerak listrik induksi searah. Jika dihubungkan dengan rangkaian luar, maka arus akan mengalir melalui salah satu sikat yaitu pada awal melalui sikat pertama waktu berikutnya melalui

sikat pertama lagi demikian seterusnya arus selalu melalui sikat pertama, sehingga arus yang dihasilkan berupa arus searah.

### 2.1.5 Konstruksi Generator

Generator terdiri dari dua bagian yang paling utama, yaitu bagian yang diam (stator) dan bagian yang bergerak (rotor).

a) Stator (bagian diam)



Gambar 2. 4 Stator

Stator (*armature*) adalah bagian yang berfungsi sebagai tempat untuk menerima induksi magnet dari rotor. Arus *ac* yang menuju ke beban disalurkan melalui stator. Komponen ini berbentuk sebuah rangka silinder dengan lilitan kawat konduktor yang sangat banyak. Stator terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu:



### 1) Inti Stator

Bentuk dari inti stator ini berupa cincin laminasi-laminasi yang diikat serapat mungkin untuk menghindari rugi-rugi arus eddy (*eddy current losses*). Pada inti ini terdapat slot-slot untuk menempatkan konduktor dan untuk mengatur arah medan magnetnya.

### 2) Belitan Stator

Bagian stator yang terdiri dari beberapa batang konduktor yang terdapat di dalam slot-slot dan ujung-ujung kumparan. Masing-masing slot dihubungkan untuk mendapatkan tegangan induksi. Seperti yang diterangkan diatas bahwa stator adalah komponen dari generator yang tidak berputar. Komponen-komponen belitan stator diantaranya adalah:

#### a) *Yoke* (Rangkaian Magnetis)

*Yoke* ini mempunyai fungsi antara lain:

- Sebagai pembentuk bodi dari generator.
- Tempat menempelnya komponen generator.
- Sebagai pengaman dari generator.

Dengan demikian *Yoke* harus mempunyai daya tahan mekanik yang besar.

#### b) Pola *Piece* (Lempengan Kutub)

Pola *piece* adalah bagian dari kutub magnet yang berhadapan dengan *armature* dan mendistribusikan *flux* ke dalam *gap*.

c) *Field Core* (Inti Medan)

Meskipun tidak ada iron loss dalam *field core*, tapi sebab biasanya disatukan dengan *ploe piece* maka dibuat juga dari *laminated core*.

d) *Field Winding* (Lilitan-lilitan Medan)

Lilitan-lilitan medan tergantung dari besar kecilnya arus yang mengalir digunakan penghantar berbentuk persegi empat.

e) *Brush*

*Brush* adalah alat penghubung lilitan stator dan rotor.

f) *Brush Holder* (Pegangan Sikat)

*Brush Holder* adalah alat yang menahan *brush* (Sikat) pada posisi tertentu dan pada tekanan tertentu. Kalau posisi brush mau dipindahkan maka harus diigunakan peralatan khusus.

g) *Shaft* dan *Bearing* (Poros dan Bantalan)

*Shaft* terbuat dari baja dan garis tergantung dari

- *Output power* (daya yang dihasilkan)

- Jumlah perputaran (rpm)

Untuk mesin yang besar digunakan *bearing stand* yang tersendiri, tapi biasanya *bracket bearing*. *Bearing metal* adalah bagian yang berhubungan dengan *shaft* dan dapat menahan pergeseran. Bentuknya adalah *cylinder* dan biasanya babit *bearing*. Dalam mesin kecil

digunakan *ball bearing* (bantalan peluru), dan sering juga *ruller bearing* (bantalan rol) digunakan untuk mesin besar. Sebab mesin pada umumnya berputar dengan kecepatan besar maka harus digunakan minyak pendingin. Untuk maksud ini bagian bawah dari *bearing* terdapat *oil wel* (kotak minyak) dan pada *shaft* (poros) terdapat *rol oil ring*. Dalam *ball bearing* dan *roller bearing* kebanyakan menggunakan *grease* (gemuk).

h) Jenis-jenis belitan pada *armature*

Dalam tiap *coil* dari *armature winding* terinduksi gaya gerak elektromagnet. Besar kecilnya arus dan tegangan yang dibutuhkan menentukan konstruksi dan hubungan itu.

3) Alur Stator Alur (*slot*) dan Gigi

Merupakan tempat meletakkan kumparan stator. Ada 3 (tiga) bentuk alur stator yaitu terbuka, setengah terbuka, dan tertutup seperti pada gambar berikut:



Gambar 2. 5 Bentuk-Bentuk Alur Stator  
(Sumber: Putra, 2021)

#### 4) Rumah Stator

Bagian dari stator yang umumnya terbuat dari besi tuang yang berbentuk silinder. Bagian belakang dari rumah stator ini biasanya memiliki sirip-sirip sebagai alat bantu dalam proses pendinginan.

#### 5) Cincin arus bolak-balik

Bagian yang secara langsung menyerahkan gaya gerak listrik bolak-balik. Selain dari bagian ketiga tersebut diatas terdapat pula antara lain *Shaft*, *Shaft Bearing*, *Bearing*, *Brush Holder* dan lain-lain.

#### b) Rotor (bagian berputar)



Gambar 2. 6 Rotor  
(Sumber: Muchta, 2017)

Rotor adalah bagian generator yang bergerak atau berputar. Antara rotor dan stator dipisahkan oleh celah udara (*air gap*). Rotor terdiri dari tiga komponen utama yaitu:

### 1) *Slip Ring*

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

### 2) *Field* (Medan)

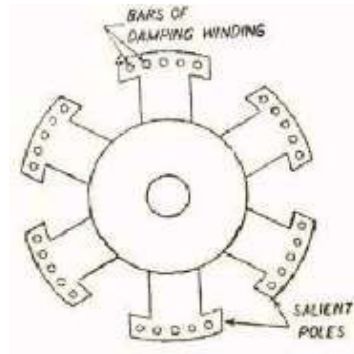
Kumparan medan yang berfungsi untuk membangkitkan medan magnet sehingga induksi dapat terjadi.

### 3) Poros Rotor

Merupakan tempat meletakkan magnet/medan, dimana pada poros rotor tersebut telah dibentuk *slot-slot* secara parallel terhadap poros rotor. Rotor pada generator sinkron pada dasarnya adalah sebuah elektromagnet yang besar. Kutub medan magnet rotor dapat berupa *silent pole* (kutub menonjol) dan *non silent pole* (kutub silinder).

#### a) Jenis Kutub Menonjol (Silent Pole)

Pada jenis *silent pole*, kutub magnet menonjol keluar dari permukaan rotor. Belitan-belitan medannya dihubung seri. Ketika belitan medan ini disuplai oleh eksiter (jika menggunakan magnet buatan), maka kutub yang berdekatan akan membentuk kutub berlawanan. Gambaran bentuk kutub menonjol generator sinkron seperti pada gambar berikut:



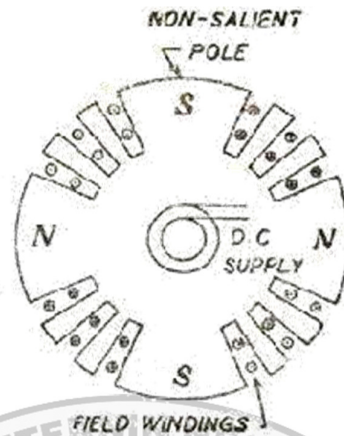
Gambar 2. 7 Rotor Kutub Menonjol  
(Sumber: Putra, 2021)

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

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

b) Jenis Kutub Silindris (*Non Silent Pole*)

Pada jenis *non silent pole*, konstruksi kutub magnet rata dengan permukaan rotor. Jenis rotor ini terbuat dari baja tempa halus yang berbentuk silinder yang mempunyai alur-alur terbuat di sisi luarnya. Belitan-belitan medan dipasang pada alur-alur di sisi luarnya dan terhubung seri yang disuplai oleh Eksiter. Gambaran bentuk kutub silinder generator sinkron tampak seperti pada Gambar berikut:



Gambar 2. 8 Rotor Kutub Silindris  
(Sumber: Putra, 2021)

Rotor silinder umumnya digunakan pada generator sinkron dengan kecepatan putar tinggi (1500 atau 3000 rpm) seperti yang terdapat pada pembangkit listrik tenaga uap. Rotor silinder baik digunakan pada kecepatan putar tinggi karena:

- Konstruksinya memiliki kekuatan mekanik yang baik pada kecepatan putar tinggi.
- Distribusi di sekeliling rotor mendekati bentuk gelombang sinus sehingga lebih baik dari kutub menonjol.

## 2.2 Metode Perhitungan

### 2.2.1 Perhitungan Tahanan Dalam dari Generator

#### 2.2.1.1 Perhitungan dan Pengukuran Belitan Secara Langsung

Yang dimaksud dengan cara langsung adalah dengan memakai ohmmeter.

#### 2.2.1.2 Perhitungan dan Pengukuran Impedansi Generator

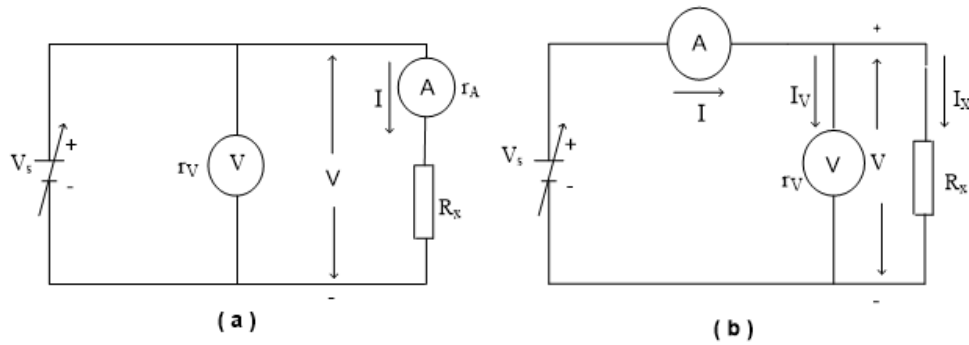
Yang dimaksud dengan pengukuran tahanan secara tidak langsung adalah pengukuran tanpa menggunakan ohmmeter. Dari hukum Ohm dapat diketahui:

$$R_a = \frac{V}{I} \dots\dots\dots (2-1)$$

Terlihat dari persamaan (2-1) bahwa untuk mengetahui nilai suatu tahanan maka dibagi antara tegangan yang diukur dengan arus yang terukur pada tahanan tersebut. Inilah yang disebut cara tidak langsung, yaitu mengukur tegangan dan arus menentukan tahanan. Dengan demikian cara ini disebut juga “metode Voltmeter-Amperemeter”. Karena Voltmeter dan Amperemeter mempunyai cara sambung yang berbeda, dikenal dua macam rangkaian pengukuran yaitu rangkaian dengan “metode pengukuran tahanan tinggi (MPTT)” dan rangkaian dengan “metoda Pengukuran tahanan rendah (MPTR)”. Kata “tinggi” bersifat relatif saja, yaitu tahanan yang diukur relatif jauh lebih tinggi dari tahanan Amperemeter. Juga kata “rendah” hanya bersifat relatif, yaitu tahanan yang diukur jauh lebih rendah dari tahanan Voltmeter. Sebagai contoh, diperkirakan tahanan yang akan diukur adalah 1000 Ω, tahanan Amperemeter 1 Ω dan tahanan Voltmeter 999 kΩ, maka kedua macam rangkaian sama baiknya karena memberikan hasil pengukuran dengan persentase kesalahan yang sama. Bagaimana jika tahanan yang diukur diperkirakan 0,1 Ω? Jelas rangkaian dengan metode tahanan-rendah lebih cocok karena akan memberikan persentase kesalahan yang dapat diabaikan. Bagaimana jika tahanan yang akan diukur diperkirakan 1 MΩ? Jelas rangkaian dengan metode tahanan



tinggi lebih cocok karena akan memberikan persentase kesalahan yang dapat diabaikan.



Gambar 2. 9 Pengukuran Tahanan Secara Tidak Langsung. (A) Metode Pengukuran Tahanan-Tinggi, (B) Metode Pengukuran Tahanan-Rendah

Terminologi yang dapat dianut dalam percobaan ini adalah:

$$R_x = \text{nilai tahanan yang akan diukur (nilai tahanan yang sebenarnya)} = \frac{V_x}{I_x}$$

$$R_m = \text{Nilai tahanan hasil pengukuran} = \frac{V_m}{I_m}$$

$V_x$  dan  $I_x$  = tegangan dan arus pada tahanan yang diukur.

$V_m$  dan  $I_m$  = hasil penunjukan berturut-turut pada voltmeter dan amperemeter

Rangkaian dengan Metode Pengukuran Tahanan-tinggi:

Dari gambar 2.9 (a) dapat ditulis:

$$I_x = I_m \dots\dots\dots (2 - 2)$$

Dan:

$$V_m = I_m r_A + I_m R_x \dots\dots\dots (2 -3)$$

Maka:

$$R_m = \frac{V_m}{I_m} = r_A + R_x \dots\dots\dots (2 -4)$$

Persamaan (2-4) menunjukkan bahwa ternyata nilai hasil pengukuran ( $R_m$ ) lebih besar dari nilai sebenarnya ( $R_x$ ). Jadi tahanan sebenarnya yang sedang diukur adalah:

$$R_x = R_m - R_A \dots\dots\dots (2 -5)$$

Kesalahan ( $E_r$ ) yang ditimbulkan oleh metode tahanan-tinggi adalah:

$$E_r = \frac{|R_m - R_x|}{R_x} \times 100\% = \frac{r_A}{R_x} \times 100\% \dots\dots\dots (2 -6)$$

$$E_r = \frac{I_m r_A}{V_m - I_m r_A} \times 100\% \dots\dots\dots (2 -7)$$

Rangkaian dengan Metode Pangukuran Tahanan-Rendah:

Dari Gambar 2.9 (b) dapat ditulis:

$$I_m = I_x + I_v \dots\dots\dots (2 -8)$$

$$V_m = V_x; I_x = \frac{V_x}{R_x}; I_v = \frac{V_x}{r_v} \dots\dots\dots (2 -9)$$

Maka dapat diperoleh:

$$R_m = \frac{V_m}{I_m} = \frac{V_x}{I_v + I_x} \dots\dots\dots (2-10)$$

Dengan mensubtitusikan persamaan (2-9) ke dalam (2-10), diperoleh:

$$R_m = \frac{r_v R_x}{r_v + R_x} = \frac{R_x}{1 + \frac{R_x}{r_v}} \dots\dots\dots (2 -11)$$

Ternyata dalam persamaan (2-11) terindikasi bahwa nilai hasil pengukuran ( $R_m$ ) lebih kecil dari pada nilai sebenarnya ( $R_x$ ). Jadi tahanan sebenarnya yang sedang diukur adalah:

$$R_x = \frac{r_V R_m}{r_V - R_m} \dots\dots\dots(2-12)$$

$$R_x = \frac{r_V V_m}{r_V I_m - V_m} \dots\dots\dots(2-13)$$

Kesalahan (E) yang ditimbulkan oleh tahanan-rendah ini adalah:

$$E_r = \frac{|R_m - R_x|}{R_x} \times 100\% = \frac{R_x}{r_V + R_x} \times 100\% \dots\dots\dots(2-14)$$

$$E_r = \frac{V_m}{I_m r_V} \times 100\% \dots\dots\dots(2-15)$$

Untuk bisa menentukan nilai reaktansi dan impedansi dari sebuah generator maka dilakukan beberapa metode diantaranya dengan melakukan pengukuran belitan secara tidak langsung menggunakan sumber *ac*. Sama halnya dengan metode sebelumnya, yang membedakan hanya menggunakan sumber *ac* untuk mendapatkan nilai dari impedansi (*Z*). Karena nilai  $R_a$  telah diketahui, nilai  $X_s$  bisa ditentukan berdasarkan persamaan:

$$Z_s = \frac{V}{I} \dots\dots\dots(2-16)$$

$$X_s = \sqrt{Z_s^2 - R_a^2} \dots\dots\dots(2-17)$$

Dimana:

$X_s$  = Reaktansi Sinkron

$Z_S$  = Impedansi sinkron

$R_m$  = Nilai tahanan hasil pengukuran

### 2.2.2 Perhitungan Generator Tanpa Beban

Apabila sebuah mesin sinkron difungsikan sebagai generator dengan diputar pada kecepatan sinkron, maka pada kumparan jangkar stator akan diinduksikan tegangan tanpa beban ( $E_0$ ), yaitu sebesar:

$$E_0 = C n \phi \dots\dots\dots (2-19)$$

Karena generator dalam keadaan tanpa beban maka nilai  $E_0=V_0$

$$V_0 = C n \phi \dots\dots\dots (2-20)$$

$$C \phi = k_v \dots\dots\dots (2-21)$$

Maka,

$$k_v = \frac{V_0}{n} \dots\dots\dots (2-22)$$

$E_0$  = Gaya gerak listrik/GGL (Volt)

$V_0$  = Tegangan tanpa beban (volt)

$C$  = Konstanta mesin

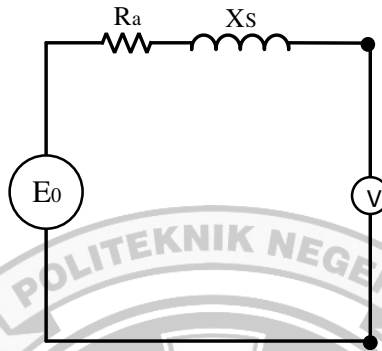
$n$  = Putaran (rpm)

$\phi$  = Fluks magnet (Wb)

$k_v$  = Konstanta tegangan (Volt.minute)

Dalam keadaan tanpa beban arus jangkar tidak mengalir pada stator, sehingga tidak terdapat pengaruh reaksi jangkar. Fluks dihasilkan dari magnet permanen

yang berada di rotor. Kondisi generator tanpa beban bisa digambarkan rangkaian ekivalennya seperti diperlihatkan pada gambar berikut:



$E_0$  = Tegangan tanpa beban  
 $R_a$  = Tahanan stator  
 $X_s$  = Reaktansi sinkron

Gambar 2. 10 Rangkaian Ekivalen Generator Tanpa Beban

Generator yang akan diputar menggunakan motor dc *shunt* (penggerak mula) akan diukur tegangan keluaran pada beberapa variasi putaran. Penggerak mula (*Prime Mover*) yang sudah terkopel dengan rotor yang akan dioperasikan akan berputar pada kecepatan nominalnya sehingga jumlah frekuensi yang dihasilkan akan dihitung sebesar

$$f \text{ (Hz)} = \frac{n \cdot P}{120} \dots \dots \dots (2-23)$$

Dimana:

$f$  = Frekuensi (Hz)

$N$  = Putaran (rpm)

$P$  = Jumlah pasang kutub generator

### 2.2.3 Perhitungan Hubung Singkat

Test hubung singkat dilakukan untuk bisa menentukan nilai reaktansi dan impedansi dari sebuah generator, Untuk melakukan test ini terminal generator dihubung singkat, dan dengan amperemeter diletakkan diantara dua penghantar yang dihubung singkat tersebut, dengan catatan tidak melebihi 110% dari arus nominal generator. Nilai  $I_{hs}$  dan  $V_0$  juga dicatat. Impedansi Sinkron dicari berdasarkan hasil pengujian, adalah:

$$Z_s = \frac{E_0}{I_{hs}} \dots\dots\dots (2-24)$$

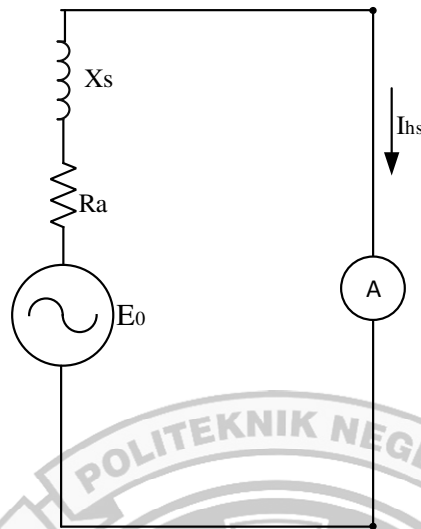
Dimana:

$Z_s$  = impedansi sinkron ( $\Omega$ )

$E_0$  = tegangan nominal (Volt)

$I_{hs}$  = arus hubung singkat (Ampere)





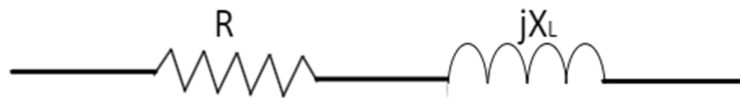
Gambar 2. 11 Rangkaian Ekivalen Percobaan Hubung Singkat

## 2.2.4 Perhitungan Berbeban

### 2.2.4.1 Perhitungan Impedansi dan Fasor pada Kombinasi R, L dan C

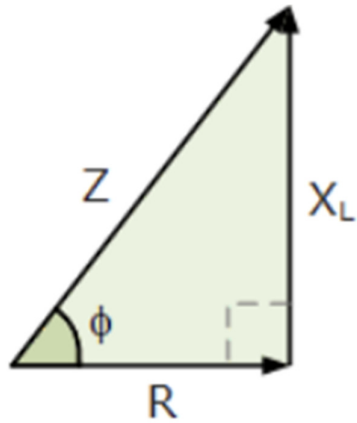
Pada hubungan seri *input* komponennya berasal dari *output* komponen lain, dimana jenis komponen terdiri dari dua atau lebih beban listrik dan dihubungkan ke generator melalui suatu rangkaian. Pada hubungan seri impedansi dijumlahkan secara langsung. Untuk mendapatkan nilai impedansi dari hubungan seri maka dapat dinyatakan dengan persamaan:

Untuk menghitung nilai Impedansi induktif ( $Z_L$ ) pada rangkaian seri maka,



Gambar 2. 12 Rangkaian RL Seri

$$Z_L = R + jX_L \dots\dots\dots (2-25)$$



Gambar 2. 13 Fasor RL Seri

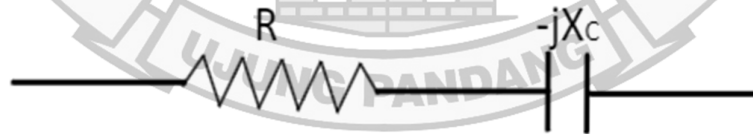
$$Z_L = \sqrt{R^2 + X_L^2} \dots\dots\dots(2-26)$$

Maka,

$$\cos \phi_L = \frac{R}{Z_L} \dots\dots\dots(2-27)$$

$$\sin \phi_L = \frac{X_L}{Z_L} \dots\dots\dots(2-28)$$

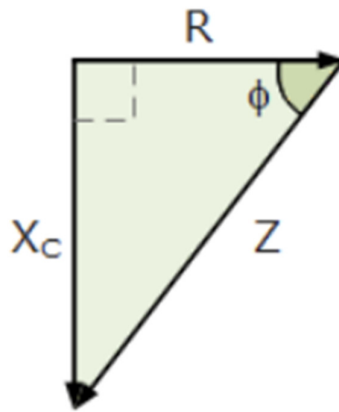
Untuk menghitung nilai Impedansi kapasitif ( $Z_C$ ) pada rangkaian seri maka,



Gambar 2. 14 Rangkaian RC Seri

$$Z_C = R - jX_C \dots\dots\dots(2-29)$$





Gambar 2. 15 Fasor RC Seri

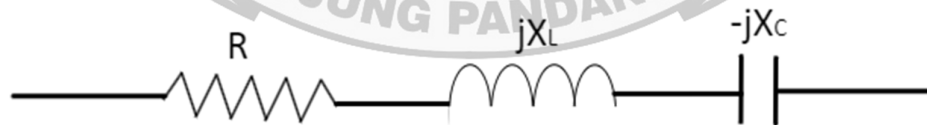
$$Z_C = \sqrt{R^2 + X_C^2} \dots\dots\dots(2-30)$$

Maka,

$$\cos \phi_C = \frac{-R}{Z_C} \dots\dots\dots(2-31)$$

$$\sin \phi_L = \frac{X_C}{Z_C} \dots\dots\dots(2-32)$$

Untuk menghitung nilai Impedansi total (Z) pada kombinasi beban RLC di rangkaian seri maka,



Gambar 2. 16 Rangkaian RLC Seri

$$Z = R + jX \dots\dots\dots(2-33)$$

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} \dots\dots\dots(2-34)$$

Maka,

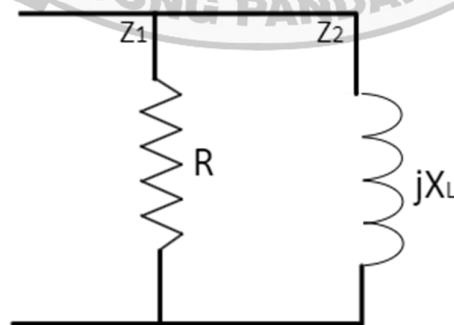
$$\cos \phi = \frac{R}{Z} \dots\dots\dots(2-35)$$

$$\sin \phi = \frac{X}{Z} \dots\dots\dots(2-36)$$

- Dimana:
- R = Resistansi ( $\Omega$ )
  - $X_L$  = Reaktansi induktif ( $\Omega$ )
  - $Z_L$  = Impedansi Induktif ( $\Omega$ )
  - $X_C$  = Reaktansi kapasitif ( $\Omega$ )
  - $Z_C$  = Impedansi kapasitif ( $\Omega$ )
  - Z = Impedansi total ( $\Omega$ )
  - X = Reaktansi Total ( $\Omega$ )
  - $\phi$  = Faktor daya

Sementara pada hubungan paralel disusun secara berjajar sehingga membentuk cabang diantara sumber arus listrik. untuk mendapatkan nilai impedansi dari hubungan paralel maka dapat dinyatakan dengan persamaan:

Untuk  $Z_L$  pada rangkaian paralel,



Gambar 2. 17 Rangkaian RL Paralel

$$\vec{Z}_1 = R$$

$$\vec{Z}_2 = jX_L$$

$$\vec{Z}_L = \frac{jR.X_L}{R+jX_L} \cdot \frac{R.jX_L}{R+jX_L} \dots\dots\dots(2-37)$$

$$\vec{Z}_L = \frac{jR.X_L.(R-jX_L)}{(R+jX_L).(R-jX_L)} \dots\dots\dots(2-38)$$

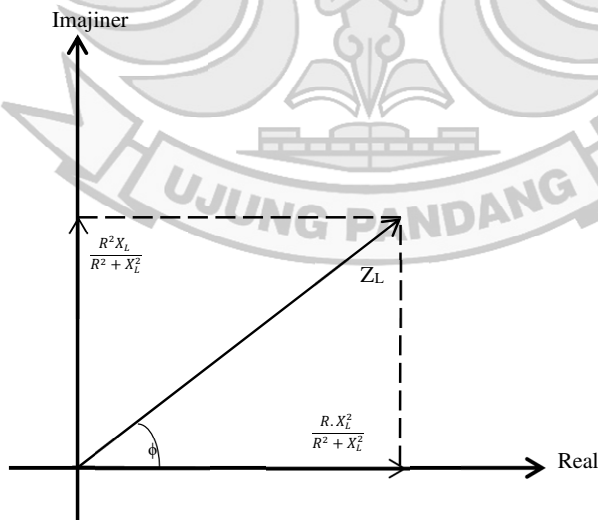
Dimana:

$$-j^2 = 1$$

$$j^2 = -1$$

$$\vec{Z}_L = \frac{R.X_L^2 + jR^2X_L}{R^2 + X_L^2} \dots\dots\dots(2-39)$$

$$\vec{Z}_L = \frac{R.X_L^2}{R^2 + X_L^2} + j \frac{R^2X_L}{R^2 + X_L^2} \dots\dots\dots(2-40)$$



Gambar 2. 18 Fasor RL Paralel

$$Z_L = \sqrt{(A)^2 + (B)^2} \dots\dots\dots(2-41)$$

$$Z_L = \sqrt{\left(\frac{R.X_L^2}{R^2+X_L^2}\right)^2 + \left(\frac{R^2X_L}{R^2+X_L^2}\right)^2} \dots\dots\dots(2-42)$$

$$Z_L = \frac{R.X_L}{R^2+X_L^2} \cdot \sqrt{R^2 + X_L^2} \dots\dots\dots(2-43)$$

$$Z_L = \frac{R.X_L}{\sqrt{R^2 + X_L^2}} \dots\dots\dots(2-44)$$

Maka didapatkan faktor daya dari  $Z_L$

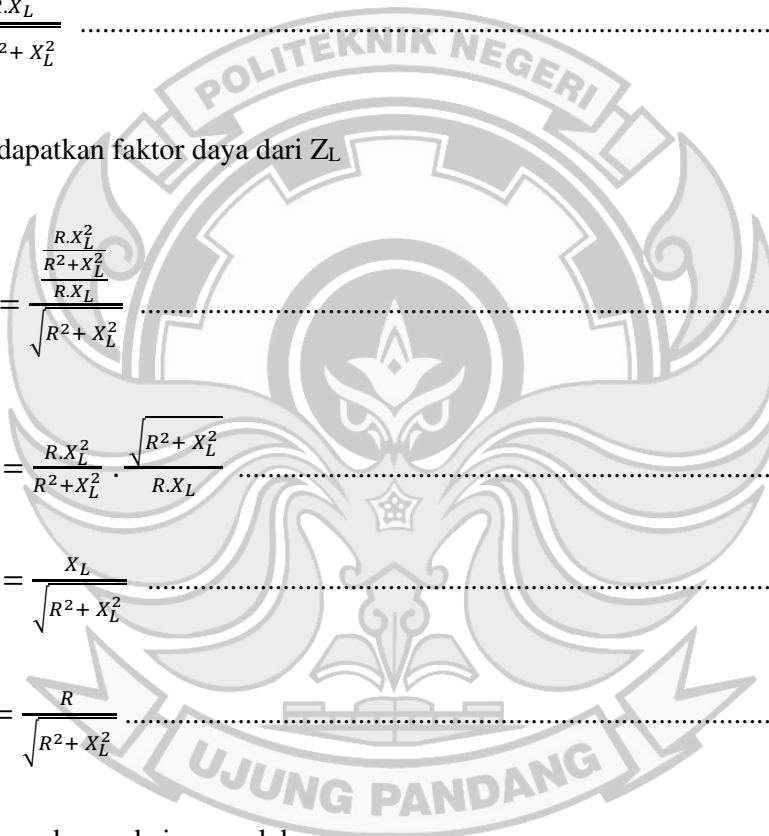
$$\cos \phi_L = \frac{\frac{R.X_L^2}{R^2+X_L^2}}{\frac{R.X_L}{\sqrt{R^2 + X_L^2}}} \dots\dots\dots(2-45)$$

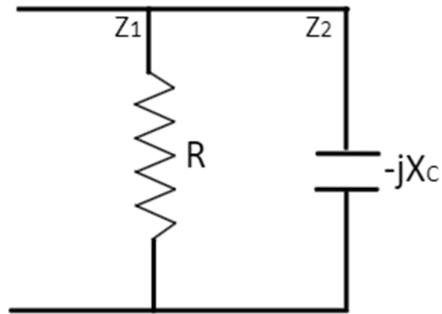
$$\cos \phi_c = \frac{R.X_L^2}{R^2+X_L^2} \cdot \frac{\sqrt{R^2 + X_L^2}}{R.X_L} \dots\dots\dots(2-46)$$

$$\cos \phi_c = \frac{X_L}{\sqrt{R^2 + X_L^2}} \dots\dots\dots(2-47)$$

$$\sin \phi_c = \frac{R}{\sqrt{R^2 + X_L^2}} \dots\dots\dots(2-48)$$

Untuk  $Z_C$  pada rangkaian paralel,





Gambar 2. 19 Rangkaian RC Paralel

$$\vec{Z}_1 = R$$

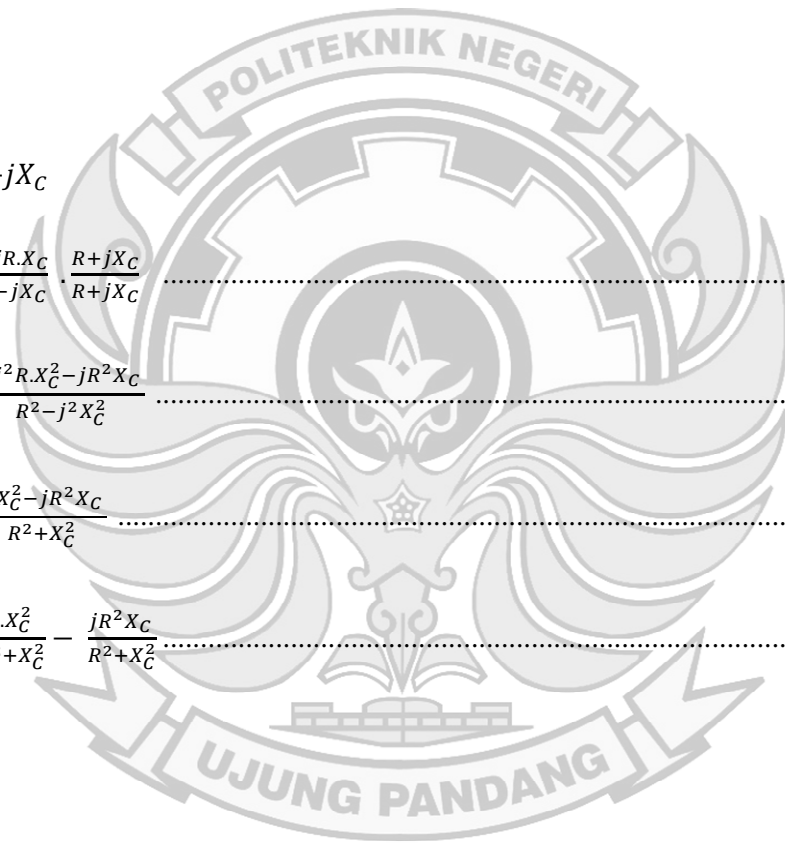
$$\vec{Z}_2 = -jX_C$$

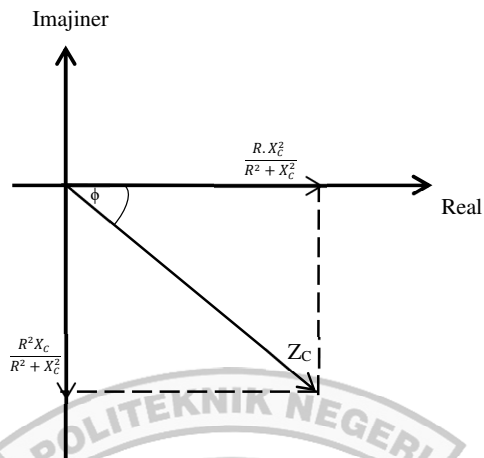
$$\vec{Z}_C = \frac{-jR.X_C}{R-jX_C} \cdot \frac{R+jX_C}{R+jX_C} \dots\dots\dots(2-49)$$

$$\vec{Z}_C = \frac{-j^2R.X_C^2 - jR^2X_C}{R^2 - j^2X_C^2} \dots\dots\dots(2-50)$$

$$\vec{Z}_C = \frac{R.X_C^2 - jR^2X_C}{R^2 + X_C^2} \dots\dots\dots(2-51)$$

$$\vec{Z}_C = \frac{R.X_C^2}{R^2 + X_C^2} - \frac{jR^2X_C}{R^2 + X_C^2} \dots\dots\dots(2-52)$$





Gambar 2. 20 Fasor RC Paralel

$$Z_C = \sqrt{\left(\frac{R \cdot X_C^2}{R^2 + X_C^2}\right)^2 + \left(\frac{R^2 X_C}{R^2 + X_C^2}\right)^2} \dots\dots\dots(2-53)$$

$$Z_C = \frac{R \cdot X_C}{R^2 + X_C^2} \cdot \sqrt{R^2 + X_C^2} \dots\dots\dots(2-54)$$

$$Z_C = \frac{R \cdot X_C}{\sqrt{R^2 + X_C^2}} \dots\dots\dots(2-55)$$

Maka didapatkan faktor daya dari Z<sub>C</sub>

$$\cos \phi_c = \frac{\frac{R \cdot X_C^2}{R^2 + X_C^2}}{\frac{R \cdot X_C}{\sqrt{R^2 + X_C^2}}} \dots\dots\dots(2-56)$$

$$\cos \phi_c = \frac{R \cdot X_C^2}{R^2 + X_C^2} \cdot \frac{\sqrt{R^2 + X_C^2}}{R \cdot X_C} \dots\dots\dots(2-57)$$

$$\cos \phi_c = \frac{X_C}{\sqrt{R^2 + X_C^2}} \dots\dots\dots(2-58)$$

$$\sin \phi_c = \frac{-R}{\sqrt{R^2 + X_C^2}} \dots\dots\dots(2-59)$$

Untuk Z dengan kombinasi beban RLC pada hubungan paralel, maka digunakan nilai admitansi (Y) yang dijumlahkan langsung. Admitansi dapat dinyatakan dengan persamaan:

$$Z_R = R \rightarrow Y_R = \frac{1}{R} = G = \text{Konduktansi}$$

$$Z_L = X_L \rightarrow Y_L = \frac{1}{X_L} = B_L = \text{Suseptansi}$$

$$Z_C = X_C \rightarrow Y_C = \frac{1}{X_C} = B_C = \text{Suseptansi}$$

$$X_L = \omega_L \rightarrow \frac{1}{X_L} = \frac{1}{\omega_L} \dots\dots\dots(2-60)$$

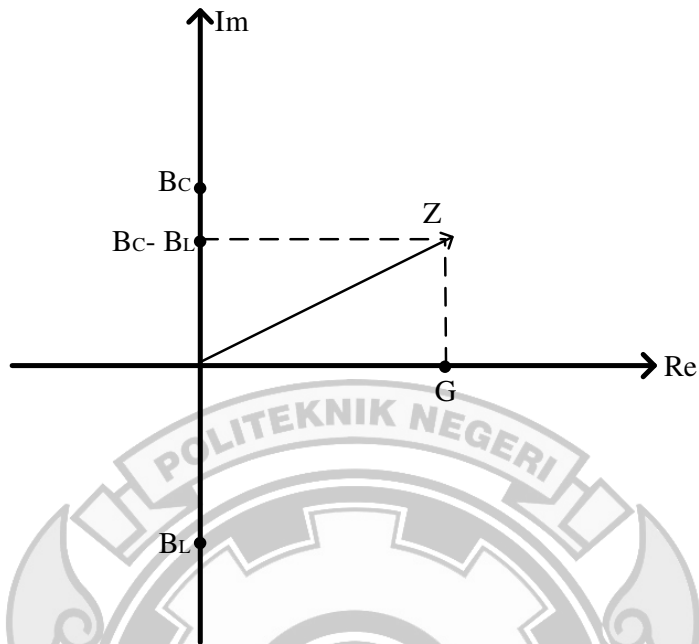
$$X_C = \frac{1}{\omega_C} \rightarrow \frac{1}{X_C} = \omega_L \dots\dots\dots(2-61)$$

Maka,

$$\frac{1}{\vec{Y}} = G + j(B_C - B_L) \dots\dots\dots(2-62)$$

$$\frac{1}{\vec{Y}} = \frac{1}{R} + \left( \frac{1}{X_C} - \frac{1}{X_L} \right) \dots\dots\dots(2-63)$$

$$\vec{Z} = \frac{1}{\vec{Y}} = \frac{1}{\frac{1}{R} + j\left(\frac{1}{X_C} - \frac{1}{X_L}\right)} = \frac{1}{G + j(B_C - B_L)} \dots\dots\dots(2-64)$$



Gambar 2. 21 Fasor Admitansi

$$\vec{Z} = \frac{1}{G+j(B_C-B_L)} \cdot \frac{G-j(B_C-B_L)}{G-j(B_C-B_L)} \dots\dots\dots(2-65)$$

$$= \frac{G-j(B_C-B_L)}{G^2-j(B_C-B_L)^2} \dots\dots\dots(2-66)$$

$$= \frac{G}{G^2+j(B_C-B_L)^2} - \frac{j(B_C-B_L)}{G^2+(B_C-B_L)^2} \dots\dots\dots(2-67)$$

$$= \frac{G}{G^2+j(B_C-B_L)^2} - \frac{j(B_C-B_L)}{G^2+(B_C-B_L)^2} \dots\dots\dots(2-68)$$

$$= \frac{G}{G^2+j(B_C-B_L)^2} + \frac{j(B_L-B_C)}{G^2+(B_C-B_L)^2} \dots\dots\dots(2-69)$$

$$Z = \sqrt{\left(\frac{G}{G^2+j(B_C-B_L)^2}\right)^2 + \left(\frac{(B_L-B_C)}{G^2+(B_L-B_C)^2}\right)^2} \dots\dots\dots(2-70)$$

$$= \frac{G1}{G^2+(B_L-B_C)^2} \cdot \sqrt{G^2 + (B_L - B_C)^2} \dots\dots\dots(2-71)$$



$$= \frac{1}{\sqrt{G^2+(B_L-B_C)^2}} \dots\dots\dots(2-72)$$

$$Z = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{1}{R}\right)^2 + \left(\frac{1}{X_C} - \frac{1}{X_L}\right)^2}} \dots\dots\dots(2-73)$$

Maka didapatkan faktor daya dari kombinasi beban RLC hubungan paralel:

$$\cos \phi = \frac{Re Z}{Z} = \frac{G}{\frac{G^2+(B_L-B_C)^2}{1}} \dots\dots\dots(2-64)$$

$$= \frac{G}{G^2+(B_L-B_C)^2} \cdot \frac{\sqrt{G^2+(B_L-B_C)^2}}{1} \dots\dots\dots(2-74)$$

$$= \frac{G}{\sqrt{G^2+(B_C-B_L)^2}} \dots\dots\dots(2-75)$$

$$= \frac{\frac{1}{R}}{\sqrt{\left(\frac{1}{R}\right)^2 + \left(\frac{1}{X_C} - \frac{1}{X_L}\right)^2}} \dots\dots\dots(2-76)$$

$$\sin \phi = \frac{Im Z}{Z} = \frac{(B_L-B_C)}{\sqrt{G^2+(B_C-B_L)^2}} \dots\dots\dots(2-77)$$

$$= \frac{\left(\frac{1}{X_L} - \frac{1}{X_C}\right)}{\sqrt{\left(\frac{1}{R}\right)^2 + \left(\frac{1}{X_C} - \frac{1}{X_L}\right)^2}} \dots\dots\dots(2-78)$$

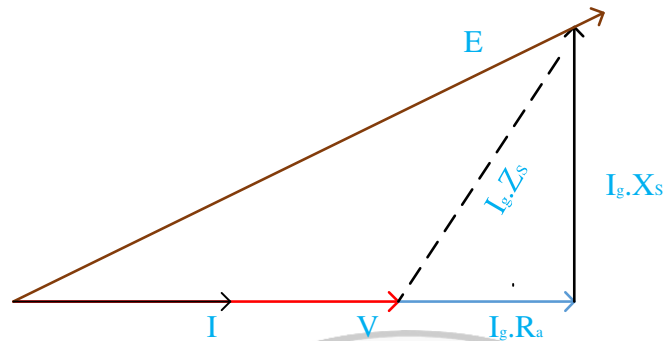
- Dimana:
- R = Resistansi ( $\Omega$ )
  - $X_L$  = Reaktansi induktif ( $\Omega$ )
  - $Z_L$  = Impedansi Induktif ( $\Omega$ )
  - $X_C$  = Reaktansi kapasitif ( $\Omega$ )
  - $Z_C$  = Impedansi kapasitif ( $\Omega$ )

$Z$	=	Impedansi total ( $\Omega$ )
$X$	=	Reaktansi Total ( $\Omega$ )
$\Phi$	=	Faktor daya
Re	=	Real
Im	=	Imajiner

#### 2.2.4.2 Perhitungan Regulasi Tegangan (VR)

Bila generator diberi beban yang berubah-ubah maka besarnya tegangan terminal  $V$  akan berubah-ubah pula, hal ini disebabkan adanya kerugian tegangan pada resistansi jangkar ( $R_a$ ) dan reaktansi sinkronnya ( $X_s$ ). Resistansi jangkar ( $R_a$ ) menyebabkan terjadinya kerugian tegangan (tegangan jatuh) dan arus ( $I.R_a$ ) yang sefasa dengan arus jangkar. Saat arus mengalir melalui penghantar jangkar, sebagian fluks yang terjadi tidak mengimbas pada jalur yang telah ditentukan, hal seperti ini disebut fluks bocor. Adanya arus yang mengalir pada kumparan jangkar saat generator dibebani akan menimbulkan fluksi jangkar ( $\Phi_A$ ) yang berintegrasi dengan fluks yang dihasilkan pada magnet di rotor ( $\Phi_F$ ),

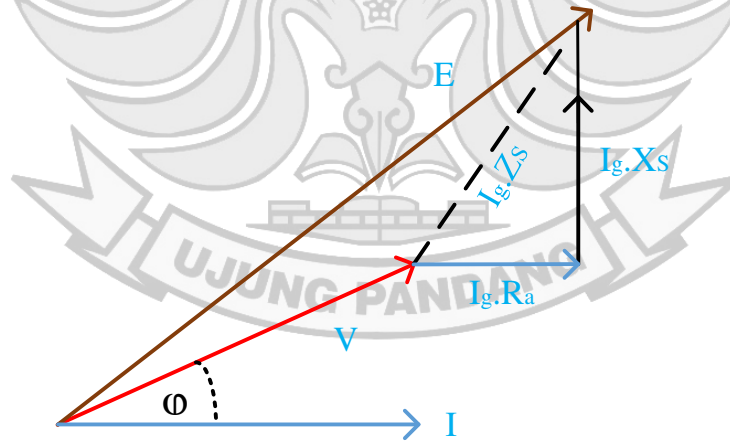
Jumlah dari reaktansi bocor ( $X_L$ ) dan reaktansi jangkar ( $X_a$ ) biasa disebut reaktansi Sinkron ( $X_s$ ). Vektor diagram untuk beban yang bersifat Induktif, resistif murni, dan kapasitif diperlihatkan pada gambar berikut:



Gambar 2. 22 Faktor Daya *Unity*

Dari Gambar 2.22, maka menggunakan *terorema pytagoras* didapatkan formula:

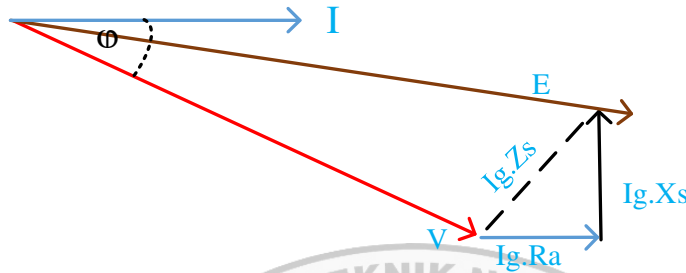
$$E_a = \left| \vec{E} \right| = \sqrt{(V_g + I_g \cdot R_a)^2 + (I_g \cdot X_s)^2} \dots \dots \dots (2-79)$$



Gambar 2. 23 Faktor Daya *Lagging*

Fenomena lagging terjadi pada beban yang bersifat induktif. Dari Gambar 2.23, dengan menggunakan *terorema pytagoras* didapatkan formula:

$$E_a = \sqrt{(V_g + I_g \cdot R_a \cdot \cos \phi_L + I_g \cdot X_S \cdot \sin \phi_L)^2 + (I_g \cdot X_S \cdot \cos \phi_L - I_g \cdot R_a \cdot \sin \phi_L)^2} \dots\dots\dots (2-80)$$



Gambar 2. 24 Faktor Daya *Leading*

Fenomena leading terjadi pada beban yang bersifat kapasitif. Dari Gambar 2.24, dengan menggunakan *terorema pythagoras* didapatkan formula:

$$E_a = \sqrt{(V_g + I_g \cdot R_a \cdot \cos \phi_C + I_g \cdot X_S \cdot \sin \phi_C)^2 + (I_g \cdot X_S \cdot \cos \phi_C - I_g \cdot R_a \cdot \sin \phi_C)^2} \dots\dots\dots (2-81)$$

Untuk beban RLC nilai E (GGL) dapat didefinisikan sebagai:

$$E_a = \sqrt{(V_g + I_g \cdot R_a \cdot \cos \phi + I_g \cdot X_S \cdot \sin \phi)^2 + (I_g \cdot X_S \cdot \cos \phi - I_g \cdot R_a \cdot \sin \phi)^2} \dots\dots\dots (2-82)$$

Dimana:

$E_a$  = GGL (Volt)

$V_g$  = Tegangan generator (Volt)

$I_g$  = Arus generator (Ampere)

$R_a$  = Tahanan jangkar generator ( $\Omega$ )

$X_S$  = Impedansi sinkron ( $\Omega$ )

Pengaturan tegangan adalah perubahan tegangan terminal antara keadaan beban nol dengan beban penuh. Regulasi tegangan terbagi menjadi pengaturan

tegangan naik dan pengaturan tegangan turun, dan ini dinyatakan dengan persamaan:

$$VR_{Up} = \left| \frac{E_0 - V_{FL}}{V_{FL}} \right| \times 100\% \dots\dots\dots(2-83)$$

$$VR_{Up} = \left| \frac{E_0}{V_{FL}} - 1 \right| \times 100\% \dots\dots\dots(2-84)$$

Sementara pada pengaturan tegangan turun dapat dinyatakan dengan persamaan:

$$VR_{Down} = \left| \frac{E_0 - V_{FL}}{E_0} \right| \times 100\% \dots\dots\dots(2-85)$$

$$VR_{Down} = \left| 1 - \frac{V_{FL}}{E_0} \right| \times 100\% \dots\dots\dots(2-86)$$

Dimana:

$VR_{Up}$  = Pengaturan tegangan naik (%)

$VR_{Down}$  = Pengaturan tegangan turun (%)

$E_0$  = Tegangan tanpa beban (Volt)

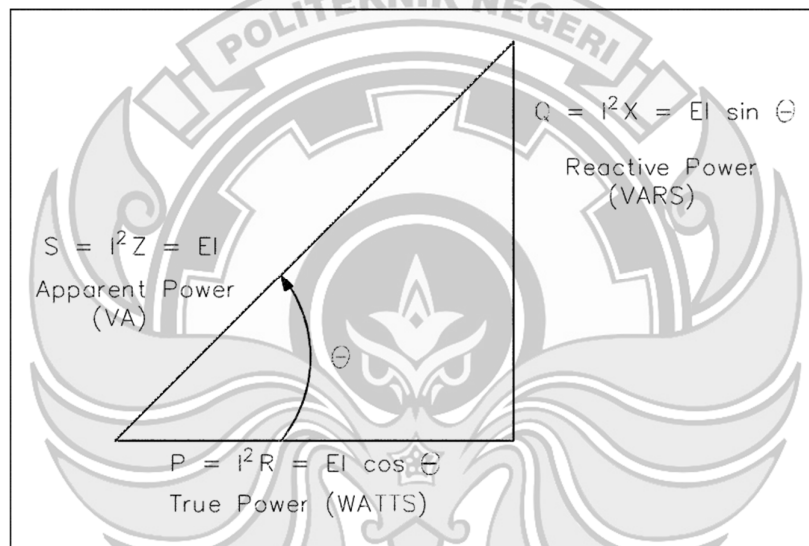
$V_{FL}$  = Tegangan berbeban (Volt)

Dari persamaan dapat diketahui bahwa pengaturan tegangan naik harganya lebih besar daripada pengaturan tegangan turun, begitupula sebaliknya bahwa pengaturan tegangan turun harganya lebih kecil daripada pengaturan tegangan turun.

### 2.2.4.3 Perhitungan Daya Keluaran Generator

Pada rangkaian *ac*, arus dan tegangan biasanya tidak berfase dan akibatnya, tidak semua daya yang dihasilkan oleh generator dapat digunakan untuk melakukan pekerjaan. Selain itu, daya tidak dapat dihitung dalam rangkaian *ac* dengan cara

yang sama seperti dalam rangkaian *dc*. Segitiga daya seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 2.25, menyamakan daya *ac* dengan daya *dc* dengan menunjukkan hubungan antara keluaran generator yaitu daya semu (S) dalam volt-ampere (VA), daya Aktif (P) dalam watt, dan daya reaktif (Q) dalam volt-ampere reaktif (VAr). Sudut fase ( $\phi$ ) mewakili ketidakefisienan rangkaian *ac* dan berkaitan dengan impedansi reaktif total (Z) terhadap aliran arus dalam rangkaian.



Gambar 2. 25 Segitiga Daya

Segitiga daya mewakili nilai-nilai yang dapat dibandingkan secara langsung untuk menemukan tingkat efisiensi dari daya yang dihasilkan menjadi daya yang dapat digunakan, yang dinyatakan sebagai faktor daya. Daya semu, daya reaktif, dan daya aktif dapat dihitung dengan seperti pada rangkaian *dc* dari komponen tegangan dan arus *ac* bersama dengan faktor daya.

Daya semu (S) adalah daya yang digunakan dalam rangkaian listrik. Persamaan (2-87) merupakan representasi matematika dari daya semu. Pengukuran daya semu dinyatakan dalam volt-ampere (VA).

$$S = I^2 Z = VI \dots\dots\dots (2-87)$$

Daya aktif (P) adalah daya yang digunakan oleh beban resistif dalam suatu rangkaian listrik. Persamaan (2-88) merupakan representasi matematika dari daya aktif. Pengukuran daya sebenarnya dinyatakan dalam watt.

$$P = I^2 R = VI \cos \phi \dots\dots\dots (2-88)$$

Daya reaktif (Q) adalah daya yang dikonsumsi dalam rangkaian ac karena ekspansi dan beban induktif dan medan elektrostatis (kapasitif). Daya reaktif dinyatakan dalam volt-ampere reaktif (VAr). Persamaan (2-89) adalah representasi matematika untuk daya reaktif.

$$Q = I^2 X = VI \sin \phi \dots\dots\dots (2-89)$$

Dimana:

S = Daya semu (VA)

P = Daya sebenarnya (watt)

Q = Daya reaktif (VAr)

I = Arus (A)

V = Tegangan (V)

R = Resistansi ( $\Omega$ )

$Z$  = Impedansi ( $\Omega$ )

$X$  = Reaktansi ( $\Omega$ )

$\phi$  = Sudut antara gelombang sinus  $V$  dan  $I$

Daya total yang disampaikan oleh sumber adalah daya semu. Sebagian dari daya semu, yang disebut daya aktif, terdispersi oleh hambatan rangkaian dalam bentuk panas. Sisa dari daya tampak tersebut dikembalikan ke sumber oleh induktansi dan kapasitansi rangkaian.

#### 2.2.4.4 Perhitungan Efisiensi Generator

Generator merupakan komponen yang berperan dalam mengkonversi energi pada poros turbin menjadi energi listrik, Efisiensi dapat didefinisikan sebagai rasio daya keluaran (*output*) terhadap daya masukan (*input*). Daya masukan ditentukan dari daya keluaran ditambah rugi-rugi daya.

Standar efisiensi generator menurut IEC 60034-1 yaitu 91,2% (Puspita, 2021). Perhitungan efisiensi dilakukan agar dapat mengetahui kinerja generator dan menjadi pedoman dalam mengoperasikan generator, sehingga tidak terjadi kondisi operasi generator yang tidak optimal. Adapun rumus dalam menghitung efisiensi yang dihasilkan generator yaitu:

$$\eta_{\text{sistem}} (\%) = \frac{P_{\text{out}}}{P_{\text{in}}} \cdot 100\% \dots\dots\dots(2-90)$$

Daya masukan ( $P_{\text{in}}$ ) dapat dihitung dengan persamaan berikut ini:

$$P_{\text{in}} = P_a \cdot \Delta P_{\text{mek}} \dots\dots\dots(2-91)$$

$$P_a = \frac{k_t \cdot I_{am} \cdot I_{fm} \cdot \pi \cdot n}{30} \dots\dots\dots(2-92)$$



$$\Delta P_{mek} = \frac{n_{act}}{n_{Nom}} \cdot \Delta P_{mekFL} \dots\dots\dots (2-93)$$

Maka,

$$\eta_{sistem} (\%) = \frac{P_{out}}{P_a - \Delta P_{mek}} \cdot 100\% \dots\dots\dots (2-94)$$

Dimana:

$P_{Out}$  = Daya Keluaran Generator (Watt)

$P_a$  = Daya Jangkar Motor (Watt)

$\Delta P_{mek}$  = Rugi-rugi Daya Mekanik Motor (Watt)

$\Delta P_{mek-FL}$  = Rugi-rugi Daya Mekanik Motor pada beban penuh (46,68 Watt)

$k_t$  = Konstanta Torsi (2,02 NmA<sup>-2</sup>)

$I_{am}$  = Arus Jangkar motor (Ampere)

$I_{fm}$  = Arus Medan motor (Ampere)

$n$  = putaran (rpm)

$n_{act}$  = putaran aktual (rpm)

$n_{nom}$  = putaran nominal (rpm)

### 2.2.5 Perhitungan Kecepatan Putaran *Pulley*

Karena ukuran pulley motor sebagai penggerak dan pulley generator berbeda maka untuk mengetahui perbedaan kecepatan putaran keduanya, digunakan persamaan berikut:

$$v_1 = v_2 \dots\dots\dots (2-95)$$

$$\omega_1 r_1 = \omega_2 r_2 \dots\dots\dots(2-96)$$

$$n_1 r_1 = n_2 r_2 \dots\dots\dots(2-97)$$

$$n_2 = \frac{r_1}{r_2} n_1 \dots\dots\dots(2-98)$$

Dimana:

$v_1$  = Kecepatan motor dc *shunt*

$v_2$  = Kecepatan generator *ac*

$n_1$  = Putaran motor

$r_1$  = Jari-jari *pulley* motor

$n_2$  = Putaran Generator

$r_2$  = Jari-jari *pulley* generator

### 2.3 Penelitian Sebelumnya

Dendy Afryanto. (2011) dalam skripsi yang berjudul “Analisis Variasi Jumlah dan Bentuk Magnet Pada Generator Magnet Permanen Fluks Aksial Untuk Aplikasi Pembangkit Listrik Tenaga Bayu” menjelaskan simulasi terhadap variasi jumlah magnet yakni 4 kutub, 6 kutub dan 8 kutub serta variasi bentuk magnet yakni bentuk *rectangular*, bentuk *trapezoidal* dan bentuk campuran pada rotor untuk mendapatkan optimasi nilai tegangan keluaran dengan menggunakan *software* Visual Studio Net. Hasil simulasi menunjukkan bahwa desain konstruksi rotor dengan jumlah 8 kutub dan bentuk *trapezoidal* memberikan nilai tegangan keluaran yang maksimum.

Sudirman Syam, dkk (2021) dalam jurnal yang berjudul “Rancang Bangun Generator Aksial dengan Menggunakan Magnet Permanen NdFeB Persegi

Panjang” menjelaskan penambahan susunan magnet berlapis dapat meningkatkan nilai fluks magnet sehingga berpengaruh terhadap keluaran tegangan generator. Adanya penambahan magnet dari 1 lapis (117, mT) dengan tegangan keluaran 1,67 Volt menjadi 4 lapis magnet (202,54 mT) diperoleh tegangan keluaran 3,48 Volt dan pada pengujian dengan kecepatan terendah 648 rpm, diperoleh tegangan keluaran generator sebesar 5,3 Volt, sedangkan untuk kecepatan tertinggi 1328 rpm diperoleh tegangan generator sebesar 10,77 Volt. Serta daya keluaran generator juga dipengaruhi oleh komposisi magnet yang disusun secara berlapis. Adanya peningkatan tegangan keluaran generator juga mempengaruhi daya keluaran generator.



## BAB III METODE PENELITIAN

### 3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Maret – Agustus 2023 bertempat di Laboratorium Energi, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar.

### 3.2 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

#### 3.2.1 Alat

1. Seperangkat *Tools*
2. Meteran
3. Bor listrik
4. Mesin las
5. Gurinda
6. *Multimeter*
7. *Amperemeter*
8. *Voltmeter*
9. *Osiloskop*
10. *Tachometer*

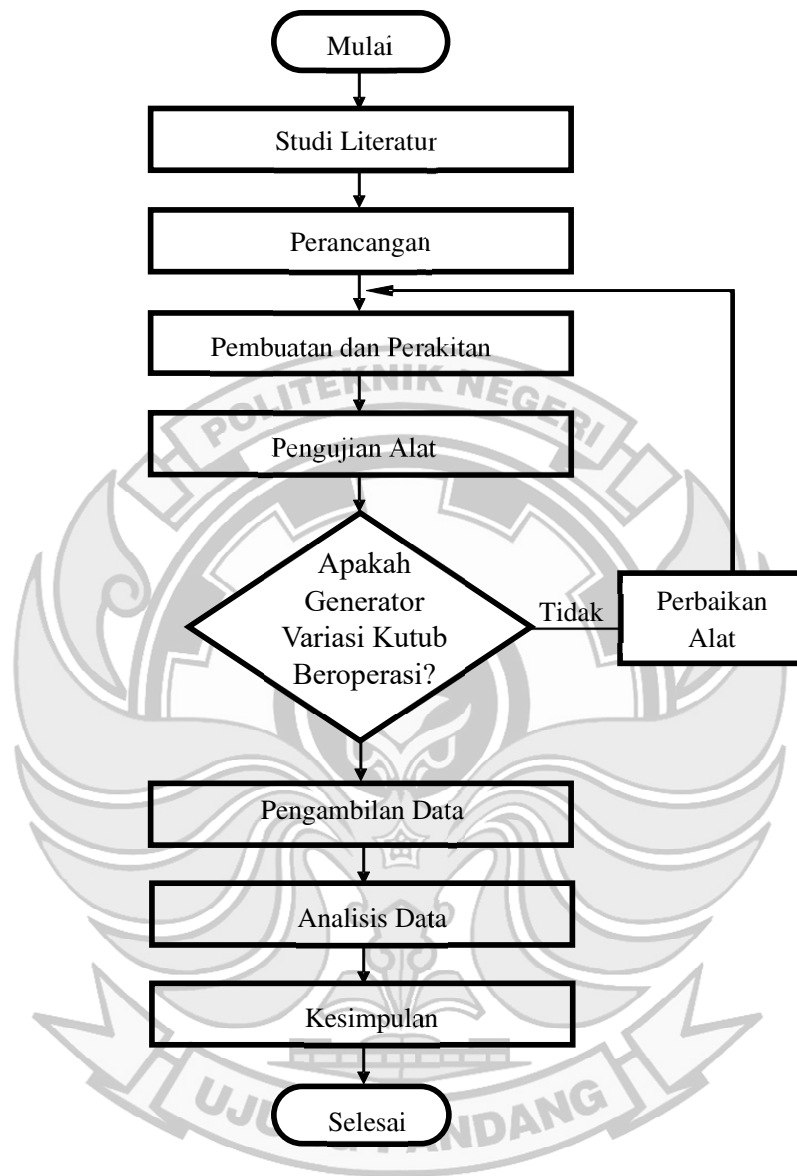
#### 3.2.2 Bahan

1. Generator sinkron dengan magnet permanen (berjenis *ferrit*)
2. Lem super
3. Kabel spoon
4. Beban (R, L dan C)
5. Motor dc *shunt*
6. *Belt*

### 3.3 Prosedur Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode rancang bangun dengan tahapan perencanaan, pembuatan dan perakitan, dan pengujian alat generator variasi kutub dengan bervariasi kutub magnet menggunakan 2 dan 4 magnet permanen. Adapun beberapa parameter yang akan dianalisis yaitu tegangan generator beban nol dan berbeban, arus hubung singkat, resistansi, reaktansi, impedansi, putaran, GGL, regulasi tegangan dan efisiensi. Berikut merupakan diagram alir penelitian dari rancang bangun prototipe generator variasi kutub.





Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

### 3.4 Tahap Perancangan

Tahap perancangan merupakan langkah awal sebelum prototipe dari generator variasi kutub ini dibuat. Tahap ini bertujuan untuk memberikan gambaran umum

dari sistem yang akan berjalan dan mempertimbangkan beberapa rancangan agar generator ini dapat beroperasi dengan optimal. Tahap perancangan terdiri dari 3 tahapan yaitu tahap perancangan konstruksi rotor, perancangan dudukan generator, dan perancangan rangkaian pengujian.

#### 1. Tahap Perancangan Konstruksi Rotor

Rotor generator menggunakan magnet permanen tipe *ferrit* yang terdiri dari 4 buah magnet, magnet rotor berukuran 85x45x10 mm. Rotor terdiri dari rotor dengan 2 kutub dan rotor dengan 4 kutub. Panjang keseluruhan rotor adalah 270 mm.

#### 2. Tahap Perancangan Dudukan Generator

Dudukan generator ini akan menjadi tempat generator untuk dihubungkan ke motor menggunakan belt. Tinggi dudukan dari lantai setinggi 87,5 cm, dan berjarak 5 cm dari meja alat ukur. Hal ini bertujuan untuk memudahkan proses pengujian. Diameter *pulley* motor sebesar 200 mm, dan diameter *pulley* generator sebesar 110 mm. Jarak titik pusat *pulley* motor ke titik pusat *pulley* generator sepanjang 460 mm. sehingga jenis *belt* yang cocok untuk digunakan yaitu “V belt A-55” yang akan menghubungkan *pulley* motor dan generator.

#### 3. Tahap Perancangan Rangkaian

Rangkaian generator merupakan tahap ketika proses pengujian akan dilakukan yang terdiri dari sumber 3 fasa, regulator 3 fasa, penyearah 3 fasa, motor *dc shunt* sebagai penggerak generator, voltmeter, amperemeter dan variasi beban yang terdiri dari beban resistif, induktif dan kapasitif.

### **3.5 Tahap Pembuatan dan Perakitan**

Berikut adalah prosedur pembuatan dan perakitan generator variasi kutub:

- 1) Menyiapkan alat dan bahan yang diperlukan.
- 2) Membuat dudukan generator
- 3) Membuka bagian casing generator.
- 4) Memisahkan antara bagian stator dan rotor.
- 5) Membubut rotor untuk menyesuaikan posisi magnet.
- 6) Memasang magnet permanen dengan posisi 2 kutub (4 kutub setelahnya).
- 7) Menyatukan kembali antara stator dan rotor yang telah dirancang.

### **3.6 Pengujian Alat**

Setelah merancang bangun, selanjutnya akan dilakukan pengujian alat sebelum melakukan pengambilan data. Pengujian alat dilakukan untuk mengetahui apakah generator berfungsi (berputar) sebelum melakukan pengambilan data untuk mengetahui karakteristik luar generator, putaran yang dihasilkan dari jumlah kutub yang berbeda, tegangan keluaran yang dihasilkan pada kondisi tanpa beban, hubung singkat dan berbeban.

### **3.7 Pengambilan Data**

Pengambilan data dilakukan setelah perancangan, pembuatan alat, perakitan, dan pengujian. maka terdapat beberapa parameter yang perlu dicatat.



Tabel 3. 1 Parameter yang Diukur dalam Pengujian

No.	Parameter	Simbol	Satuan	Alat Ukur
1.	Putaran Generator	n	rpm	Tachometer
2.	Tegangan Keluaran	V	V	Voltmeter
3.	Arus Keluaran	I	A	Amperemeter
4.	Resistansi	R	$\Omega$	Multimeter
5.	Reaktansi	X	$\Omega$	Voltmeter dan Amperemeter

Dalam melakukan proses pengambilan data terdapat prosedur yang harus diikuti. Berikut prosedur yang harus diikuti dalam melakukan pengambilan data generator sinkron variasi kutub:

- 1) Merangkai generator sesuai gambar rangkaian.
- 2) Menyiapkan tachometer untuk mengukur putaran generator
- 3) Menyiapkan voltmeter untuk mengukur tegangan keluaran, amperemeter untuk arus keluaran dan multimeter untuk mengukur resistansi.
- 4) Mengoperasikan generator yang telah dirangkai.
- 5) Mencatat hasil pengukuran ke dalam Tabel pengamatan.
- 6) Menganalisis hasil pengukuran.
- 7) Membuat kesimpulan tentang pengujian.
- 8) Pengujian selesai.

### 3.8 Analisis Data dan Pembahasan

Penelitian ini bertujuan untuk merancang generator dengan jumlah kutub yang bervariasi untuk mengetahui kinerja yang dihasilkan berdasarkan dari jumlah kutub generator dan tegangan. Kemudian dapat diketahui karakteristik luar dari generator, nilai rugi-rugi pada generator dan efisiensinya berdasarkan jumlah kutubnya. Perhitungan-perhitungan yang digunakan dalam melakukan analisis data adalah:

1. Perhitungan impedansi sinkron ( $Z_s$ ) dan reaktansi sinkron ( $X_s$ ) generator menggunakan persamaan (2-16), dan (2-17)
2. Perhitungan frekuensi generator menggunakan persamaan (2-19), perhitungan konstanta tegangan menggunakan persamaan (2-22).
3. Perhitungan impedansi pada variasi dari beban generator menggunakan persamaan (2-26) untuk beban induktif seri, persamaan (2-30) untuk beban kapasitif seri, persamaan (2-34) untuk kombinasi beban RLC seri, persamaan (2-44) untuk beban induktif paralel, persamaan (2-55) untuk beban kapasitif paralel, dan persamaan (2-73) untuk kombinasi beban RLC paralel.
4. Perhitungan GGL ( $E$ ) untuk beban resistif menggunakan persamaan (2-79), untuk beban induktif menggunakan persamaan (2-80), beban kapasitif menggunakan persamaan (2-81), dan kombinasi beban RLC menggunakan persamaan (2-82).
5. Perhitungan regulasi tegangan, pada pengaturan tegangan naik menggunakan persamaan (2-83), dan pengaturan tegangan turun menggunakan persamaan (2-85).

6. Perhitungan daya keluaran generator menggunakan persamaan (2-88).
7. Perhitungan efisiensi generator menggunakan persamaan (2-90).



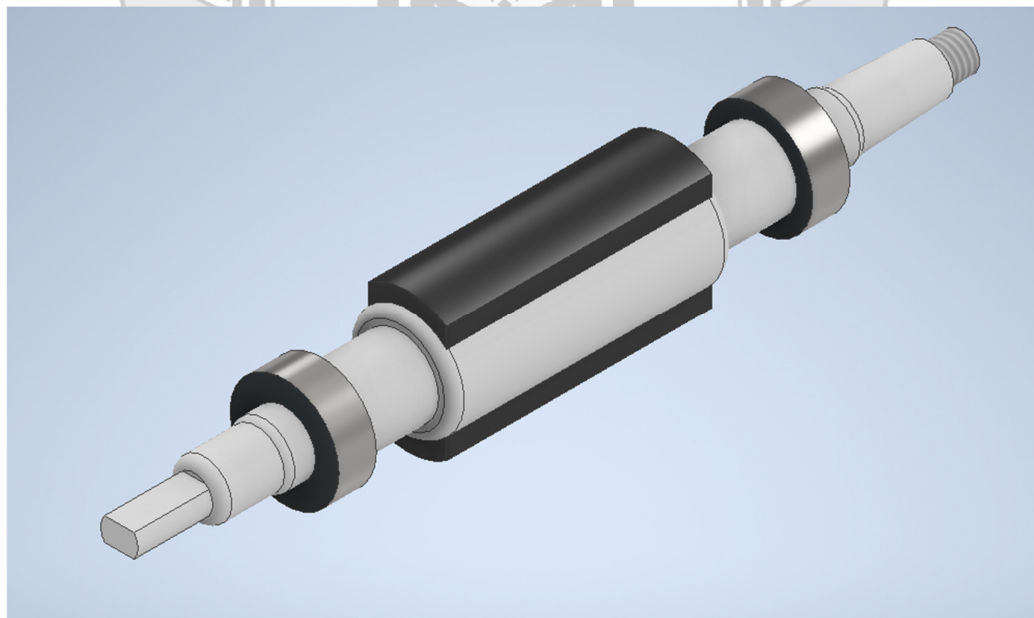
## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Hasil

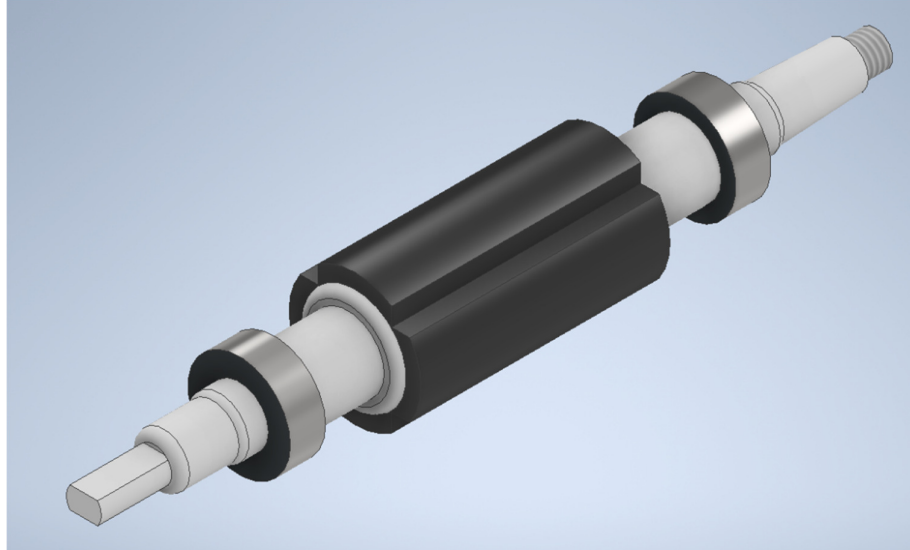
#### 4.1.1 Hasil Perancangan

##### 4.1.1.1 Hasil Perancangan Konstruksi Rotor Generator

Rotor generator yang dirancang terdiri dari 2 dan 4 buah kutub 1 fasa. Kutub-kutub disusun dari magnet permanen type *ferrit* berukuran 85 mm x 45 mm x 10 mm. Magnet-magnet ini disusun pada inti rotor. Magnet-magnet ini disusun secara berhadap-hadapan dengan kutub utara magnet pertama berhadapan dengan kutub selatan magnet ke-2, dan seterusnya. Bentuk desain rotor 2 kutub dan 4 kutub dapat dilihat pada Gambar 4.1 dan Gambar 4.2.



Gambar 4. 1 Bentuk Desain Rotor Generator 2 Kutub

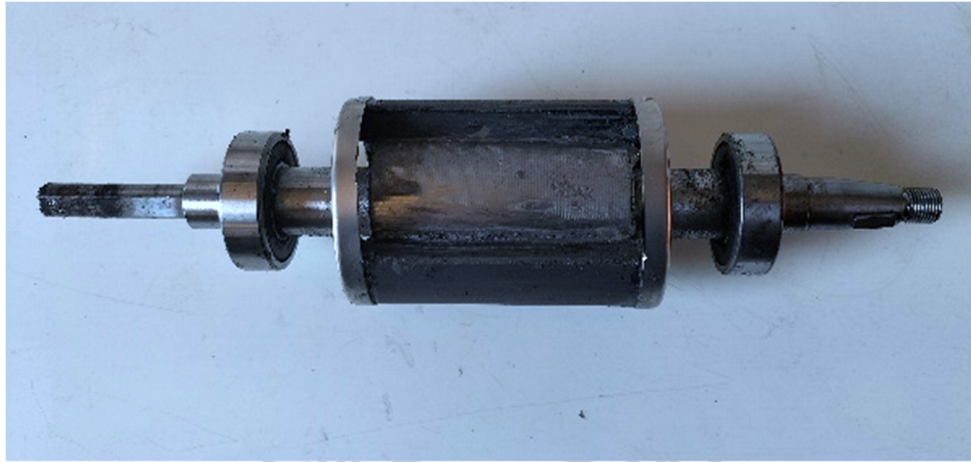


Gambar 4. 2 Bentuk Desain Rotor Generator 4 Kutub

Tabel 4. 1 Ukuran Rotor Generator

No	Spesifikasi	Keterangan
1	Jenis rotor	Rotor magnet permanen
2	Tipe magnet	Magnet <i>ferrit</i>
3	Jumlah kutub	2 dan 4
4	Panjang magnet	85 mm
5	Lebar magnet	45 mm
6	Tinggi magnet	10 mm
7	Diameter rotor	45 mm
8	Panjang rotor	270 mm

Dari desain rotor generator pada Gambar 4.1 dan 4.2 didapatkan hasil pengadaan rotor generator pada Gambar 4.3



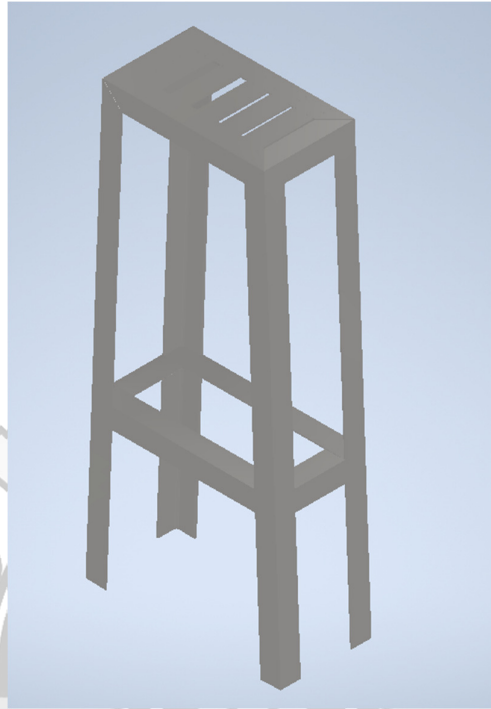
a)



b)

Gambar 4. 3 Hasil Pengadaan Konstruksi Rotor Generator dengan Menggunakan Magnet *Ferrit*. A) Rotor 2 Kutub; B) Rotor 4 Kutub

#### 4.1.1.2 Hasil Perancangan Konstruksi Dudukan Generator



Gambar 4. 4 Bentuk Desain Dudukan Generator

Pembuatan dudukan generator bertujuan untuk memudahkan generator ketika dihubungkan dengan motor penggerak yakni motor *dc shunt*, serta untuk menahan generator agar tidak terjadi vibrasi ketika proses pengambilan data dilakukan.

Tabel 4. 2 Ukuran Dudukan Generator

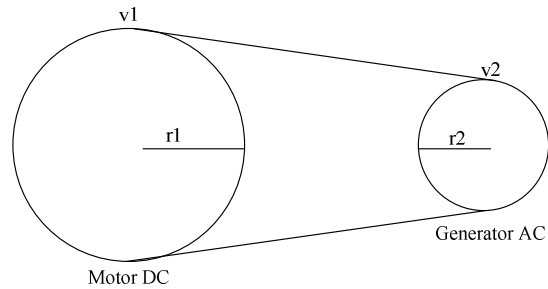
No	Spesifikasi	Keterangan
1	Jenis bahan	Besi siku 4x4
2	Panjang dudukan	320 mm
3	Lebar dudukan	180 mm
4	Tinggi dudukan	875 mm



Gambar 4. 5 Hasil Konstruksi Dudukan Generator

Konstruksi dudukan juga memperhitungkan jarak antara poros *pulley* generator dan motor. Ukuran diameter *pulley* motor sebesar 200 mm dengan lebar rumah *belt* 12,5 mm, dan ukuran *pulley* generator 110 mm dengan lebar rumah *belt* 10 mm. Dari data tersebut maka belt yang digunakan adalah “V-belt A-55” (Panjang 135 cm dan lebar 1,25 cm) yang mampu mentransmisikan daya yang jaraknya relatif jauh, kecilnya faktor *slip* dan mampu digunakan pada putaran tinggi. Karena adanya perbedaan ukuran *pulley* antara motor dan generator maka kecepatan keduanya akan berbeda.





Gambar 4. 6 Perbandingan *Pulley* Motor *dc* dan Generator *ac*

Dari gambar diatas dapat diketahui putaran maksimal generator yang dapat dihasilkan dari sambungan *pulley* motor *dc* dapat diketahui dengan menggunakan persamaan (2-98):

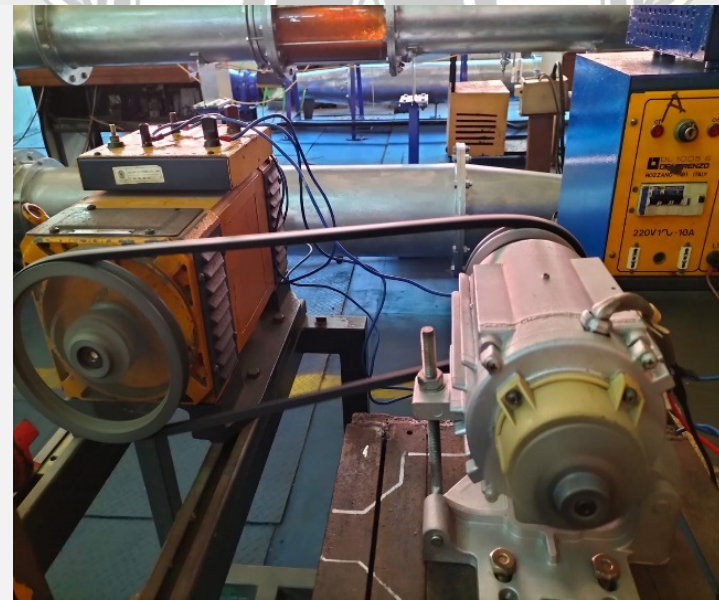
$$n_2 = \frac{r_1}{r_2} n_1$$

$$n_2 = \frac{100 \text{ mm}}{55 \text{ mm}} 3000 \text{ rpm} = 5454 \text{ rpm}$$

Maka frekuensi yang dihasilkan pada 4 kutub dengan menggunakan persamaan (2-23):

$$f \text{ (Hz)} = \frac{n \cdot P}{120} = \frac{5454 \cdot 4}{120} = 181,18 \text{ Hz}$$

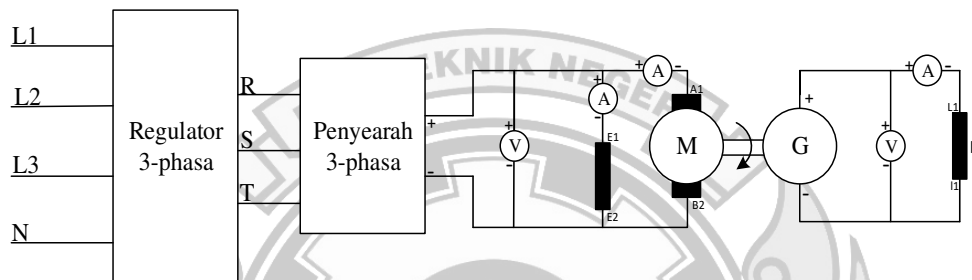
Kecepatan putaran diatas merupakan kecepatan putaran maksimal generator jika motor berputar pada putaran maksimal 3000 rpm, namun generator dibatasi oleh putaran maksimalnya hanya sebesar 3000 rpm.



Gambar 4. 7 Hasil Konstruksi Dudukan Generator Pada Motor *dc Shunt*

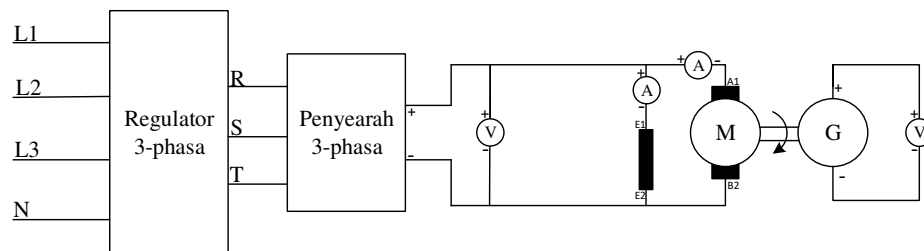
#### 4.1.1.3 Hasil Perancangan Rangkaian Generator

Generator akan diputar oleh motor *dc shunt* sebagai pengganti turbin (*primemover*), yang dihubungkan dengan generator menggunakan *belt*. Kemudian generator akan diuji pada 3 keadaan yaitu tanpa beban, hubung singkat dan berbeban (terdiri dari beban R, L dan C).

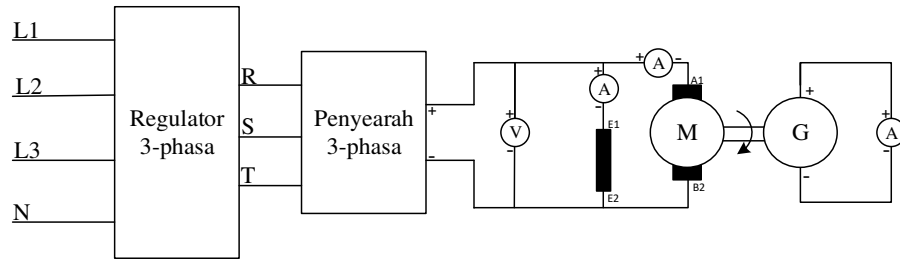


Gambar 4. 8 Rangkaian Percobaan

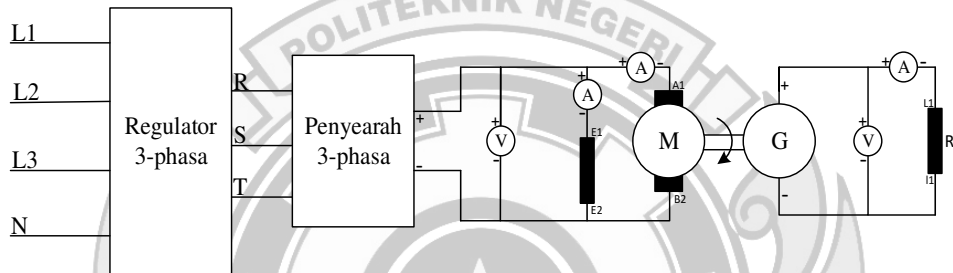
Berdasarkan skema rangkaian, motor dc mendapat suplai 3 fasa dari PLN, yang disearahkan menggunakan penyearah sebelum memutar generator. Generator diuji pada 3 kondisi yang berbeda yaitu tanpa beban, hubung singkat dan berbeban menggunakan beban resistif, induktif dan kapasitif yang divariasikan dengan putaran dikonstankan di sekitar frekuensi standar (50 Hz). Seluruh penunjukan alat ukur akan dicatat, baik dari sisi motor terlebih pada sisi generator sehingga akan diketahui fenomena yang terjadi.



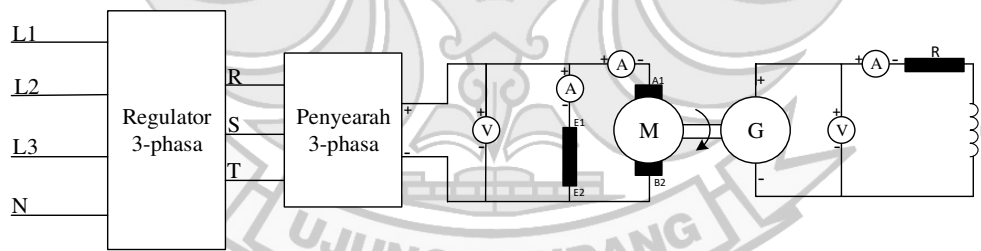
Gambar 4. 9 Rangkaian Percobaan Beban Nol



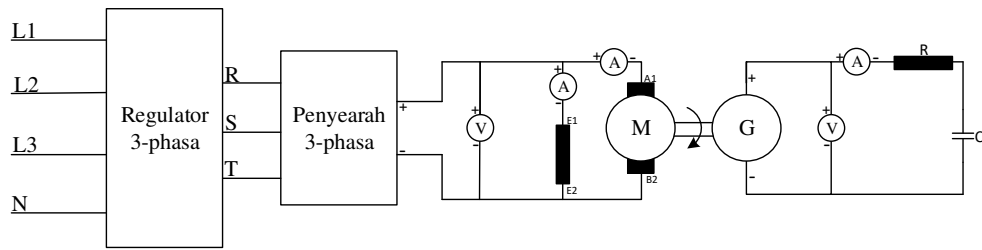
Gambar 4. 10 Rangkaian Percobaan Hubung Singkat



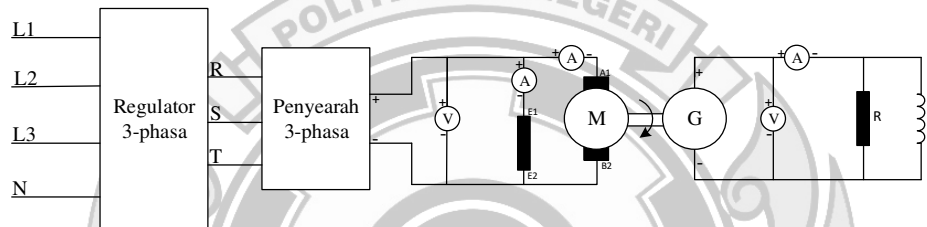
Gambar 4. 11 Rangkaian Percobaan Berbeban



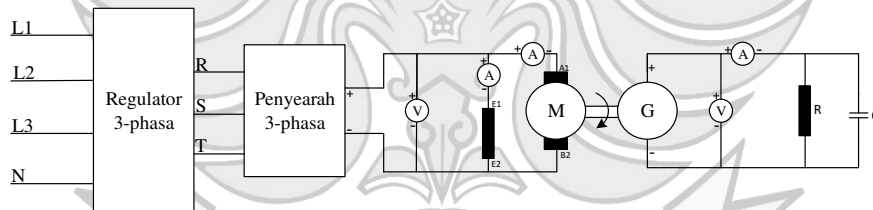
Gambar 4. 12 Rangkaian Percobaan Beban RL Seri



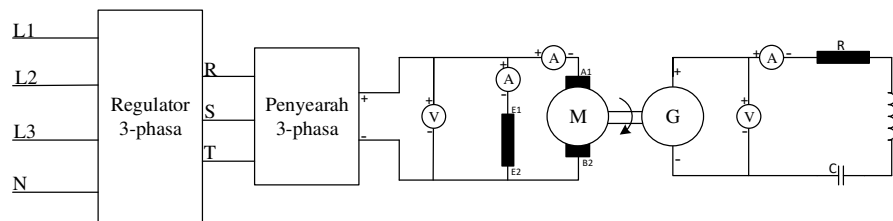
Gambar 4. 13 Rangkaian Percobaan Beban RC Seri



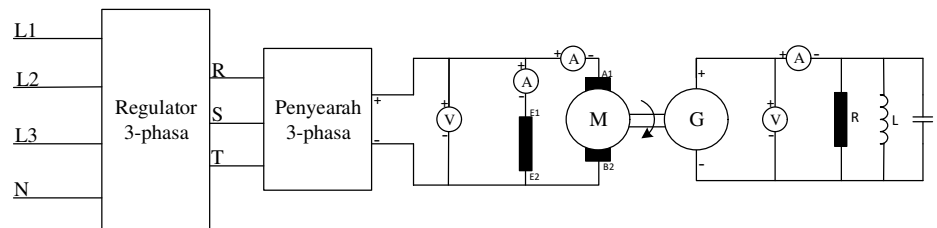
Gambar 4. 14 Rangkaian Percobaan Beban RL Paralel



Gambar 4. 15 Rangkaian Percobaan Beban RC Paralel



Gambar 4. 16 Rangkaian Percobaan Beban RLC Seri



Gambar 4. 17 Rangkaian Percobaan Beban RLC Paralel



Gambar 4. 18 Tata Letak Pengujian

## 4.1.2 Hasil Pengujian

### 4.1.2.1 Pengujian Statis

Pengujian statis dilakukan untuk mengukur tahanan pada generator dan nilai impedansi pada beban yang digunakan. Pengukuran tahanan generator bertujuan untuk mendapatkan nilai reaktansi sinkron ( $X_s$ ) dan impedansi sinkron ( $Z_s$ ) dari generator. Pengukuran pada beban resistif, induktif dan kapasitif bertujuan untuk mengetahui nilai reistansi dan reaktansi dari beban yang akan digunakan dalam proses pengujian yang nantinya akan digunakan untuk menghitung nilai impedansi beban. Terdapat 2 cara yang dilakukan dalam melakukan proses pengukuran yaitu

metode secara langsung menggunakan multimeter, dan metode secara tidak langsung menggunakan voltmeter dan amperemeter.

### 1. Pengukuran Tahanan Generator

Pengukuran tahanan generator dilakukan dengan metode secara langsung dan tidak langsung. Pengukuran secara tidak langsung dilakukan dengan menghubungkan sumber dc ke generator untuk mengetahui nilai resistansi dari tahanan belitan generator. Untuk mendapatkan nilai impedansi sinkron dari generator maka generator dihubungkan dengan sumber *ac*. Pengukuran tidak langsung terdiri dari 2 metode yaitu metode pengukuran tahanan tinggi (MPTT) dan metode pengukuran tahanan rendah (MPTR).

Tabel 4. 3 Hasil Pengukuran Tahanan Belitan Generator Secara Langsung

<b>Tahanan Belitan (<math>\Omega</math>)</b>	
Jangkar, $R_a$	4,5

Tabel 4. 4 Hasil Pengukuran Tahanan Generator Secara Tidak Langsung Menggunakan Sumber *dc*

<b>Tahanan Belitan</b>	<b>MPTT</b>		<b>MPTR</b>	
	<b>V (V)</b>	<b>I (A)</b>	<b>V (V)</b>	<b>I (A)</b>
Jangkar, $R_a$ $R_d = 75 \Omega$	4,5	1	4	1

Tabel 4. 5 Hasil Pengukuran Tahanan Generator Secara Tidak Langsung Menggunakan Sumber *ac*

Tahanan Belitan	MPTT		MPTR	
	V (V)	I (A)	V (V)	I (A)
Jangkar, Ra Rd = 75 $\Omega$	7,6	1	7,3	1

## 2. Pengukuran Impedansi Beban (R, L, C)

Pengukuran impedansi beban bertujuan untuk mendapatkan nilai impedansi dari beban yang digunakan generator. Pada beban resistif pengukuran dilakukan secara langsung, pada beban induktif dan kapasitif pengukuran dilakukan secara tidak langsung menggunakan MPTT dan MPTR.

Tabel 4.6 Hasil Pengukuran Nilai Tahanan Pada Beban R (Resistif) Secara Langsung

Tahanan ( $\Omega$ )			
Posisi Beban	Fasa 1	Fasa 2	Fasa 3
1	150	120	150
2	75	85	80
3	60	50	60
4	40	40	50
5	31	30	40
6	25	28	28



Tabel 4.7 Hasil Pengukuran Nilai Tahanan Pada Beban Induktif ( $X_L$ ) Secara Tidak Langsung

Posisi Beban	MPTT						MPTR					
	Fasa 1		Fasa 2		Fasa 3		Fasa 1		Fasa 2		Fasa 3	
	V (V)	I (A)	V (V)	I (A)	V (V)	I (A)	V (V)	I (A)	V (V)	I (A)	V (V)	I (A)
1	108	1	110	1	106	1	107	1	109,5	1	106	1
2	52	1	53	1	54	1	53	1	54	1	53	1
3	35	1	36	1	36	1	35	1	36	1	35	1
4	27	1	27	1	28	1	28	1	27	1	27	1
5	21	1	21	1	22	1	22	1	21	1	21	1

Tabel 4.8 Hasil Pengukuran Nilai Tahanan Pada Beban Kapasitif ( $X_C$ ) Secara Tidak Langsung

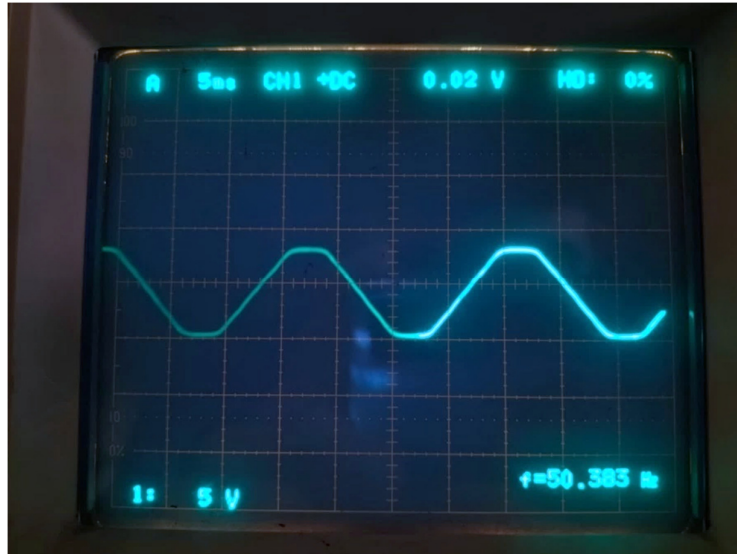
Posisi Beban	MPTT						MPTR					
	Fasa 1		Fasa 2		Fasa 1		Fasa 2		Fasa 1		Fasa 2	
	V (V)	I (A)	V (V)	I (A)	V (V)	I (A)	V (V)	I (A)	V (V)	I (A)	V (V)	I (A)
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	135	1	135	1	135	1	135	1	135	1	135	1
3	96	1	96	1	96	1	96	1	96	1	96	1
4	63	1	63	1	63	1	63	1	63	1	63	1
5	48	1	48	1	48	1	48	1	48	1	48	1
6	42	1	42	1	42	1	42	1	42	1	42	1
7	36	1	36	1	36	1	36	1	36	1	36	1
8	33	1	33	1	33	1	33	1	33	1	33	1
9	30	1	30	1	30	1	30	1	30	1	30	1
10	27	1	27	1	27	1	27	1	27	1	27	1

#### 4.1.2.2 Pengujian Dinamis Generator 2 Kutub

##### 1. Pengujian Generator Tanpa Beban

Tabel 4. 9 Data Percobaan Generator Tanpa Beban ( $V_g = V_0$ )

No	Motor			Generator	
	$V_m$ (V)	$I_{am}$ (A)	$I_{fm}$ (A)	$V_0$ (V)	Putaran (rpm)
1	39	1,2	0,08	21	1202
2	45	1,1	0,09	23	1300
3	51	1,1	0,1	25	1420
4	58,5	0,9	0,11	26,5	1501
5	69	0,9	0,14	28,5	1609
6	78	0,8	0,15	30	1700
7	88,5	0,8	0,18	32	1803
8	99	0,8	0,19	34	1907
9	108	0,8	0,2	36	2000
10	117	0,8	0,22	37,5	2101
11	126	0,8	0,24	39,5	2206
12	133,5	0,8	0,25	41	2308
13	141	0,8	0,26	43	2400
14	150	0,8	0,28	45	2503
15	159	0,8	0,29	46,5	2605
16	165	0,8	0,31	48	2702
17	174	0,8	0,32	50	2800
18	181,5	0,8	0,33	52,5	2900
19	189	0,8	0,34	54,5	3000



Gambar 4. 19 Pengujian frekuensi menggunakan osiloskop pada generator 2 kutub putaran 3000 rpm

## 2. Pengujian Generator Hubung Singkat

Tabel 4. 10 Data Percobaan Generator Hubung Singkat

No	Motor			Generator		
	$V_m$ (V)	$I_{am}$ (A)	$I_{fm}$ (A)	$I_{hs}$ (A)	$V_0$ (V)	Putaran (rpm)
1	19,5	0,1	0,36	0,65	3	160
2	21	0,1	0,41	1	4,5	240
3	24	0,1	0,44	1,5	6,5	340
4	27	0,1	0,45	2,02	9	515
5	30	0,2	0,45	2,5	12,5	705
6	34,5	0,3	0,45	3	16	930
7	42	0,5	0,48	3,5	22,5	1300
8	87	0,8	0,48	3,75	28	1590
9	87	1,6	0,51	3,85	33	1875

### 3. Pengujian generator berbeban

Tabel 4. 11 Data Percobaan Generator Beban Resistif (n = konstan)

No	Posisi Beban	Motor			Generator		
		V <sub>m</sub> (V)	I <sub>am</sub> (A)	I <sub>fm</sub> (A)	I <sub>g</sub> (A)	V <sub>g</sub> (V)	n (rpm)
1	1	192	0,9	0,35	0,25	52,5	3000
2	2	192	0,9	0,35	0,65	50	
3	3	192	1	0,35	1,05	48	
4	4	192	1,1	0,35	1,4	45	
5	5	192	1,1	0,35	1,7	43	
6	1	183	0,8	0,33	0,25	50,5	2900
7	2	183	0,9	0,33	0,6	48	
8	3	183	0,9	0,33	1	46	
9	4	183	1	0,33	1,35	44	
10	5	183	1,1	0,33	1,65	41,5	
11	1	174	0,8	0,31	0,15	48,5	2800
12	2	175,5	0,9	0,32	0,55	46,5	
13	3	175,5	0,9	0,32	1	44,5	
14	4	175,5	1	0,32	1,3	42	
15	5	175,5	1,1	0,32	1,58	40	

Tabel 4. 12 Data Percobaan Beban Induktif Seri (n=konstan)

No	Posisi Beban	Motor			Generator		
		V <sub>m</sub> (V)	I <sub>am</sub> (A)	I <sub>fm</sub> (A)	I <sub>g</sub> (A)	V <sub>g</sub> (V)	n (rpm)
1	1-1	190,5	0,7	0,35	0,1	51,5	3000
2	2-2	190,5	0,8	0,35	0,15	49,5	
3	3-3	190,5	0,8	0,35	0,2	47	
4	4-4	190,5	0,8	0,35	0,4	45	
5	5-5	190,5	0,8	0,35	0,6	43,5	
6	1-1	181,5	0,7	0,34	0,05	49,5	2900
7	2-2	183	0,7	0,34	0,15	47,5	
8	3-3	183	0,76	0,34	0,25	46	
9	4-4	183	0,8	0,344	0,4	44	
10	5-5	183	0,8	0,34	0,65	42	
11	1-1	174	0,7	0,33	0,025	48	2800
12	2-2	174	0,7	0,33	0,1	46	
13	3-3	174	0,7	0,33	0,25	44	
14	4-4	174	0,7	0,33	0,4	42	
15	5-5	174	0,8	0,33	0,6	40,5	

Tabel 4. 13 Data Percobaan Beban Induktif Paralel (n=konstan)

No	Posisi Beban	Motor			Generator		
		V <sub>m</sub> (V)	I <sub>am</sub> (A)	I <sub>fm</sub> (A)	I <sub>g</sub> (A)	V <sub>g</sub> (V)	n (rpm)
1	1-1	189	0,9	0,35	0,2	49,5	3000
2	2-2	189	1	0,35	0,75	45	
3	3-3	189	1	0,35	1,15	42	
4	4-4	189	1	0,35	1,45	39	
5	5-5	189	1,1	0,35	1,7	36	
6	1-1	181,5	0,9	0,34	0,15	48	2900
7	2-2	181,5	1	0,35	0,7	43,5	
8	3-3	183	1	0,35	1,1	40,5	
9	4-4	183	1	0,35	1,45	38	
10	5-5	183	1,1	0,35	1,675	35	
11	1-1	171	0,9	0,33	0,1	46	2800
12	2-2	174	1	0,33	0,65	42	
13	3-3	175,5	1	0,33	1,075	39	
14	4-4	175,5	1	0,33	1,375	36	
15	5-5	175,5	1,1	0,33	1,65	33,5	

Tabel 4. 14 Data Percobaan Beban Kapasitif Seri (n=konstan)

No	Posisi Beban	Motor			Generator		
		V <sub>m</sub> (V)	I <sub>am</sub> (A)	I <sub>fm</sub> (A)	I <sub>g</sub> (A)	V <sub>g</sub> (V)	n (rpm)
1	1-2	189	0,8	0,35	0,4	55,5	3000
2	2-4	189	1	0,35	0,81	56	
3	3-6	189	1	0,35	1,16	55	
4	4-8	190,5	1,1	0,35	1,49	55	
5	5-10	189	1,2	0,35	1,8	54	
6	1-2	180	0,8	0,34	0,4	53,5	2900
7	2-4	181,5	1	0,34	0,78	53,5	
8	3-6	183	1	0,34	1,11	53,5	
9	4-8	183	1,1	0,34	1,43	53	
10	5-10	183	1,2	0,34	1,75	52	
11	1-2	172,5	0,8	0,32	0,34	51	2800
12	2-4	174	0,9	0,32	0,75	51,5	
13	3-6	174	1	0,32	1,06	51,5	
14	4-8	174	1,1	0,32	1,37	51	
15	5-10	175,5	1,2	0,32	1,68	50,5	

Tabel 4. 15 Data Percobaan Beban Kapasitif Paralel (n=konstan)

No	Posisi Beban	Motor			Generator		
		V <sub>m</sub> (V)	I <sub>am</sub> (A)	I <sub>fm</sub> (A)	I <sub>g</sub> (A)	V <sub>g</sub> (V)	n (rpm)
1	1-2	189	1	0,36	1	64	3000
2	2-4	192	1,4	0,36	2,4	71	
3	3-6	195	1,8	0,36	3,65	73	
4	4-8	195	2	0,364	4,35	67	
5	5-10	195	2,1	0,37	4,975	61	
6	1-2	183	1	0,35	0,95	60	2900
7	2-4	183	1,3	0,35	2,175	66	
8	3-6	186	1,8	0,35	3,4	69	
9	4-8	186	2	0,35	4	64	
10	5-10	186	2	0,35	4,7	60	
11	1-2	174	1	0,34	0,75	56,5	2800
12	2-4	174	1,24	0,34	2	63	
13	3-6	177	1,6	0,34	3,1	65	
14	4-8	177	1,9	0,34	3,75	61,5	
15	5-10	177	2	0,34	4,375	56,5	

Tabel 4. 16 Data Percobaan Beban RLC Seri (n=konstan)

No	Posisi Beban	Motor			Generator		
		V <sub>m</sub> (V)	I <sub>am</sub> (A)	I <sub>fm</sub> (A)	I <sub>g</sub> (A)	V <sub>g</sub> (V)	n (rpm)
1	1-1-2	190,5	0,8	0,36	0,1	51	3000
2	2-2-4	189	0,8	0,36	0,2	48,5	
3	3-3-6	189	0,8	0,36	0,45	46	
4	4-4-8	189	0,8	0,36	0,65	44	
5	5-5-10	189	0,84	0,36	0,85	42	
6	1-1-2	186	0,7	0,35	0,1	49,5	2900
7	2-2-4	183	0,8	0,35	0,25	47	
8	3-3-6	183	0,8	0,35	0,5	45	
9	4-4-8	183	0,8	0,35	0,65	42,5	
10	5-5-10	183	0,9	0,35	0,9	40,5	
11	1-1-2	174	0,7	0,33	0,05	47,5	2800
12	2-2-4	177	0,76	0,33	0,15	45	
13	3-3-6	174	0,8	0,33	0,4	43	
14	4-4-8	174	0,8	0,33	0,6	41	
15	5-5-10	174	0,8	0,33	0,85	39	

Tabel 4. 17 Data Percobaan Beban RLC Paralel ( $n$ =konstan)

No	Posisi Beban	Motor			Generator		
		$V_m$ (V)	$I_{am}$ (A)	$I_{fm}$ (A)	$I_g$ (A)	$V_g$ (V)	$n$ (rpm)
1	1-1-2	192	1	0,36	0,6	59	3000
2	2-2-4	192	1,2	0,36	1,625	62	
3	3-3-6	192	1,4	0,36	2,45	63,5	
4	4-4-8	192	1,6	0,36	3,3	63	
5	5-5-10	193,5	1,8	0,36	3,8	58	
6	1-1-2	183	1	0,34	0,5	56	2900
7	2-2-4	183	1,2	0,34	1,5	59	
8	3-3-6	183	1,4	0,34	2,225	60	
9	4-4-8	184,5	1,6	0,35	3,025	59,5	
10	5-5-10	186	1,8	0,35	3,525	55	
11	1-1-2	175,5	1	0,33	0,55	54	2800
12	2-2-4	175,5	1,1	0,33	1,125	55,5	
13	3-3-6	177	1,3	0,34	2,05	56	
14	4-4-8	177	1,5	0,34	2,75	55	
15	5-5-10	178,5	1,6	0,34	3,25	53	

Tabel 4. 18 Data Percobaan Generator Beban Resistif ( $R = 28 \Omega$ )

No	Motor			Generator		
	$V_m$ (V)	$I_{am}$ (A)	$I_{fm}$ (A)	$I_g$ (A)	$V_g$ (V)	Putaran (rpm)
1	154,5	1,1	0,31	1,75	35	2510
2	162	1,1	0,32	1,8	36	2603
3	169,5	1,1	0,33	1,85	38	2700
4	177	1,1	0,34	1,9	39	2800
5	186	1,2	0,36	1,95	40	2900
6	195	1,2	0,37	2	41	3000

Tabel 4. 19 Data Percobaan Generator Beban Induktif Seri ( $R = 28 \Omega$ ;  $X_L = 107 \Omega$ )

No	Motor			Generator		
	$V_m$ (V)	$I_{am}$ (A)	$I_{fm}$ (A)	$I_g$ (A)	$V_g$ (V)	Putaran (rpm)
1	150	0,76	0,19	0,06	42,5	2506
2	159	0,76	0,30	0,06	43	2607
3	165	0,76	0,3	0,06	46	2701
4	174	0,76	0,32	0,08	48	2805

Lanjutan Tabel 4.19

5	183	0,8	0,33	0,1	49,5	2903
6	192	0,8	0,34	0,12	51,5	3003

Tabel 4. 20 Data Percobaan Generator Beban Induktif Paralel ( $R = 28 \Omega$ ;  $X_L=107 \Omega$ )

No	Motor			Generator		
	$V_m$ (V)	$I_{am}$ (A)	$I_{fm}$ (A)	$I_g$ (A)	$V_g$ (V)	Putaran (rpm)
1	147	1,2	0,28	1,68	33	2506
2	154,5	1,2	0,3	1,7	34	2600
3	165	1,2	0,32	1,75	35,5	2711
4	174	1,2	0,34	1,8	36,5	2808
5	183	1,2	0,34	1,85	38	2907
6	192	1,2	0,36	1,95	39	3009

Tabel 4. 21 Data Percobaan Generator Beban Kapasitif Seri ( $R = 28 \Omega$ ;  $X_C=42 \Omega$ )

No	Motor			Generator		
	$V_m$ (V)	$I_{am}$ (A)	$I_{fm}$ (A)	$I_g$ (A)	$V_g$ (V)	Putaran (rpm)
1	153	1	0,28	1,52	51	2511
2	159	1,1	0,29	1,6	53	2604
3	168	1,1	0,31	1,72	56	2712
4	177	1,16	0,32	1,82	58,5	2814
5	186	1,2	0,33	1,92	61	2913
6	195	1,2	0,35	2	62,5	3001

Tabel 4. 22 Data Percobaan Generator Beban Kapasitif Paralel ( $R = 28 \Omega$ ;  $X_C=42 \Omega$ )

No	Motor			Generator		
	$V_m$ (V)	$I_{am}$ (A)	$I_{fm}$ (A)	$I_g$ (A)	$V_g$ (V)	Putaran (rpm)
1	147	1,4	0,27	2,6	42	2507
2	156	1,6	0,3	2,75	44	2600
3	166,5	1,6	0,3	2,95	46,5	2711
4	177	1,6	0,32	3,1	48	2804
5	186	1,6	0,34	3,25	50,5	2910
6	195	1,7	0,36	3,4	52	3000



Tabel 4. 23 Data Percobaan Generator Beban RLC Seri ( $R = 25 \Omega$ ;  $X_L=107 \Omega$ ;  $X_C = 42 \Omega$ )

No	Motor			Generator		
	$V_m$ (V)	$I_{am}$ (A)	$I_{fm}$ (A)	$I_g$ (A)	$V_g$ (V)	Putaran (rpm)
1	147	0,76	0,27	0,22	41	2501
2	156	0,76	0,28	0,21	43	2609
3	165	0,76	0,3	0,19	45	2711
4	174	0,76	0,31	0,19	47	2812
5	183	0,76	0,325	0,18	48,5	2916
6	190,5	0,76	0,345	0,18	50	3004

Tabel 4. 24 Data Percobaan Generator Beban RLC Paralel ( $R = 28 \Omega$ ;  $X_L=107 \Omega$ ;  $X_C= 42 \Omega$ )

No	Motor			Generator		
	$V_m$ (V)	$I_{am}$ (A)	$I_{fm}$ (A)	$I_g$ (A)	$V_g$ (V)	Putaran (rpm)
1	147	1,3	0,28	2,45	41	2502
2	156	1,6	0,3	2,6	43	2605
3	165	1,6	0,32	2,75	45	2702
4	177	1,6	0,34	2,9	47	2800
5	183	1,6	0,36	3,05	49,5	2900
6	195	1,6	0,36	3,25	51	3001

#### 4.1.2.3 Pengujian Dinamis Generator 4 Kutub

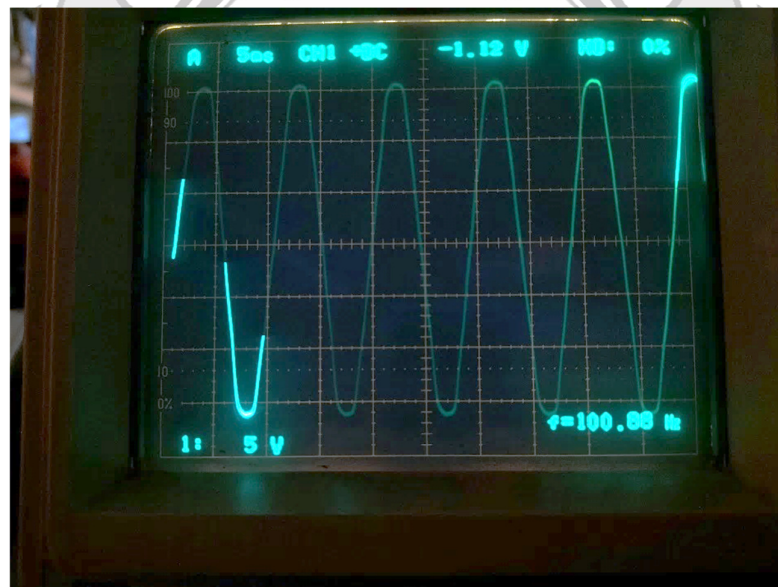
##### 1. Pengujian Generator Tanpa Beban

Tabel 4. 25 Data Percobaan Generator Tanpa Beban ( $E_0 = V_0$ )

No	Motor			Generator	
	$V_m$ (V)	$I_{am}$ (A)	$I_{fm}$ (A)	$V_0$ (V)	Putaran (rpm)
1	18	2,3	0,03	40,5	1250
2	19,5	2,3	0,04	43,5	1307
3	22,5	2,1	0,04	48	1419
4	27	1,9	0,05	51	1516
5	31,5	1,7	0,06	54	1601
6	40,5	1,5	0,08	57	1707
7	51	1,3	0,1	60	1802

Lanjutan Tabel 4.25

8	67,5	1,2	0,14	64,5	1902
9	84	1,1	0,18	67,5	2004
10	97,5	1,1	0,2	72	2100
11	109,5	1,1	0,22	75	2200
12	121,5	1,1	0,24	79,5	2305
13	130,5	1,1	0,26	82,5	2401
14	141	1,1	0,28	87	2507
15	150	1,1	0,3	90	2607
16	159	1,1	0,31	93	2706
17	171	1,1	0,33	97,5	2801
18	180	1,1	0,34	102	2913
19	186,9	1,1	0,36	105	3006



Gambar 4. 20 Pengujian Frekuensi Menggunakan Osiloskop Pada Generator 4 Kutub Putaran 3000 rpm

## 2. Pengujian Generator Hubung Singkat

Tabel 4. 26 Data Percobaan Generator Hubung Singkat

No	Motor			Generator		
	V <sub>m</sub> (V)	I <sub>am</sub> (A)	I <sub>fm</sub> (A)	I <sub>hs</sub> (A)	V <sub>o</sub> (V)	Putaran (rpm)
1	16,5	5,4	0,03	1,1	5	123
2	18	6,3	0,03	1,45	7	170
3	19,5	6,9	0,03	1,8	8,5	214
4	21	7,1	0,04	2	9	233
5	22,5	7,6	0,04	2,3	11	279
6	24	8,1	0,04	2,75	12	324
7	25,5	8,4	0,05	2,95	13	363
8	27	8,8	0,05	3,25	15	416
9	28,5	9	0,05	3,45	17	452
10	30	9,3	0,05	3,7	18,5	507

## 3. Pengujian Generator Berbeban

Tabel 4. 27 Data Percobaan Generator Beban Resistif (n = konstan)

No	Posisi Beban	Motor			Generator		
		V <sub>m</sub> (V)	I <sub>am</sub> (A)	I <sub>fm</sub> (A)	I <sub>g</sub> (A)	V <sub>g</sub> (V)	n (rpm)
1	1	46,15	2	0,1	0,46	51	1500
2	2	48	2,2	0,1	0,86	45	
3	3	51	2,6	0,12	1,18	42	
4	4	51	3	0,12	1,5	42	
5	5	51	3,4	0,12	1,85	41	
6	1	34,5	2,64	0,05	0,05	43	1200
7	2	37,5	3,24	0,05	0,55	42	
8	3	39	3,6	0,05	0,85	41	
9	4	40,5	3,7	0,05	1,2	39	
10	5	42	4	0,05	1,45	35	
11	1	72,6	1,9	0,12	0,25	65	1800
12	2	75,6	2,1	0,124	0,9	63	
13	3	79,5	2,4	0,13	1,375	61	
14	4	81,6	2,7	0,14	1,8	59	
15	5	85,5	2,9	0,144	2,2	57	

Tabel 4. 28 Data Percobaan Beban Induktif Seri (n= konstan)

No	Posisi Beban	Motor			Generator		
		V <sub>m</sub> (V)	I <sub>am</sub> (A)	I <sub>fm</sub> (A)	I <sub>g</sub> (A)	V <sub>g</sub> (V)	n (rpm)
1	1-1	33	2	0,08	0,25	48	1500
2	2-2	34,5	2,3	0,09	0,5	46,5	
3	3-3	36	2,5	0,09	0,75	45	
4	4-4	37,5	2,7	0,1	1	43,5	
5	5-5	39	3	0,1	1,25	42	
6	1-1	33	2,6	0,04	0	41,5	1200
7	2-2	36	2,7	0,05	0,35	41	
8	3-3	36	2,9	0,05	0,55	39	
9	4-4	37,5	3,1	0,05	0,8	37,5	
10	5-5	39	3,1	0,06	1,1	36,5	
11	1-1	69	1,5	0,12	0,05	64	1800
12	2-2	69	1,7	0,12	0,55	61,5	
13	3-3	72	1,8	0,13	0,8	59,5	
14	4-4	73,5	1,9	0,13	1,1	57	
15	5-5	75	2	0,14	1,35	55	

Tabel 4. 29 Data Percobaan Beban Induktif Paralel (n= konstan)

No	Posisi Beban	Motor			Generator		
		V <sub>m</sub> (V)	I <sub>am</sub> (A)	I <sub>fm</sub> (A)	I <sub>g</sub> (A)	V <sub>g</sub> (V)	n (rpm)
1	1-1	42	2,2	0,09	0,6	45	1500
2	2-2	42	2,6	0,1	1,25	42	
3	3-3	42	3	0,1	1,7	39	
4	4-4	43,5	3,4	0,09	2,1	34,5	
5	5-5	42,5	3,7	0,09	2,4	33	
6	1-1	34,5	2,8	0,04	0,55	40	1200
7	2-2	37,5	3,2	0,05	1,05	37	
8	3-3	39	3,6	0,06	1,5	34	
9	4-4	40,5	3,9	0,06	1,85	32	
10	5-5	42	4	0,06	2,2	30	
11	1-1	73,5	1,9	0,13	0,55	61,5	1800
12	2-2	75	2,1	0,14	1,25	56	
13	3-3	78	2,3	0,14	1,775	51,5	
14	4-4	81	2,5	0,14	2,2	48	
15	5-5	81	2,6	0,15	2,6	45	

Tabel 4. 30 Data Percobaan Beban Kapasitif Seri (n= konstan)

No	Posisi Beban	Motor			Generator		
		V <sub>m</sub> (V)	I <sub>am</sub> (A)	I <sub>fm</sub> (A)	I <sub>g</sub> (A)	V <sub>g</sub> (V)	n (rpm)
1	1-2	43,5	2	0,06	0,1	55,5	1500
2	2-4	46,5	2,3	0,07	0,24	56	
3	3-6	49,5	2,5	0,07	0,32	56	
4	4-8	51	2,7	0,07	0,5	56	
5	5-10	54	3,1	0,08	0,6	56,5	
6	1-2	31,5	2,6	0,03	0	43	1200
7	2-4	34,5	2,5	0,04	0,1	44	
8	3-6	36	2,8	0,05	0,22	44	
9	4-8	36	3	0,05	0,3	44	
10	5-10	37,5	3,3	0,05	0,42	44,5	
11	1-2	70,5	1,8	0,12	0,18	68	1800
12	2-4	73,5	1,9	0,12	0,28	68	
13	3-6	75	2,2	0,13	0,46	68	
14	4-8	79,5	2,4	0,14	0,63	68,5	
15	5-10	81	2,6	0,14	0,78	68,5	

Tabel 4. 31 Data Percobaan Beban Kapasitif Paralel (n= konstan)

No	Posisi Beban	Motor			Generator		
		V <sub>m</sub> (V)	I <sub>am</sub> (A)	I <sub>fm</sub> (A)	I <sub>g</sub> (A)	V <sub>g</sub> (V)	n (rpm)
1	1-2	48	2,3	0,07	0,55	56,5	1500
2	2-4	52,5	3	0,08	1,2	56,5	
3	3-6	57	3,4	0,09	1,85	57	
4	4-8	60	4	0,1	2,35	55	
5	5-10	63	4,3	0,11	2,95	56	
6	1-2	36	2,9	0,05	0,25	41,5	1200
7	2-4	39	3,2	0,05	0,85	43	
8	3-6	40,5	3,7	0,06	1,275	44	
9	4-8	42	4,2	0,06	1,675	42,5	
10	5-10	45	4,6	0,07	2,075	41	
11	1-2	73,5	2	0,13	0,8	70	1800
12	2-4	78	2,4	0,14	1,675	70,5	
13	3-6	82,5	3,1	0,15	2,5	71,5	
14	4-8	87	3,7	0,16	3,25	69,5	
15	5-10	90	4,2	0,16	3,95	68	

Tabel 4. 32 Data Percobaan Beban RLC Seri (n= konstan)

No	Posisi Beban	Motor			Generator		
		V <sub>m</sub> (V)	I <sub>am</sub> (A)	I <sub>fm</sub> (A)	I <sub>g</sub> (A)	V <sub>g</sub> (V)	n (rpm)
1	1-1-2	39	2,1	0,1	0,25	49,5	1500
2	2-2-4	43,5	2,5	0,11	0,7	49,5	
3	3-3-6	45	2,8	0,11	1,05	49,5	
4	4-4-8	48	3,1	0,12	1,4	48	
5	5-5-10	51	3,4	0,122	1,7	46,5	
6	1-1-2	33	2,5	0,04	0,05	43	1200
7	2-2-4	36	2,9	0,04	0,45	42,5	
8	3-3-6	39	3,2	0,05	0,7	42	
9	4-4-8	39	3,6	0,05	1	42	
10	5-5-10	40,5	3,7	0,05	1,25	41	
11	1-1-2	70,5	1,8	0,12	0,25	65	1800
12	2-2-4	75	2	0,12	0,75	63	
13	3-3-6	78	2,2	0,14	1,2	61	
14	4-4-8	79,5	2,6	0,14	1,6	59	
15	5-5-10	81	2,7	0,14	1,9	56,5	

Tabel 4. 33 Data Percobaan Beban RLC Paralel (n=konstan)

No	Posisi Beban	Motor			Generator		
		V <sub>m</sub> (V)	I <sub>am</sub> (A)	I <sub>fm</sub> (A)	I <sub>g</sub> (A)	V <sub>g</sub> (V)	n (rpm)
1	1-1-2	39	2,2	0,11	0,5	46,5	1500
2	2-2-4	40,5	2,8	0,11	0,9	48	
3	3-3-6	43,5	3	0,114	1,275	51	
4	4-4-8	46,5	3,3	0,12	1,7	45	
5	5-5-10	48	3,6	0,13	2,05	43,5	
6	1-1-2	36	2,6	0,05	0,25	36,5	1200
7	2-2-4	37,5	3,2	0,05	0,8	38,5	
8	3-3-6	39	3,6	0,05	1,3	40,5	
9	4-4-8	40,5	3,9	0,06	1,55	35	
10	5-5-10	42	4,2	0,06	1,65	34	
11	1-1-2	75	1,9	0,13	0,55	61	1800
12	2-2-4	78	2,3	0,14	1,125	63,5	
13	3-3-6	81	2,5	0,14	1,6	65	
14	4-4-8	82,5	2,9	0,15	2,1	58	
15	5-5-10	85,5	3,3	0,15	2,5	55	

Tabel 4. 34 Data Percobaan Generator Beban Resistif ( $R = 25 \Omega$ )

No	Motor			Generator		
	$V_m$ (V)	$I_{am}$ (A)	$I_{fm}$ (A)	$I_g$ (A)	$V_g$ (V)	Putaran (rpm)
1	36	4,6	0,08	1,75	31,5	1205
2	36	4,4	0,08	1,85	33	1310
3	42	4,2	0,09	2	36	1416
4	46,5	3,9	0,1	2,125	37,5	1506
5	54	3,7	0,12	2,25	40,5	1602
6	63	3,4	0,14	2,375	43,5	1704

Tabel 4. 35 Data Percobaan Generator Beban Induktif Seri ( $R = 25 \Omega$ ;  $X_L=107 \Omega$ )

No	Motor			Generator		
	$V_m$ (V)	$I_{am}$ (A)	$I_{fm}$ (A)	$I_g$ (A)	$V_g$ (V)	Putaran (rpm)
1	25,5	2,3	0,08	0,1	39	1209
2	27	2,2	0,09	0,25	42	1303
3	28,5	2,1	0,09	0,25	45	1405
4	30	2	0,1	0,25	48	1503
5	37,5	1,8	0,11	0,25	54	1634
6	45	1,6	0,11	0,25	55,5	1704

Tabel 4. 36 Data Percobaan Generator Beban Induktif Paralel ( $R = 25 \Omega$ ;  $X_L= 107 \Omega$ )

No	Motor			Generator		
	$V_m$ (V)	$I_{am}$ (A)	$I_{fm}$ (A)	$I_g$ (A)	$V_g$ (V)	Putaran (rpm)
1	34,5	4	0,09	1,775	30	1220
2	37,5	4	0,1	1,9	33	1321
3	39	4	0,1	2,025	33	1414
4	48	3,8	0,11	2,15	36	1528
5	54	3,5	0,12	2,25	39	1617
6	64,5	3,3	0,14	2,4	40,5	1728

Tabel 4. 37 Data Percobaan Generator Beban Kapasitif Seri ( $R = 25 \Omega$ ;  $X_C = 42 \Omega$ )

No	Motor			Generator		
	$V_m$ (V)	$I_{am}$ (A)	$I_{fm}$ (A)	$I_g$ (A)	$V_g$ (V)	Putaran (rpm)
1	27	2,7	0,09	0,75	43,5	1201
2	30	2,6	0,1	0,85	46,5	1302
3	36	2,5	0,11	1,05	49,5	1402
4	37,5	2,5	0,11	1,2	54	1504
5	43,5	2,5	0,12	1,325	57	1600
6	54	2,3	0,13	1,5	60	1702

Tabel 4. 38 Data Percobaan Generator Beban Kapasitif Paralel ( $R = 25 \Omega$ ;  $X_C = 42 \Omega$ )

No	Motor			Generator		
	$V_m$ (V)	$I_{am}$ (A)	$I_{fm}$ (A)	$I_g$ (A)	$V_g$ (V)	Putaran (rpm)
1	33	4,9	0,11	2	33	1225
2	39	4,7	0,11	2,2	37,5	1303
3	45	4,6	0,12	2,35	39	1401
4	51	4,4	0,13	2,6	43,5	1503
5	58,5	4,3	0,14	2,8	46,5	1608
6	66	4,1	0,16	3,05	49,5	1709

Tabel 4. 39 Data Percobaan Generator Beban RLC Seri ( $R = 28 \Omega$ ;  $X_L = 107 \Omega$ ;  $X_C = 42 \Omega$ )

No	Motor			Generator		
	$V_m$ (V)	$I_{am}$ (A)	$I_{fm}$ (A)	$I_g$ (A)	$V_g$ (V)	Putaran (rpm)
1	30	3,2	0,08	1	34,5	1200
2	31,5	2,9	0,09	0,85	37,5	1300
3	33	2,7	0,09	0,8	40,5	1402
4	36	2,4	0,09	0,75	45	1512
5	40,5	2,1	0,1	0,7	48	1606
6	51	1,8	0,12	0,6	52,5	1717



Tabel 4. 40 Data Percobaan Generator Beban RLC Paralel ( $R = 28 \Omega$ ;  $X_L=107 \Omega$ ;  $X_C=42 \Omega$ )

No	Motor			Generator		
	$V_m$ (V)	$I_{am}$ (A)	$I_{fm}$ (A)	$I_g$ (A)	$V_g$ (V)	Putaran (rpm)
1	33	4,7	0,09	1,825	34,5	1200
2	37,5	4,5	0,09	2,025	37,5	1308
3	43,5	4,3	0,1	2,2	40,5	1403
4	48	4,2	0,12	2,35	45	1501
5	60	3,9	0,15	2,6	49,5	1619
6	66	3,8	0,16	2,775	51	1711

## 4.2 Pembahasan

### 4.2.1 Analisis Pengujian Tahanan Generator

Untuk menganalisis nilai tahanan generator dan nilai tahanan pada beban maka digunakan data pada Tabel 4.3 – Tabel 4.8

- a. Perhitungan tahanan belitan dengan metode penyambungan tahanan tinggi.

Untuk menghitung tahanan belitan maka digunakan persamaan (2-1).

Dik:  $r_A = 0,1 \Omega$

$$r_V = 80000 \Omega$$

$$V = 4,5 \text{ V}$$

$$I = 1 \text{ A}$$

$$R_a = \frac{V}{I} = \frac{4,5}{1} = 4,5 \Omega$$

$$R_{ax} = R_a - r_A = 4,5 - 0,1 = 4,4 \Omega$$

$$\begin{aligned} \text{Error} &= \left| \frac{r_A}{R_a} \right| \times 100\% \\ &= \left| \frac{0,1}{4,4} \right| \times 100\% \\ &= 2,272\% \end{aligned}$$

b. Perhitungan tahanan belitan metode dengan metode penyambungan tahanan rendah.

Untuk menghitung tahanan belitan maka digunakan persamaan (2-1).

Dik:  $r_A = 0,1 \Omega$

$$r_V = 80000 \Omega$$

$$V = 4 \text{ V}$$

$$I = 1 \text{ A}$$

$$R_a = \frac{V}{I} = \frac{4}{1} = 4 \Omega$$

$$R_{ax} = \frac{R_a \cdot r_V}{r_V - R_a} = \frac{4 \cdot 80000}{80000 - 4} = 4,0002 \Omega$$

$$\text{Error} = \left| \frac{R_a}{r_V} \right| \times 100\%$$

$$= \left| \frac{4}{80000} \right| \times 100\%$$

$$= 0,005\%$$

Karena nilai errornya lebih sedikit maka metode pengukuran tahanan rendah yang akan digunakan dalam analisis data.

c. Menghitung Nilai Impedansi Generator.

Untuk menghitung nilai impedansi maka digunakan persamaan (2-16).

- Metode Pengukuran Tahanan Tinggi

$$Z_S = \frac{V}{I} = \frac{7,6}{1} = 7,6 \Omega$$

- Metode Pengukuran Tahanan rendah

$$Z_S = \frac{V}{I} = \frac{7,3}{1} = 7,3 \Omega$$

d. Menghitung Nilai Reaktansi Generator.

Untuk menghitung nilai impedansi maka digunakan persamaan (2-26).

- Metode Pengukuran Tahanan Tinggi

Dik:  $Z_S = 7,6 \Omega$

$$R_{am} = 4,5 \Omega$$

$$Z_S = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

$$Z_S = \sqrt{R^2 + (X_S)^2}$$

$$Z_S^2 = R^2 + X_S^2$$

$$X_S^2 = Z_S^2 - R^2$$

$$X_S = \sqrt{Z_S^2 - R^2}$$

$$X_S = \sqrt{7,6^2 - 4,5^2}$$

$$X_S = 5,52 \Omega$$

- Metode Pengukuran Tahanan Rendah

Dik:  $Z_S = 7,3 \Omega$

$R_{am} = 4 \Omega$

$$Z_S = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

$$Z_S = \sqrt{R^2 + (X_S)^2}$$

$$Z_S^2 = R^2 + X_L^2$$

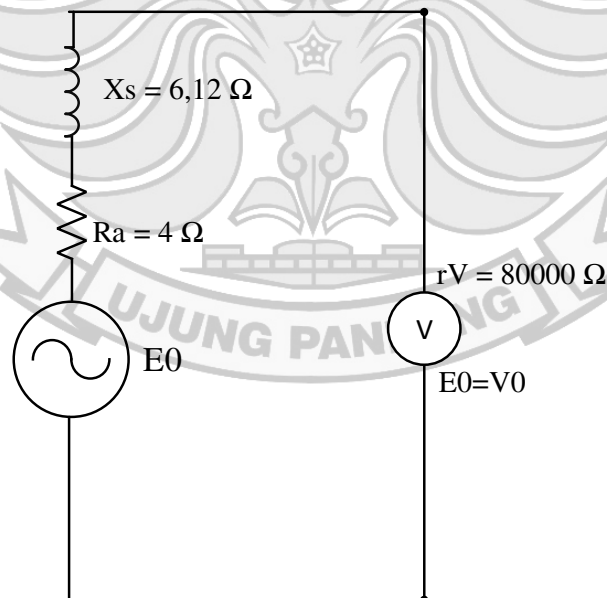
$$X_S^2 = Z_S^2 - R^2$$

$$X_S = \sqrt{Z_S^2 - R^2}$$

$$X_S = \sqrt{7,3^2 - 4^2}$$

$$X_S = 6,12 \Omega$$

#### 4.2.2 Analisis Pengujian Generator Tanpa Beban



Gambar 4. 21 Rangkaian ekuivalen percobaan beban nol

- Menghitung nilai konstanta tegangan ( $k_v$ )

Dalam menghitung nilai konstanta tegangan maka digunakan persamaan (2-22).

- Untuk menghitung nilai konstanta tegangan ( $k_v$ ) pada generator dengan 2 kutub, maka diambil contoh perhitungan dari data No.1 pada Tabel 4.9

Dik:  $V_0 = 21 \text{ V}$

$N = 1212 \text{ rpm}$

$$k_v = \frac{V_0}{n} = \frac{21}{1212} = 0,0175 \text{ Volt.minute}$$

- Untuk menghitung nilai konstanta tegangan ( $k_v$ ) pada generator dengan 4 kutub, maka diambil contoh perhitungan dari data No.1 pada Tabel 4.25

Dik:  $V_0 = 40,5 \text{ V}$

$N = 1250 \text{ rpm}$

$$k_v = \frac{V_0}{n} = \frac{40,5}{1250} = 0,032 \text{ Volt.minute}$$

#### b. Menghitung Nilai Frekuensi

Dalam menghitung nilai konstanta tegangan maka digunakan persamaan (2-23).

- Untuk menghitung nilai frekuensi (Hz) pada generator dengan 2 kutub, maka diambil contoh perhitungan dari data No.1 pada Tabel 4.9

Dik:  $n = 1212 \text{ rpm}$

$$P = 2$$

$$f \text{ (Hz)} = \frac{n \cdot P}{120} = \frac{1212 \cdot 2}{120} = 20,03 \text{ Hz}$$

- Untuk menghitung nilai frekuensi ( $f$ ) pada generator dengan 4 kutub, maka diambil contoh perhitungan dari data No.1 pada Tabel 4.25

Dik:  $n = 1250 \text{ rpm}$

$$P = 4$$

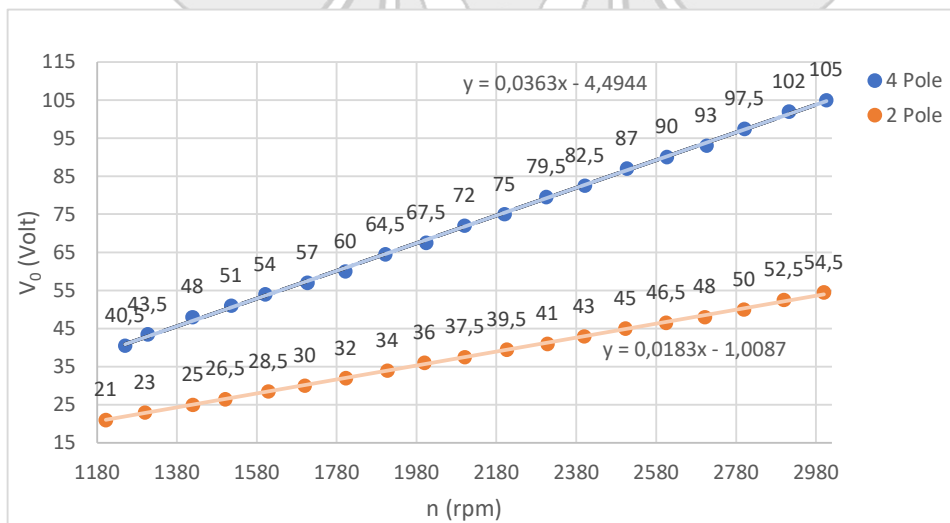
$$f \text{ (Hz)} = \frac{n \cdot P}{120} = \frac{1250 \cdot 4}{120} = 41,67 \text{ Hz}$$

Tabel 4. 41 Hasil Perhitungan Generator 2 Kutub Tanpa Beban

No	$V_0$ (V)	n (rpm)	f (Hz)	$k_v$
1	21	1202	20,03	0,0175
2	23	1300	21,67	0,0177
3	25	1420	23,67	0,0176
4	26,5	1501	25,02	0,0177
5	28,5	1609	26,82	0,0177
6	30	1700	28,33	0,0176
7	32	1803	30,05	0,0177
8	34	1907	31,78	0,0178
9	36	2000	33,33	0,0180
10	37,5	2101	35,02	0,0178
11	39,5	2206	36,77	0,0179
12	41	2308	38,47	0,0178
13	43	2400	40,00	0,0179
14	45	2503	41,72	0,0180
15	46,5	2605	43,42	0,0179
16	48	2702	45,03	0,0178
17	50	2800	46,67	0,0179
18	52,5	2900	48,33	0,0181
19	54,5	3000	50,00	0,0182
Rata-rata				0,0178

Tabel 4. 42 Hasil Perhitungan Generator 4 Kutub Tanpa Beban

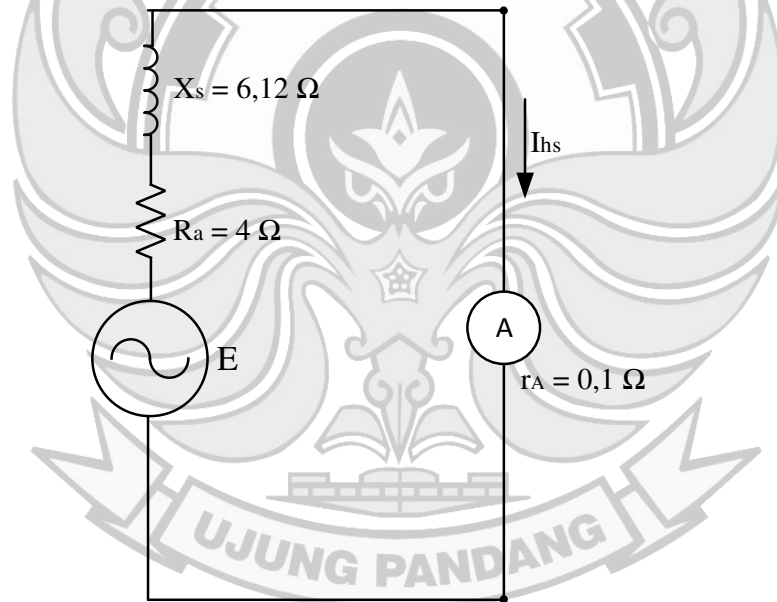
No	V <sub>0</sub> (V)	n (rpm)	f (Hz)	k <sub>v</sub>
1	40,5	1250	41,67	0,0324
2	43,5	1307	43,57	0,0333
3	48	1419	47,30	0,0338
4	51	1516	50,53	0,0336
5	54	1601	53,37	0,0337
6	57	1707	56,90	0,0334
7	60	1802	60,07	0,0333
8	64,5	1902	63,40	0,0339
9	67,5	2004	66,80	0,0337
10	72	2100	70,00	0,0343
11	75	2200	73,33	0,0341
12	79,5	2305	76,83	0,0345
13	82,5	2401	80,03	0,0344
14	87	2507	83,57	0,0347
15	90	2607	86,90	0,0345
16	93	2706	90,20	0,0344
17	97,5	2801	93,37	0,0348
18	102	2913	97,10	0,0350
19	105	3006	100,20	0,0349
Rata-rata				0,0340



Gambar 4. 22 Grafik Hubungan Putaran Generator Terhadap Linearitas Tegangan Keluaran

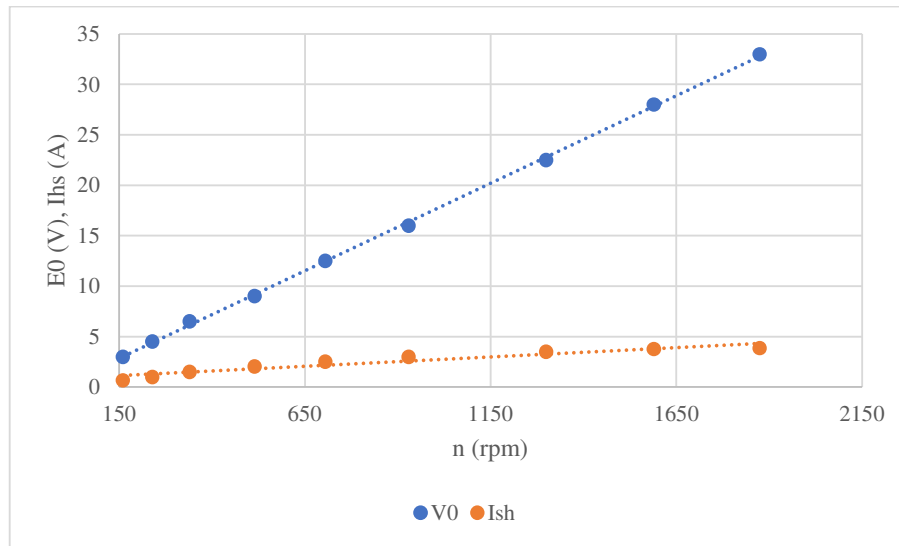
Dari Gambar 4.22 diatas dapat dilihat tegangan keluaran yang dihasilkan mengalami kenaikan berdasarkan peningkatan putaran generator. Hal ini disebabkan beban nol pada terminal tidak adanya rugi-rugi pada kumparan generator sehingga nilai  $V_0=E_0$ . Pada generator dengan 2 kutub tegangan terbesar berada pada 54,5 V pada putaran penuh 3000 rpm ( $f = 50$  Hz) dan tegangan terkecil pada nilai 21 V di putaran 1202 rpm ( $f = 20,03$  Hz). Untuk generator 4 kutub tegangan terbesar berada pada 105 V di putaran 3006 rpm ( $f = 100,20$  Hz) dan tegangan terkecil pada nilai 40,5 V di putaran 1250 rpm ( $f = 41,67$  Hz).

#### 4.2.3 Analisis Pengujian Generator Hubung Singkat

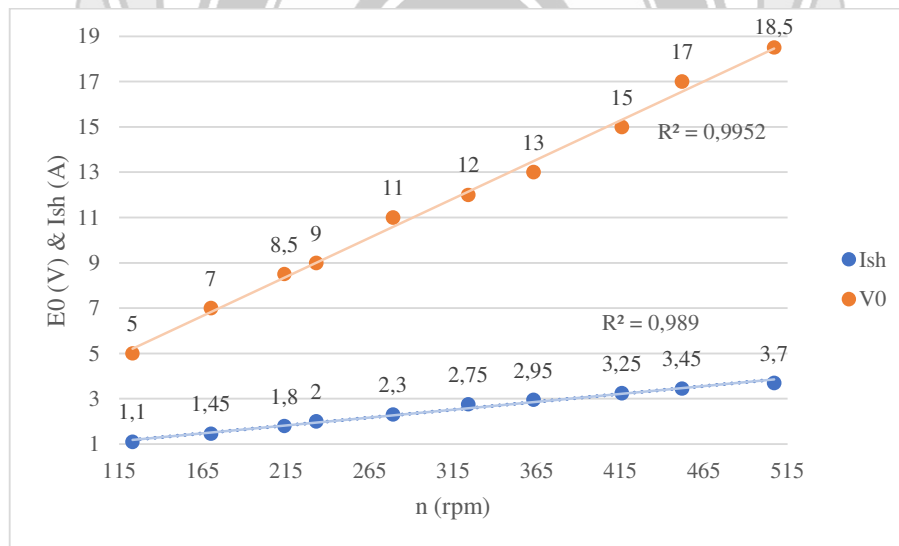


Gambar 4. 23 Rangkaian ekuivalen percobaan hubung singkat





Gambar 4. 24 Grafik hubungan putaran terhadap  $E_0$  &  $I_{sh}$  pada generator 2 kutub



Gambar 4. 25 Grafik hubungan putaran terhadap  $E_0$  &  $I_{sh}$  pada generator 4 kutub

Dari Gambar 4.24 dan Gambar 4.25 dapat dilihat  $V_0$  dan arus hubung singkat yang mengalami kenaikan berdasarkan peningkatan putaran (rpm). Hal ini disebabkan karena tidak adanya rugi-rugi pada kumparan generator pada percobaan beban nol. Serta disebabkan tahanan jangkar  $R_a$  lebih kecil daripada reaktansi

sinkron  $X_S$  pada percobaan hubung singkat. Pada generator 2 kutub  $V_0$  dan arus hubung singkat tertinggi ditunjukkan oleh nilai 33 V dan 3.8 A dengan putaran 1875 rpm. Sedangkan GGL dan arus hubung singkat terendah ditunjukkan oleh nilai 3 V dan 0.65 A dengan putaran 160 rpm. Sementara pada generator 4 kutub  $V_0$  dan arus hubung singkat tertinggi ditunjukkan oleh nilai 18.5 V dan 3.7 A dengan putaran 507 rpm. Sedangkan GGL dan arus hubung singkat terendah ditunjukkan oleh nilai 5 V dan 1.1 A dengan putaran 123 rpm.

#### 4.2.4 Analisis Pengujian Generator Berbeban

##### 4.2.4.1 Perhitungan Nilai Impedansi pada Kombinasi Beban Generator

a) Beban RL

Untuk contoh perhitungan berdasarkan Tabel 4.6 dan 4.7 (posisi beban 1-1)

$$\text{Dik: } R = 150 \Omega$$

$$X_L = 107 \Omega$$

- Menghitung Nilai  $Z_L$  seri (Impedansi)

Dalam menghitung impedansi seri maka digunakan persamaan (2-26).

$$\begin{aligned} Z_L &= \sqrt{R^2 + X_L^2} \\ &= \sqrt{150^2 + 107^2} \\ &= 184,25 \Omega \end{aligned}$$

- Menghitung Nilai  $Z_L$  paralel (Impedansi)

Dalam menghitung impedansi paralel maka digunakan persamaan

(2-44).

$$\begin{aligned} Z_L &= \frac{R \cdot X_L}{\sqrt{R^2 + X_L^2}} \\ &= \frac{150 \cdot 107}{\sqrt{150^2 + 107^2}} \\ &= 87,10 \Omega \end{aligned}$$

- Menghitung Nilai  $\cos \phi_L$  seri

Dalam menghitung  $\cos \phi_L$  seri maka digunakan persamaan (2-27).

$$\cos \phi_L = \frac{R}{Z_L} = \frac{150}{184,25} = 0,814$$

- Menghitung Nilai  $\cos \phi_L$  paralel

Dalam menghitung  $\cos \phi_L$  paralel maka digunakan persamaan (2-47).

$$\cos \phi_L = \frac{X_L}{\sqrt{R^2 + X_L^2}} = \frac{107}{\sqrt{150^2 + 107^2}} = 0,814$$

- Menghitung Nilai  $\sin \phi_L$  seri

Dalam menghitung  $\sin \phi_L$  seri maka digunakan persamaan (2-28)

$$\sin \phi_L = \frac{X_L}{Z_L} = \frac{107}{184,25} = 0,581$$

- Menghitung Nilai  $\sin \phi_L$  paralel

Dalam menghitung  $\sin \phi_L$  seri maka digunakan persamaan (2-48)

$$\sin \phi_L = \frac{R}{\sqrt{R^2 + X_L^2}} = \frac{150}{\sqrt{150^2 + 107^2}} = 0,581$$

b) Beban RC

Untuk perhitungan berdasarkan Tabel 4.6 dan 4.8 (posisi beban 1-2)

$$\text{Dik: } R = 150 \Omega$$

$$X_C = 138 \Omega$$

- Menghitung Nilai  $Z_C$  seri (Impedansi)

Dalam menghitung impedansi seri maka digunakan persamaan (2-30).

$$\begin{aligned} Z_C &= \sqrt{R^2 + X_C^2} \\ &= \sqrt{150^2 + 138^2} \\ &= 203,82 \Omega \end{aligned}$$

- Menghitung Nilai  $Z_C$  paralel (Impedansi)

Dalam menghitung impedansi paralel maka digunakan persamaan (2-55).

$$\begin{aligned} Z_C &= \frac{R \cdot X_C}{\sqrt{R^2 + X_C^2}} \\ &= \frac{150 \cdot 138}{\sqrt{150^2 + 138^2}} \\ &= 101,55 \Omega \end{aligned}$$

- Menghitung Nilai  $\cos \phi_C$  seri

Dalam menghitung  $\cos \phi_C$  seri maka digunakan persamaan (2-31).

$$\cos \phi_C = \frac{R}{Z_C} = \frac{150}{203,82} = -0,736 \text{ (leading)}$$

- Menghitung Nilai  $\cos \phi_C$  paralel

Dalam menghitung  $\cos \phi_C$  paralel maka digunakan persamaan (2-58).

$$\cos \phi_C = \frac{X_C}{\sqrt{R^2 + X_C^2}} = \frac{138}{\sqrt{150^2 + 138^2}} = 0,677$$

- Menghitung Nilai  $\sin \phi_C$  seri

Dalam menghitung  $\sin \phi_C$  seri maka digunakan persamaan (2-32).

$$\sin \phi_C = \frac{X_C}{Z_C} = \frac{138}{\sqrt{150^2 + 138^2}} = 0,677$$

- Menghitung Nilai  $\sin \phi_C$  paralel

Dalam menghitung  $\sin \phi_C$  paralel maka digunakan persamaan (2-59).

$$\sin \phi_C = \frac{R}{\sqrt{R^2 + X_C^2}} = \frac{150}{\sqrt{150^2 + 138^2}} = -0,736 \text{ (Leading)}$$

c) Beban RLC

Untuk perhitungan berdasarkan Tabel 4.6, Tabel 4.7 dan 4.8 (posisi beban 1-1-2)

Dik:  $R = 150 \Omega$

$X_L = 107 \Omega$

$X_C = 138 \Omega$

- Menghitung Nilai Z seri (Impedansi)

Dalam menghitung impedansi seri maka digunakan persamaan (2-34).

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

$$= \sqrt{150^2 + (107 - 138)^2}$$

$$= 153,17 \Omega$$

- Menghitung Nilai Z paralel (Impedansi)

Dalam menghitung impedansi paralel maka digunakan persamaan (2-73).

$$\begin{aligned} Z &= \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{1}{R}\right)^2 + \left(\frac{1}{X_L} - \frac{1}{X_C}\right)^2}} \\ &= \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{1}{150}\right)^2 + \left(\frac{1}{107} - \frac{1}{138}\right)^2}} \\ &= 143,07 \Omega \end{aligned}$$

- Menghitung Nilai  $\cos \phi$  seri

Dalam menghitung  $\cos \phi$  seri maka digunakan persamaan (2-35).

$$\cos \phi = \frac{R}{Z} = \frac{150}{153,17} = 0,979$$

- Menghitung Nilai  $\cos \phi$  paralel

Dalam menghitung  $\cos \phi$  paralel maka digunakan persamaan (2-76).

$$\cos \phi = \frac{\frac{1}{R}}{\sqrt{\left(\frac{1}{R}\right)^2 + \left(\frac{1}{X_C} - \frac{1}{X_L}\right)^2}} = \frac{\frac{1}{150}}{\sqrt{\left(\frac{1}{150}\right)^2 + \left(\frac{1}{138} - \frac{1}{107}\right)^2}} = 0,999$$

- Menghitung Nilai  $\sin \phi$  seri

Dalam menghitung  $\sin \phi$  seri maka digunakan persamaan (2-36).

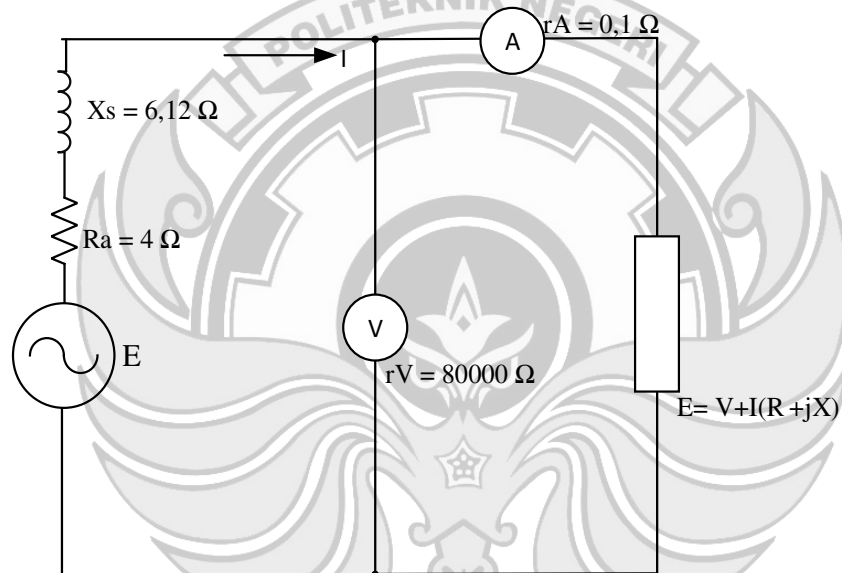
$$\sin \phi = \frac{X}{Z} = \frac{(X_L - X_C)}{Z} = \frac{(107 - 138)}{153,17} = -0,202 \text{ (leading)}$$

- Menghitung Nilai  $\sin \phi$  paralel

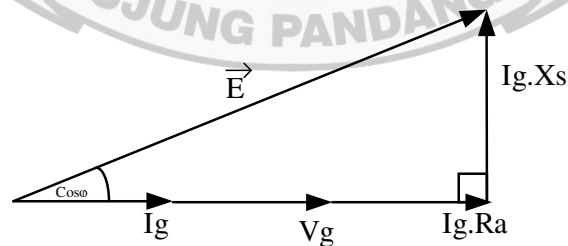
Dalam menghitung  $\sin \phi$  paralel maka digunakan persamaan (2-78).

$$\sin \phi = \frac{\frac{1}{X_L} - \frac{1}{X_C}}{\sqrt{\left(\frac{1}{R}\right)^2 + \left(\frac{1}{X_C} - \frac{1}{X_L}\right)^2}} = \frac{\frac{1}{107} - \frac{1}{138}}{\sqrt{\left(\frac{1}{150}\right)^2 + \left(\frac{1}{138} - \frac{1}{107}\right)^2}} = 0,315$$

#### 4.2.4.2 Perhitungan Beban Resistif



Gambar 4. 26 Rangkaian Ekuivalen Percobaan Beban Resistif



Gambar 4. 27 Vektor Beban Resistif

a) Generator 2 Kutub

Untuk menganalisis regulasi tegangan (VR), daya aktif (watt) dan efisiensi ( $\eta$ ) dari hasil pengujian generator pada beban resistif maka digunakan data pada Tabel 4.11

Contoh perhitungan: (diambil data dari Tabel 4.11 Nomor 1)

Dik:  $V_g = 52,5$  Volt

$I_g = 0,25$  A

$n = 3000$  rpm

$R_a = 4 \Omega$

$X_s = 6,12 \Omega$

$Z_s = 7,3 \Omega$

$\cos \phi = 1$

$\Delta P_{\text{mek-FL}}$  dianggap konstan = 46,68 Watt

$k_t$  dianggap konstan =  $2,02 \text{ NmA}^{-2}$

- Menghitung nilai GGL (V)

Dalam menghitung nilai GGL maka pada beban resistif digunakan persamaan (2-79).

$$\begin{aligned} E &= \left| \vec{E} \right| = \sqrt{(V_g + I_g \cdot R_a)^2 + (I_g \cdot X_s)^2} \\ &= \sqrt{(52,5 + 0,25 \cdot 4)^2 + (0,25 \cdot 6,12)^2} \\ &= 53,52 \text{ Volt} \end{aligned}$$



- Menghitung regulasi tegangan naik ( $VR_{Up}$ )

Dalam menghitung nilai pengaturan tegangan naik pada beban resistif maka digunakan persamaan (2-83).

$$\begin{aligned} VR_{Up} &= \left| \frac{E_0 - V_{FL}}{V_{FL}} \right| \times 100\% \\ &= \frac{53,52 - 52,5}{52,5} \cdot 100\% \\ &= 1,95\% \end{aligned}$$

- Menghitung regulasi tegangan turun ( $VR_{Down}$ )

Dalam menghitung nilai pengaturan tegangan turun pada beban resistif maka digunakan persamaan (2-85).

$$\begin{aligned} VR_{Down} &= \left| \frac{E_0 - V_{FL}}{E_0} \right| \times 100\% \\ &= \frac{53,52 - 52,5}{53,52} \cdot 100\% \\ &= 1,91\% \end{aligned}$$

- Menghitung nilai daya aktif (watt)

Dalam menghitung daya generator pada beban resistif maka digunakan persamaan (2-88).

$$\begin{aligned} P &= V \cdot I \cos \phi \\ &= 52,5 \times 0,25 \times 1 \\ &= 13,125 \text{ Watt} \end{aligned}$$

- Menghitung nilai efisiensi ( $\eta$ )

Dalam menghitung nilai efisiensi pada beban resistif maka digunakan persamaan (2-90).

$$\begin{aligned}\eta_{\text{sistem}} (\%) &= \frac{P_{\text{out}}}{P_{\text{in}}} \cdot 100\% \\ &= \frac{13,125}{153,22} \cdot 100\% \\ &= 8,57\%\end{aligned}$$

b) Generator 4 Kutub

Untuk menganalisis besar regulasi tegangan (%), daya aktif (watt) dan efisiensi ( $\eta$ ) dari hasil pengujian generator pada beban resistif maka digunakan data pada Tabel 4.27

Contoh perhitungan: (diambil data dari Tabel 4.27 Nomor 1)

Dik:  $V_g = 51 \text{ Volt}$

$$I_g = 0,46 \text{ A}$$

$$n = 1500 \text{ rpm}$$

$$R_a = 4 \Omega$$

$$X_s = 6,12 \Omega$$

$$Z_s = 7,3 \Omega$$

$$\cos \phi = 1$$

$$\Delta P_{\text{mek-FL}} \text{ dianggap konstan} = 46,68 \text{ Watt}$$

$$k_t \text{ dianggap konstan} = 2,02 \text{ NmA}^{-2}$$

- Menghitung nilai GGL (V)

Dalam menghitung nilai GGL maka pada beban resistif digunakan persamaan (2-79).

$$\begin{aligned}
 E = \left| \vec{E} \right| &= \sqrt{(V_g + I_g \cdot R_a)^2 + (I_g \cdot X_s)^2} \\
 &= \sqrt{(51 + 0,46 \cdot 4)^2 + (0,46 \cdot 6,12)^2} \\
 &= 52,91 \text{ Volt}
 \end{aligned}$$

- Menghitung regulasi tegangan naik ( $VR_{Up}$ )

Dalam menghitung nilai pengaturan tegangan naik pada beban resistif maka digunakan persamaan (2-83).

$$\begin{aligned}
 VR_{Up} &= \left| \frac{E_0 - V_{FL}}{V_{FL}} \right| \times 100\% \\
 &= \frac{52,91 - 51}{51} \cdot 100\% \\
 &= 3,75\%
 \end{aligned}$$

- Menghitung regulasi tegangan turun ( $VR_{Down}$ )

Dalam menghitung nilai pengaturan tegangan turun pada beban resistif maka digunakan persamaan (2-85).

$$\begin{aligned}
 VR_{Down} &= \left| \frac{E_0 - V_{FL}}{E_0} \right| \times 100\% \\
 &= \frac{52,91 - 51}{52,91} \cdot 100\% \\
 &= 3,619\%
 \end{aligned}$$

- Menghitung nilai daya generator (watt)

Dalam menghitung daya generator pada beban resistif maka digunakan persamaan (2-88).

$$\begin{aligned} P &= V.I \cos \phi \\ &= 51 \times 0,46 \times 1 \\ &= 23,46 \text{ Watt} \end{aligned}$$

- Menghitung nilai efisiensi ( $\eta$ )

Dalam menghitung nilai efisiensi pada beban resistif maka digunakan persamaan (2-90).

$$\begin{aligned} \eta_{\text{sistem}} (\%) &= \frac{P_{\text{out}}}{P_{\text{in}}} \cdot 100\% \\ &= \frac{23,46}{63,46} \cdot 100\% \\ &= 36,97\% \end{aligned}$$

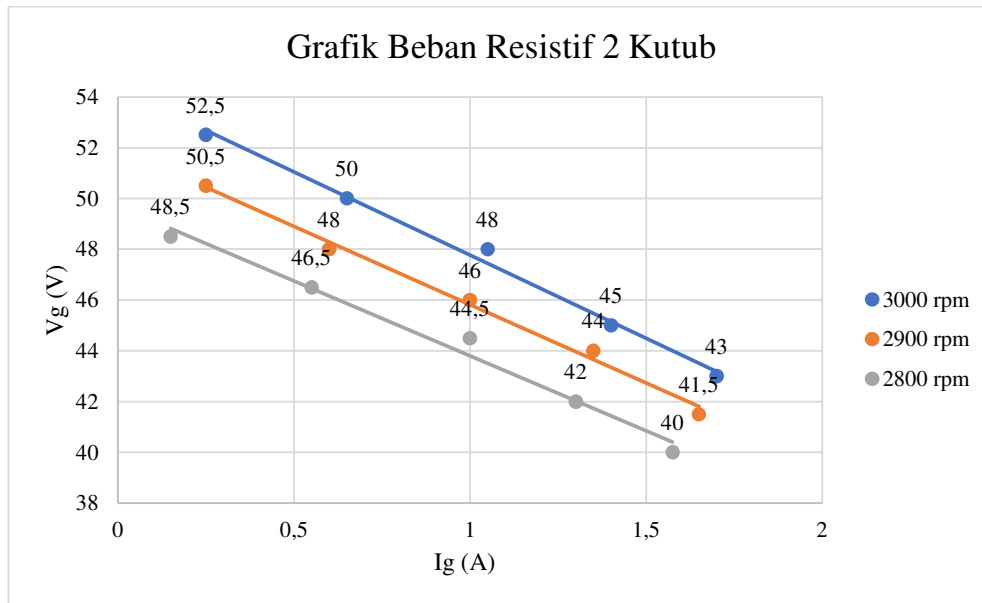


Tabel 4. 43 Tabel Hasil Analisis Beban Resistif Generator 2 Kutub (n=konstan)

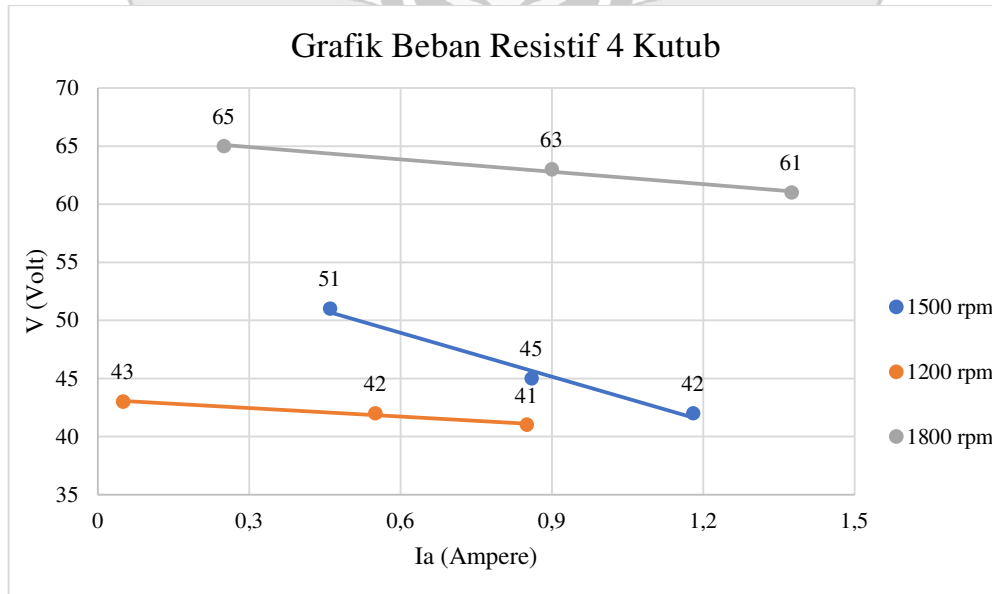
No	Posisi beban	R ( $\Omega$ )	Putaran (rpm)	V <sub>g</sub> (Volt)	I <sub>g</sub> (Ampere)	GGL (Volt)	VR <sub>Up</sub> (%)	VR <sub>Down</sub> (%)	P (Watt)	$\eta$ (%)
1	1	150	3000	52,5	0,25	53.52	1,95	1,91	13,13	8,57
2	2	75		50	0,65	52.75	5,50	5,21	32,50	21,21
3	3	60		48	1,05	52.59	9,57	8,73	50,40	28,73
4	4	40		45	1,4	51.32	14,05	12,32	63,00	31,88
5	5	31		43	1,7	50.88	18,31	15,48	73,10	36,99
6	1	150	2900	50,5	0,25	51.52	2,03	1,98	12,63	10,81
7	2	75		48	0,6	50.53	5,28	5,01	28,8	21,01
8	3	60		46	1	50.37	9,51	8,68	46	33,56
9	4	40		44	1,35	50.09	13,83	12,15	59,4	37,76
10	5	31		41,5	1,65	49.15	18,43	15,56	68,48	38,56
11	1	150	2800	48,5	0,15	49,11	1,25	1,24	7,28	7,04
12	2	75		46,5	0,55	48,82	4,98	4,74	25,58	20,14
13	3	60		44,5	1	48,88	9,85	8,97	44,5	35,04
14	4	40		42	1,3	47,87	13,97	12,25	54,6	37,41
15	5	31		40	1,58	47,29	18,23	15,42	63	38,20

Tabel 4. 44 Tabel Hasil Analisis Beban Resistif Generator 4 Kutub (n=konstan)

No	Posisi beban	R ( $\Omega$ )	Putaran (rpm)	V <sub>g</sub> (Volt)	I <sub>g</sub> (Ampere)	GGL (Volt)	VR <sub>Up</sub> (%)	VR <sub>Down</sub> (%)	P (Watt)	$\eta$ (%)
1	1	150	1800	65	0.25	66.02	1,57	1,54	16	18,72
2	2	75		63	0.9	66.83	6,08	5,73	57	57,19
3	3	60		61	1.375	67.03	9,89	9,00	84	70,60
4	4	40		59	1.8	67.11	13,7	12,09	106	73,79
5	5	31		57	2.2	67.16	17,8	15,13	125	78,87
6	1	150	1500	51	0.46	52.91	3,75	3,619	23.46	36,97
7	2	75		45	0.86	48.73	8,28	7,645	38.70	55,44
8	3	60		42	1.18	47.27	12,6	11,158	49.56	50,06
9	4	40		42	1.5	48.87	16,4	14,058	63.00	55,15
10	5	31		41	1.85	49.71	21,2	17,516	75.85	58,59
11	1	150	1200	43	0.05	43.20	0,468	0,465	2,15	6,42
12	2	75		42	0.55	44.33	5,54	5,25	23	56,17
13	3	60		41	0.85	44.70	9,03	8,28	35	76,27
14	4	40		39	1.2	44.41	13,9	12,18	47	95,67
15	5	31		35	1.45	44.69	17,6	14,97	50,75	97,92



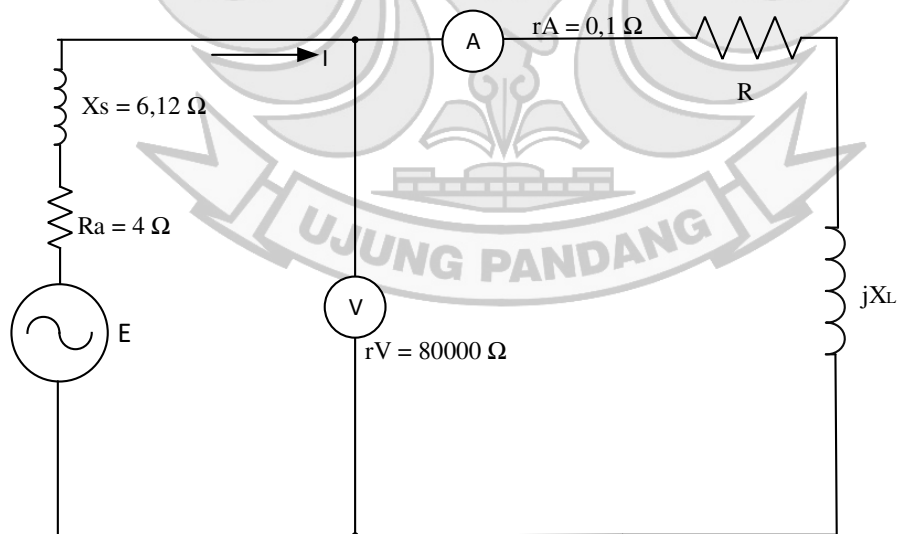
Gambar 4. 28 Karakteristik Luar  $V_g=f(I_g)$ , dari Generator 2 Kutub pada Beban Resistif



Gambar 4. 29 Karakteristik Luar  $V_g=f(I_g)$ , dari Generator 4 Kutub pada Beban Resistif

Pada Gambar 4.28 dan Gambar 4.29 menunjukkan bahwa perubahan nilai beban resistif yang diberikan pada generator maka akan semakin besar nilai arus dan tegangan yang dihasilkan. Hal ini disebabkan karena  $\cos\phi$  atau faktor daya bernilai 1 dan sifat beban resistif yang sefasa. Pada percobaan generator 2 kutub nilai tertinggi berada pada arus 1,7 A dan tegangan 43 V pada putaran 3000 rpm dengan daya yang dihasilkan sebesar 43, 10 Watt, sedangkan nilai terendah pada tegangan 48,5 V dan arus 0,15 A pada putaran 2800 rpm dengan daya yang dihasilkan sebesar 7,28 Watt. Sementara untuk generator 4 kutub nilai tertinggi berada pada tegangan 57 V dan arus 2,2 A pada putaran 1800 rpm dengan daya yang dihasilkan sebesar 125 Watt, sedangkan nilai terendah pada tegangan 43 V dan arus 0,05 A pada putaran 1200 rpm dengan daya yang dihasilkan sebesar 2,15 Watt.

#### 4.2.4.3 Perhitungan Beban Induktif (RL)



Gambar 4. 30 Rangkaian Ekuivalen Percobaan Beban R-L Seri



a) Generator 2 Kutub

Untuk menganalisis besar GGL (V), daya aktif (watt), regulasi tegangan, dan efisiensi dari hasil pengujian generator pada beban induktif seri maka digunakan data pada Tabel 4.12

Contoh perhitungan: (diambil data dari Tabel 4. 12 Nomor 1)

Dik:  $V_g = 51,5$  Volt

$I_g = 0,1$  A

$n = 3000$  rpm

$R_a = 4 \Omega$

$X_s = 6,12 \Omega$

$Z_s = 7,3 \Omega$

$R = 150 \Omega$

$X_L = 107 \Omega$

$Z_L = 184,25 \Omega$

$\cos \phi_L = 0,81$

$\Delta P_{mek-FL}$  dianggap konstan = 46,68 Watt

$k_t$  dianggap konstan =  $2,02 \text{ NmA}^{-2}$

- Menghitung nilai GGL (V)

Dalam menghitung nilai GGL maka pada beban induktif digunakan persamaan (2-80).

$$E = \sqrt{(V_g + I_g \cdot R_a \cdot \cos \phi_L + I_g \cdot X_s \cdot \sin \phi_L)^2 + (I_g \cdot X_s \cdot \cos \phi_L - I_g \cdot R_a \cdot \sin \phi_L)^2}$$

$$=$$

$$\sqrt{(51,5 + 0,1 \cdot 4,0,81 + 0,1,6,12,0,58)^2 + (0,1 \cdot 6,12,0,81 - 0,1,4,0,58)^2}$$

$$= 51,87 \text{ Volt}$$

- Menghitung regulasi tegangan naik ( $VR_{Up}$ )

Dalam menghitung nilai pengaturan tegangan naik pada beban induktif maka digunakan persamaan (2-83).

$$VR_{Up} = \left| \frac{E_0 - V_{FL}}{V_{FL}} \right| \times 100\%$$

$$= \frac{51,87 - 51,5}{51,5} \cdot 100\%$$

$$= 0,73\%$$

- Menghitung regulasi tegangan turun ( $VR_{Down}$ )

Dalam menghitung nilai pengaturan tegangan turun pada beban resistif maka digunakan persamaan (2-85).

$$VR_{Down} = \left| \frac{51,87 - 51,5}{51,87} \right| \times 100\%$$

$$= \frac{E_0 - V_{FL}}{E_0} \cdot 100\%$$

$$= 0,72\%$$

- Menghitung nilai daya generator (watt)

Dalam menghitung daya generator pada beban induktif maka digunakan persamaan (2-88).

$$\begin{aligned}
 P &= VI \cos \phi \\
 &= 51,5 \times 0,1 \times 0,81 \\
 &= 4,19 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

- Menghitung nilai efisiensi ( $\eta$ )

Dalam menghitung nilai efisiensi pada beban induktif maka digunakan persamaan (2-90).

$$\begin{aligned}
 \eta_{\text{sistem}} (\%) &= \frac{P_{\text{out}}}{P_{\text{in}}} \cdot 100\% \\
 &= \frac{4,19}{108,80} \cdot 100\% \\
 &= 3,85\%
 \end{aligned}$$

b) Generator 4 Kutub

Untuk menganalisis besar GGL (V), daya aktif (watt), regulasi tegangan, dan efisiensi dari hasil pengujian generator pada beban induktif seri maka digunakan data pada Tabel 4.28.

Contoh perhitungan: (diambil data dari Tabel 4.28 Nomor 1)

Dik:  $V_g = 48 \text{ Volt}$

$$I_g = 0,25 \text{ A}$$

$$n = 1500 \text{ rpm}$$

$$R_a = 4 \Omega$$

$$X_s = 6,12 \Omega$$

$$Z_S = 7,3 \Omega$$

$$R = 150 \Omega$$

$$X_L = 107 \Omega$$

$$Z_L = 184,25 \Omega$$

$$\cos \phi_L = 0,81$$

$\Delta P_{\text{mek-FL}}$  dianggap konstan = 46,68 Watt

$k_t$  dianggap konstan =  $2,02 \text{ NmA}^{-2}$

- Menghitung nilai GGL (V)

Dalam menghitung nilai GGL maka pada beban induktif digunakan persamaan (2-80).

E=

$$\sqrt{(V_g + I_g \cdot R_a \cdot \cos \phi_L + I_g \cdot X_S \cdot \sin \phi_L)^2 + (I_g \cdot X_S \cdot \cos \phi_L - I_g \cdot R_a \cdot \sin \phi_L)^2}$$

=

$$\sqrt{(48 + 0,25 \cdot 4 \cdot 0,81 + 0,25 \cdot 6,12 \cdot 0,58)^2 + (0,25 \cdot 6,12 \cdot 0,81 - 0,25 \cdot 4 \cdot 0,58)^2}$$

$$= 48,94 \text{ Volt}$$

- Menghitung regulasi tegangan naik ( $VR_{Up}$ )

Dalam menghitung nilai pengaturan tegangan naik pada beban induktif maka digunakan persamaan (2-83).

$$VR_{Up} = \left| \frac{E_0 - V_{FL}}{V_{FL}} \right| \times 100\%$$

$$= \frac{48,94-48}{48} \cdot 100\%$$

$$= 1,97\%$$

- Menghitung regulasi tegangan turun ( $VR_{\text{Down}}$ )

Dalam menghitung nilai pengaturan tegangan turun pada beban resistif maka digunakan persamaan (2-85).

$$VR_{\text{Down}} = \left| \frac{E_0 - V_{FL}}{E_0} \right| \times 100\%$$

$$= \frac{48,94-48}{48,94} \cdot 100\%$$

$$= 1,93\%$$

- Menghitung nilai daya generator (watt)

Dalam menghitung daya generator pada beban induktif maka digunakan persamaan (2-88).

$$P = VI \cos \phi$$

$$= 48 \times 0,25 \times 0,81$$

$$= 9,77 \text{ Watt}$$

- Menghitung nilai efisiensi ( $\eta$ )

Dalam menghitung nilai efisiensi pada beban induktif maka digunakan persamaan (2-90).

$$\eta_{\text{sistem}} (\%) = \frac{P_{\text{out}}}{P_{\text{in}}} \cdot 100\%$$

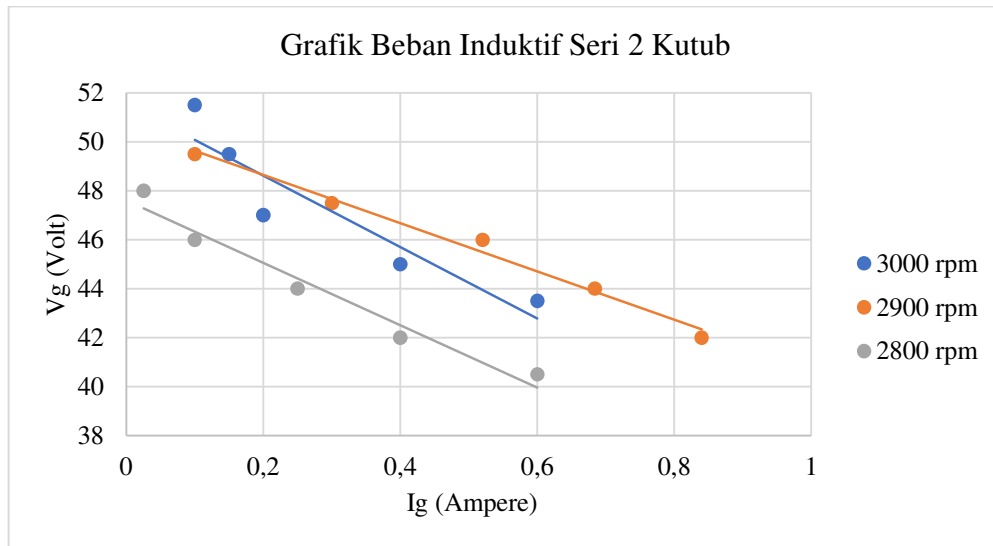
$$= \frac{9,77}{50,77} \cdot 100\% = 19,24\%$$

Tabel 4. 45 Tabel Hasil Analisis Beban Induktif Seri Generator 2 Kutub (n=konstan)

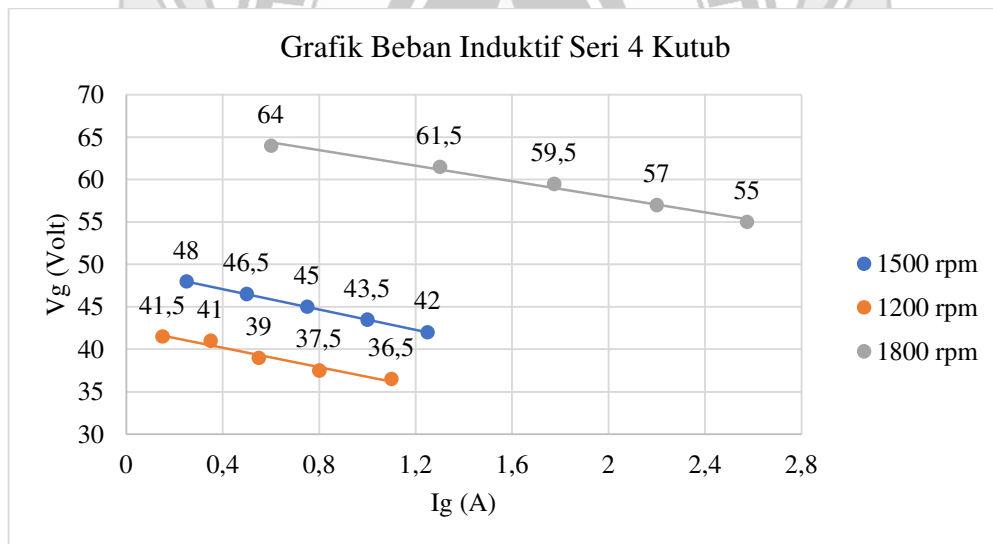
No	Posisi beban	Putaran (rpm)	$V_g$ (V)	$I_g$ (A)	$Z_L$	$\cos \phi_L$	$\sin \phi_L$	GGL (Volt)	$VR_{Up}$ (%)	$VR_{Down}$ (%)	P (Watt)	$\eta$ (%)
1	1-1	3000	51.5	0.1	184.25	0.814	0.581	51.87	0,73	0,72	4.19	3,85
2	2-2		49.5	0.15	91.84	0.817	0.577	50.06	1,13	1,12	6.07	4,63
3	3-3		47	0.2	69.46	0.864	0.504	47.66	1,41	1,39	8.12	6,20
4	4-4		45	0.4	48.83	0.819	0.573	46.51	3,36	3,25	14.74	11,26
5	5-5		43.5	0.6	38.01	0.816	0.579	45.81	5,33	5,06	21.30	16,25
6	1-1	2900	49.5	0.05	184.25	0.814	0.581	49.68	0,377	0,375	2.01	2,00
7	2-2		47.5	0.15	91.84	0.817	0.577	48.06	1,18	1,16	5.82	5,77
8	3-3		46	0.25	69.46	0.864	0.504	46.83	1,81	1,78	9.94	8,76
9	4-4		44	0.4	48.83	0.819	0.573	45.51	3,44	3,32	14.41	11,66
10	5-5		42	0.65	38.01	0.816	0.579	44.52	6,00	5,66	22.28	18,29
11	1-1	2800	48	0.025	184.25	0.814	0.581	48.09	0,1939	0,1935	0.98	1,05
12	2-2		46	0.1	91.84	0.817	0.577	46.37	0,81	0,80	3.76	4,03
13	3-3		44	0.25	69.46	0.864	0.504	44.83	1,89	1,86	9.50	10,19
14	4-4		42	0.4	48.83	0.819	0.573	43.51	3,60	3,48	13.76	14,76
15	5-5		40.5	0.6	38.01	0.816	0.579	42.82	5,74	5,42	19.83	17,57

Tabel 4. 46 Tabel Hasil Analisis RL Seri Generator 4 Kutub (n=konstan)

No	Posisi beban	Putaran (rpm)	$V_g$ (V)	$I_g$ (A)	$Z_L$	$\cos \phi_L$	$\sin \phi_L$	GGL (Volt)	$VR_{Up}$ (%)	$VR_{Down}$ (%)	P (Watt)	$\eta$ (%)
1	1-1	1800	64	0.05	184.25	0.814	0.581	64.19	0,29	0,29	2.61	3,80
2	2-2		61.5	0.55	91.84	0.817	0.577	63.59	3,40	3,29	27.62	35,56
3	3-3		59.5	0.8	69.46	0.864	0.504	62.24	4,61	4,41	41.12	46,15
4	4-4		57	1.1	48.83	0.819	0.573	61.28	7,51	6,98	51.37	54,62
5	5-5		55	1.35	38.01	0.816	0.579	60.36	9,75	8,88	60.55	56,80
6	1-1	1500	48	0.25	184.25	0.814	0.581	48.94	1,97	1,93	9.77	19,24
7	2-2		46.5	0.5	91.84	0.817	0.577	48.41	4,11	3,94	18.99	28,91
8	3-3		45	0.75	69.46	0.864	0.504	47.60	5,78	5,47	29.15	40,83
9	4-4		43.5	1	48.83	0.819	0.573	47.43	9,03	8,28	35.64	41,60
10	5-5		42	1.25	38.01	0.816	0.579	47.03	11,97	10,69	42.81	44,98
11	1-1	1200	41.5	0.15	184.25	0.814	0.581	42.06	1,36	1,34	5.07	19,20
12	2-2		41	0.35	91.84	0.817	0.577	42.33	3,24	3,14	11.72	34,20
13	3-3		39	0.55	69.46	0.864	0.504	40.89	4,85	4,62	18.53	50,34
14	4-4		37.5	0.8	48.83	0.819	0.573	40.63	8,34	7,70	24.58	62,46
15	5-5		36.5	1.1	38.01	0.816	0.579	40.93	12,13	10,82	32.74	69,35



Gambar 4. 31 Karakteristik Luar  $V_g = F(I_g)$ , dari Generator 2 Kutub pada Beban RL Seri

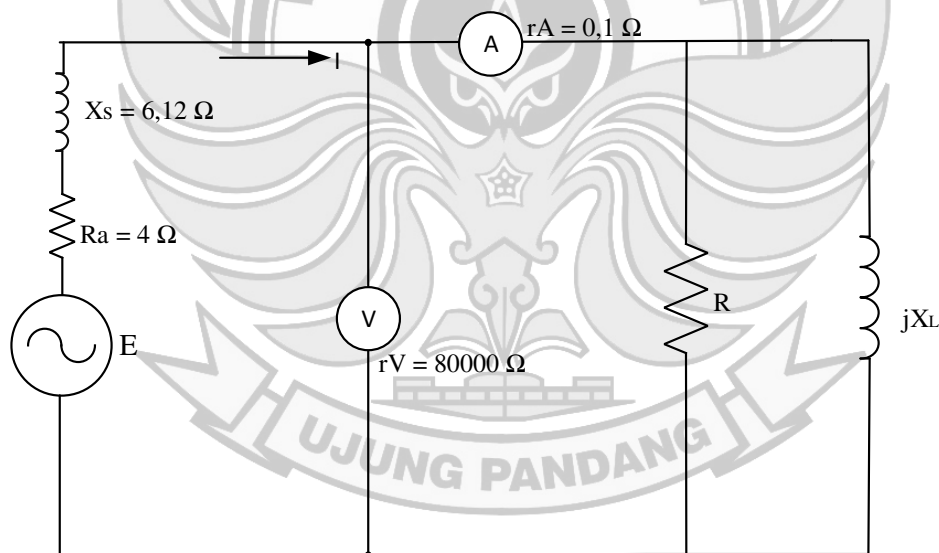


Gambar 4. 32 Karakteristik Luar  $V_g = F(I_g)$ , dari Generator 4 Kutub pada Beban RL Seri

Pada Gambar 4.31 dan Gambar 4.32 menunjukkan karakteristik luar generator pada beban induktif yang menunjukkan nilai arus yang semakin naik sedangkan nilai tegangan semakin turun. Pengaturan beban resistif dan induktif terhadap arus



menunjukkan bahwa ketika beban resistif yang dihubung secara seri dengan beban induktif maka arus yang dihasilkan akan semakin besar, sementara nilai tegangan akan mengalami penurunan. Pada generator 2 kutub tegangan tertinggi ditunjukkan pada nilai 51,5 V dengan arus 0,1 A pada putaran 3000 rpm dengan daya sebesar 4,19 Watt, sementara untuk nilai tegangan terendah ditunjukkan pada nilai 40,5 V dengan arus 0,6 A pada putaran 2800 rpm dengan daya sebesar 19,83. Pada generator 4 kutub nilai tegangan tertinggi ditunjukkan pada nilai 64 V dengan arus 0,05 A pada putaran 1800 rpm dengan daya sebesar 2,61 Watt, sementara nilai tegangan terendah ditunjukkan pada nilai 36,5 v dengan arus 1,1 A pada putaran 1200 rpm dengan daya sebesar 32,74.



Gambar 4. 33 Rangkaian Ekuivalen Percobaan Beban R-L Parallel

a) Generator 2 Kutub

Untuk menganalisis besar GGL (V), daya aktif (watt), regulasi tegangan, dan efisiensi dari hasil pengujian generator pada beban induktif paralel maka digunakan data pada Tabel 4.13

Contoh perhitungan: (diambil data dari Tabel 4.13 Nomor 1)

Dik:  $V_g = 49,5$  Volt

$I_g = 0,2$  A

$n = 3000$  rpm

$R_a = 4 \Omega$

$X_s = 6,12 \Omega$

$Z_s = 7,3 \Omega$

$R = 150 \Omega$

$X_L = 107 \Omega$

$Z_L = 87,11 \Omega$

$\cos \phi_L = 0,814$

$\Delta P_{mek-FL}$  dianggap konstan = 46,68 Watt

$k_t$  dianggap konstan = 2,02 NmA<sup>-2</sup>

- Menghitung nilai GGL (V)

Dalam menghitung nilai GGL maka pada beban induktif digunakan persamaan (2-80).

$$E = \sqrt{(V_g + I_g \cdot R_a \cdot \cos \phi_L + I_g \cdot X_s \cdot \sin \phi_L)^2 + (I_g \cdot X_s \cdot \cos \phi_L - I_g \cdot R_a \cdot \sin \phi_L)^2}$$

$$=$$

$$\sqrt{(49,5 + 0,2 \cdot 4,0,81 + 0,2 \cdot 6,12,0,58)^2 + (0,2 \cdot 6,12,0,81 - 0,2 \cdot 4,0,58)^2}$$

$$= 50,25 \text{ Volt}$$

- Menghitung regulasi tegangan naik ( $VR_{Up}$ )

Dalam menghitung nilai pengaturan tegangan naik pada beban induktif maka digunakan persamaan (2-83).

$$VR_{Up} = \left| \frac{E_0 - V_{FL}}{V_{FL}} \right| \times 100\%$$

$$= \frac{50,25 - 49,5}{49,5} \cdot 100\%$$

$$= 1,52\%$$

- Menghitung regulasi tegangan turun ( $VR_{Down}$ )

Dalam menghitung nilai pengaturan tegangan turun pada beban induktif maka digunakan persamaan (2-85).

$$VR_{Down} = \left| \frac{E_0 - V_{FL}}{E_0} \right| \times 100\%$$

$$= \frac{50,25 - 49,5}{50,25} \cdot 100\%$$

$$= 1,50\%$$

- Menghitung nilai daya generator (watt)

Dalam menghitung daya generator pada beban induktif maka digunakan persamaan (2-88).

$$\begin{aligned}
 P &= VI \cos \phi \\
 &= 49,5 \times 0,2 \times 0,81 \\
 &= 8,06 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

- Menghitung nilai efisiensi ( $\eta$ )

Dalam menghitung nilai efisiensi pada beban induktif maka digunakan persamaan (2-90).

$$\begin{aligned}
 \eta_{\text{sistem}} (\%) &= \frac{P_{\text{out}}}{P_{\text{in}}} 100\% \\
 &= \frac{8,06}{153,22} \cdot 100\% \\
 &= 5,26\%
 \end{aligned}$$

b) Generator 4 Kutub

Untuk menganalisis besar GGL (V), daya aktif (watt) regulasi tegangan, dan efisiensi dari hasil pengujian generator pada beban induktif paralel maka digunakan data pada Tabel 4.29

Contoh perhitungan: (diambil data dari Tabel 4.29 Nomor 1)

Dik:  $V_g = 45 \text{ Volt}$

$$I_g = 0,6 \text{ A}$$

$$n = 1500 \text{ rpm}$$

$$R_a = 4 \Omega$$

$$X_s = 6,12 \Omega$$

$$Z_S = 7,3 \Omega$$

$$R = 150 \Omega$$

$$X_L = 107 \Omega$$

$$Z_L = 87,11 \Omega$$

$$\cos \phi_L = 0,81$$

$\Delta P_{\text{mek-FL}}$  dianggap konstan = 46,68 Watt

$k_t$  dianggap konstan = 2,02 NmA<sup>-2</sup>

- Menghitung nilai GGL (V)

Dalam menghitung nilai GGL maka pada beban induktif digunakan persamaan (2-80).

$$\begin{aligned} E &= \sqrt{(V_g + I_g \cdot R_a \cdot \cos \phi_L + I_g \cdot X_S \cdot \sin \phi_L)^2 + (I_g \cdot X_S \cdot \cos \phi_L - I_g \cdot R_a \cdot \sin \phi_L)^2} \\ &= \\ &= \sqrt{(45 + 0,6 \cdot 4 \cdot 0,81 + 0,6 \cdot 6,12 \cdot 0,58)^2 + (0,6 \cdot 6,12 \cdot 0,81 - 0,6 \cdot 4 \cdot 0,58)^2} \\ &= 48,10 \text{ Volt} \end{aligned}$$

- Menghitung regulasi tegangan naik ( $VR_{Up}$ )

Dalam menghitung nilai pengaturan tegangan naik pada beban induktif maka digunakan persamaan (2-83).

$$\begin{aligned} VR_{Up} &= \left| \frac{E_0 - V_{FL}}{V_{FL}} \right| \times 100\% \\ &= \frac{48,10 - 45}{45} \cdot 100\% \end{aligned}$$

$$= 6,89\%$$

- Menghitung regulasi tegangan turun ( $VR_{Down}$ )

Dalam menghitung nilai pengaturan tegangan turun pada beban induktif maka digunakan persamaan (2-85).

$$\begin{aligned}VR_{Down} &= \left| \frac{E_0 - V_{FL}}{E_0} \right| \times 100\% \\ &= \frac{48,10 - 45}{48,10} \cdot 100\% \\ &= 6,45\%\end{aligned}$$

- Menghitung nilai daya generator (watt)

Dalam menghitung daya generator pada beban induktif maka digunakan persamaan (2-88).

$$\begin{aligned}P &= VI \cos \phi \\ &= 45 \times 0,6 \times 0,81 \\ &= 21,98 \text{ Watt}\end{aligned}$$

- Menghitung nilai efisiensi ( $\eta$ )

Dalam menghitung nilai efisiensi pada beban induktif maka digunakan persamaan (2-90).

$$\begin{aligned}\eta_{\text{sistem}} (\%) &= \frac{P_{out}}{P_{in}} \cdot 100\% \\ &= \frac{21,98}{62,83} \cdot 100\% \\ &= 34,99\%\end{aligned}$$

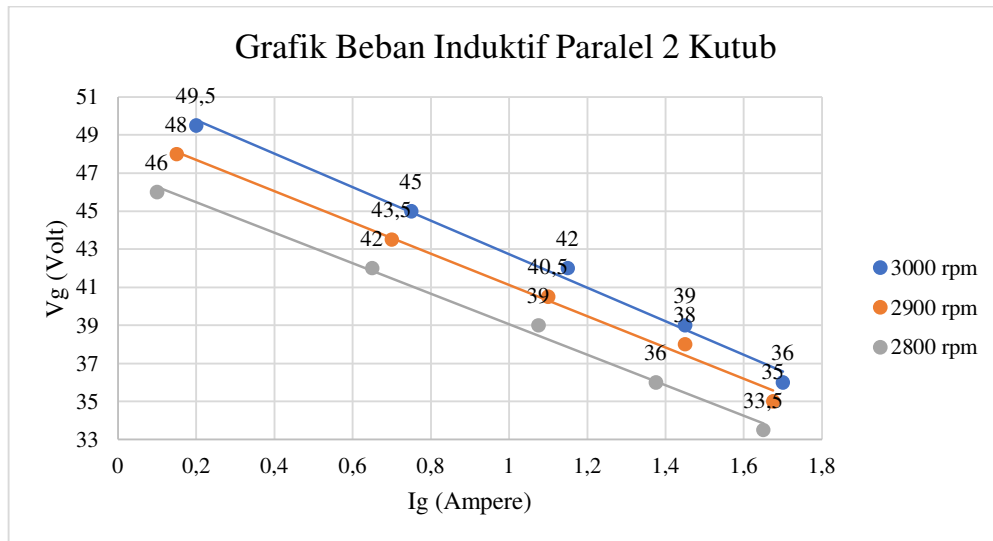
Tabel 4. 47 Tabel Hasil Analisis Beban RL Paralel Generator 2 Kutub (n=konstan)

No	Posisi beban	Putaran (rpm)	V <sub>g</sub> (V)	I <sub>g</sub> (A)	Z <sub>L</sub>	Cos φ <sub>L</sub>	Sin φ <sub>L</sub>	GGL (Volt)	VR <sub>Up</sub> (%)	VR <sub>Down</sub> (%)	P (Watt)	η (%)
1	1-1	3000	49.5	0.2	87.11	0.814	0.581	50.25	1,52	1,50	8.06	5,26
2	2-2		45	0.75	43.28	0.817	0.577	48.90	6,47	6,08	27.57	15,71
3	3-3		42	1.15	30.23	0.864	0.504	48.31	9,84	8,96	41.73	23,78
4	4-4		39	1.45	22.94	0.819	0.573	46.68	15,11	13,12	46.31	26,41
5	5-5		36	1.7	17.94	0.816	0.579	45.04	19,73	16,48	49.94	25,25
6	1-1	2900	48	0.15	87.11	0.814	0.581	48.76	1,17	1,16	5.86	4,11
7	2-2		43.5	0.7	43.28	0.817	0.577	47.13	6,24	5,87	24.88	14,66
8	3-3		40.5	1.1	30.23	0.864	0.504	46.53	9,75	8,89	38.49	22,69
9	4-4		38	1.45	22.94	0.819	0.573	45.69	15,54	13,45	45.13	26,62
10	5-5		35	1.675	17.94	0.816	0.579	43.91	20,02	16,68	47.84	25,02
11	1-1	2800	46	0.1	87.11	0.814	0.581	46.51	0,814	0,807	3.74	2,83
12	2-2		42	0.65	43.28	0.817	0.577	45.37	5,99	5,65	22.30	14,68
13	3-3		39	1.075	30.23	0.864	0.504	44.901	9,91	9,02	36.22	23,84
14	4-4		36	1.375	22.94	0.819	0.573	43.29	15,56	13,46	40.54	26,70
15	5-5		33.5	1.65	17.94	0.816	0.579	42.29	20,66	17,12	45.10	26,29

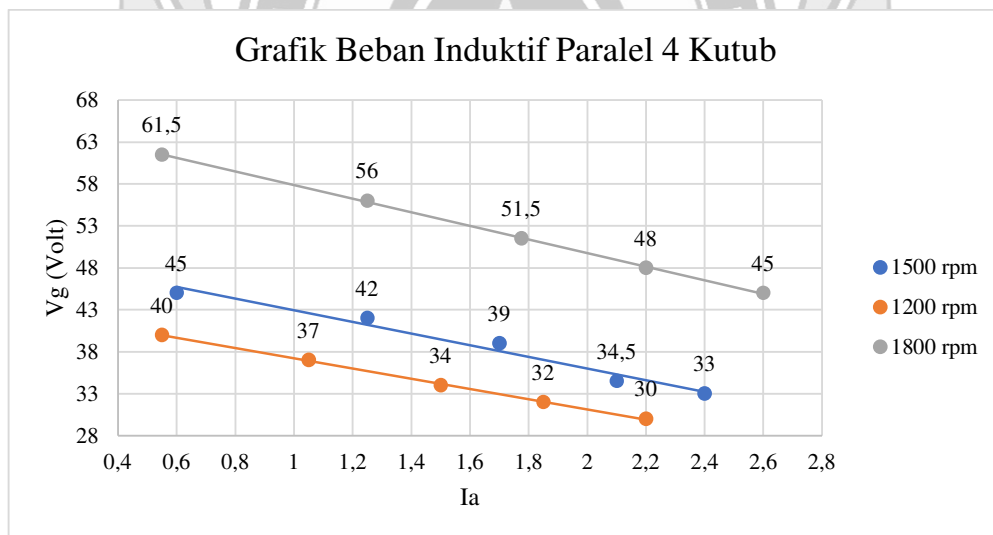
Tabel 4. 48 Tabel Hasil Analisis Beban RL Paralel Generator 4 Kutub (n=konstan)

No	Posisi beban	Putaran (rpm)	V <sub>g</sub> (V)	I <sub>g</sub> (A)	Z <sub>L</sub>	Cos $\phi_L$	Sin $\phi_L$	GGL (Volt)	VR <sub>Up</sub> (%)	VR <sub>Down</sub> (%)	P (Watt)	$\eta$ (%)
1	1-1	1800	61.5	0.55	87.11	0.814	0.581	64.33	4,60	4,40	27.54	29,28
2	2-2		56	1.25	43.28	0.817	0.577	62.53	11,67	10,45	57.17	51,07
3	3-3		51.5	1.775	30.23	0.864	0.504	61.28	18,99	15,96	78.96	64,40
4	4-4		48	2.2	22.94	0.819	0.573	59.74	24,45	19,65	86.51	64,92
5	5-5		45	2.6	17.94	0.816	0.579	58.94	30,97	23,65	95.41	64,25
6	1-1	1500	45	0.6	87.11	0.814	0.581	48.10	6,89	6,45	21.98	34,99
7	2-2		42	1.25	43.28	0.817	0.577	48.57	15,65	13,54	42.87	51,97
8	3-3		39	1.7	30.23	0.864	0.504	48.41	24,13	19,44	57.27	60,16
9	4-4		34.5	2.1	22.94	0.819	0.573	45.81	32,79	24,69	59.35	61,13
10	5-5		33	2.4	17.94	0.816	0.579	45.98	39,32	28,22	64.59	61,13
11	1-1	1200	40	0.55	87.11	0.814	0.581	42.84	7,11	6,64	17.91	63,00
12	2-2		37	1.05	43.28	0.817	0.577	42.52	14,91	12,97	31.73	78,12
13	3-3		34	1.5	30.23	0.864	0.504	42.31	24,43	19,63	44.05	80,34
14	4-4		32	1.85	22.94	0.819	0.573	41.95	31,08	23,71	48.50	81,65
15	5-5		30	2.2	17.94	0.816	0.579	41.90	39,66	28,40	53.82	88,35





Gambar 4. 34 Karakteristik Luar  $V_g=F(I_g)$ , dari Generator 2 Kutub pada Beban RL Paralel

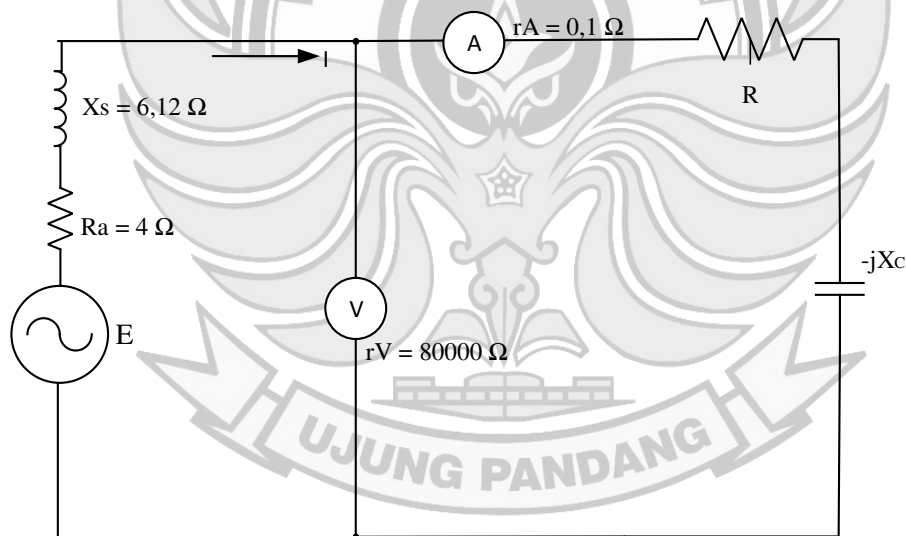


Gambar 4. 35 Karakteristik Luar  $V_g=F(I_g)$ , dari Generator 4 Kutub pada Beban RL Paralel

Pada Gambar 4.34 dan Gambar 4.35 menunjukkan karakteristik luar dari generator beban induktif hubungan paralel. Pengaturan beban resistif dan induktif terhadap arus menunjukkan bahwa ketika beban resistif diparalelkan dengan beban

induktif maka semakin besar arus yang dihasilkan. Sementara nilai dari tegangan juga akan semakin turun. Pada generator 2 kutub tegangan tertinggi ditunjukkan pada nilai 49,5 V dengan arus 0,2 A pada putaran 3000 rpm dengan daya sebesar 8,06 Watt, sementara untuk nilai tegangan terendah ditunjukkan pada nilai 33,5 V dengan arus 1,65 A pada putaran 2800 rpm dengan daya sebesar 45,10. Pada generator 4 kutub nilai tegangan tertinggi ditunjukkan pada nilai 61,5 V dengan arus 0,55 A pada putaran 1800 rpm dengan daya sebesar 27,54 Watt, sementara nilai tegangan terendah ditunjukkan pada nilai 30 v dengan arus 2,2 A pada putaran 1200 rpm dengan daya 53,82 Watt.

#### 4.2.4.4 Perhitungan Beban Kapasitif (RC)



Gambar 4. 36 Rangkaian Percobaan Beban R-C Seri

##### a) Generator 2 Kutub

Untuk menganalisis besar GGL (V), daya aktif (watt), regulasi tegangan, dan efisiensi dari hasil pengujian generator pada beban kapasitif hubungan seri maka digunakan data pada Tabel 4.14

Contoh perhitungan: (diambil data dari Tabel 4.14 Nomor 1)

Dik:  $V_g = 55,5$  Volt

$$I_g = 0,4 \text{ A}$$

$$n = 3000 \text{ rpm}$$

$$R_a = 4 \Omega$$

$$X_s = 6,12 \Omega$$

$$Z_s = 7,3 \Omega$$

$$R = 150 \Omega$$

$$X_c = 138 \Omega$$

$$Z_c = 203,82 \Omega$$

$$\cos \phi_c = 0,73$$

$$\Delta P_{\text{mek-FL}} \text{ dianggap konstan} = 46,68 \text{ Watt}$$

$$k_t \text{ dianggap konstan} = 2,02 \text{ NmA}^{-2}$$

- Menghitung nilai GGL (V)

Dalam menghitung nilai GGL maka pada beban kapasitif digunakan persamaan (2-81).

$$E = \sqrt{(V_g + I_g \cdot R_a \cdot \cos \phi_c + I_g \cdot X_s \cdot \sin \phi_c)^2 + (I_g \cdot X_s \cdot \cos \phi_c - I_g \cdot R_a \cdot \sin \phi_c)^2}$$

=

$$\sqrt{(55,5 + 0,4 \cdot 4 \cdot 0,73 + 0,4 \cdot 6,12 \cdot 0,67)^2 + (0,4 \cdot 6,12 \cdot 0,67 - 0,4 \cdot 4 \cdot 0,67)^2}$$

$$= 57,24 \text{ Volt}$$

- Menghitung regulasi tegangan naik ( $VR_{Up}$ )

Dalam menghitung nilai pengaturan tegangan naik pada beban kapasitif maka digunakan persamaan (2-83).

$$\begin{aligned} VR_{Up} &= \left| \frac{E_0 - V_{FL}}{V_{FL}} \right| \times 100\% \\ &= \frac{57,24 - 55,5}{55,5} \cdot 100\% \\ &= 3,14\% \end{aligned}$$

- Menghitung regulasi tegangan turun ( $VR_{Down}$ )

Dalam menghitung nilai pengaturan tegangan turun pada beban kapasitif maka digunakan persamaan (2-85).

$$\begin{aligned} VR_{Down} &= \left| \frac{E_0 - V_{FL}}{E_0} \right| \times 100\% \\ &= \frac{57,24 - 55,5}{57,24} \cdot 100\% \\ &= 3,04\% \end{aligned}$$

- Menghitung nilai daya generator (Watt)

Dalam menghitung daya generator pada beban kapasitif maka digunakan persamaan (2-88).

$$P = VI \cos \phi$$

$$= 55,5 \times 0,4 \times 0,73$$

$$= 16,34 \text{ Watt}$$

- Menghitung nilai efisiensi ( $\eta$ )

Dalam menghitung nilai efisiensi pada beban kapasitif maka digunakan persamaan (2-90).

$$\begin{aligned}\eta_{\text{sistem}} (\%) &= \frac{P_{\text{out}}}{P_{\text{in}}} \cdot 100\% \\ &= \frac{16,34}{131,01} \cdot 100\% \\ &= 12,47\%\end{aligned}$$

b) Generator 4 Kutub

Untuk menganalisis besar GGL (V), daya aktif (watt), regulasi tegangan, dan efisiensi dari hasil pengujian generator pada beban kapasitif hubungan seri maka digunakan data pada Tabel 4.30.

Contoh perhitungan: (diambil data dari Tabel 4.30 Nomor 1)

Dik:  $V_g = 55,5$  Volt

$I_g = 0,1$  A

$R_a = 4 \Omega$

$X_s = 6,12 \Omega$

$Z_s = 7,3 \Omega$

$R = 150 \Omega$

$X_C = 138 \Omega$

$Z_C = 203,82 \Omega$

$$\cos \phi_c = 0,755$$

$$\Delta P_{\text{mek-FL}} \text{ dianggap konstan} = 46,68 \text{ Watt}$$

$$k_t \text{ dianggap konstan} = 2,02 \text{ NmA}^{-2}$$

- Menghitung nilai GGL (V)

Dalam menghitung nilai GGL pada beban kapasitif maka digunakan persamaan (2-81).

$$\begin{aligned} E &= \sqrt{(V_g + I_g \cdot R_a \cdot \cos \phi_c + I_g \cdot X_s \cdot \sin \phi_c)^2 + (I_g \cdot X_s \cdot \cos \phi_c - I_g \cdot R_a \cdot \sin \phi_c)^2} \\ &= \sqrt{(55,5 + 0,1 \cdot 4 \cdot 0,755 + 0,1 \cdot 6,12 \cdot 0,67)^2 + (0,1 \cdot 6,12 \cdot 0,755 - 0,1 \cdot 4 \cdot 0,67)^2} \\ &= 55,93 \text{ Volt} \end{aligned}$$

- Menghitung regulasi tegangan naik (VR<sub>Up</sub>)

Dalam menghitung nilai pengaturan tegangan naik pada beban kapasitif maka digunakan persamaan (2-83).

$$\begin{aligned} \text{VR}_{\text{Up}} &= \left| \frac{E_0 - V_{FL}}{V_{FL}} \right| \times 100\% \\ &= \frac{55,93 - 55,5}{55,5} \cdot 100\% \\ &= 0,78\% \end{aligned}$$

- Menghitung regulasi tegangan turun (VR<sub>Down</sub>)

Dalam menghitung nilai pengaturan tegangan turun pada beban kapasitif maka digunakan persamaan (2-85).

$$\begin{aligned}
 VR_{\text{Down}} &= \left| \frac{E_0 - V_{FL}}{E_0} \right| \times 100\% \\
 &= \frac{55,93 - 55,5}{55,93} \cdot 100\% \\
 &= 0,77\%
 \end{aligned}$$

- Menghitung nilai daya generator (Watt)

Dalam menghitung daya generator pada beban kapasitif maka digunakan persamaan (2-88).

$$\begin{aligned}
 P &= VI \cos \phi \\
 &= 55,5 \times 0,1 \times 0,73 \\
 &= 4,08 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

- Menghitung nilai efisiensi ( $\eta$ )

Dalam menghitung nilai efisiensi pada beban kapasitif maka digunakan persamaan (2-90).

$$\begin{aligned}
 \eta_{\text{system}} (\%) &= \frac{P_{\text{out}}}{P_{\text{in}}} \cdot 100\% \\
 &= \frac{4,08}{38,08} \cdot 100\% \\
 &= 10,73\%
 \end{aligned}$$

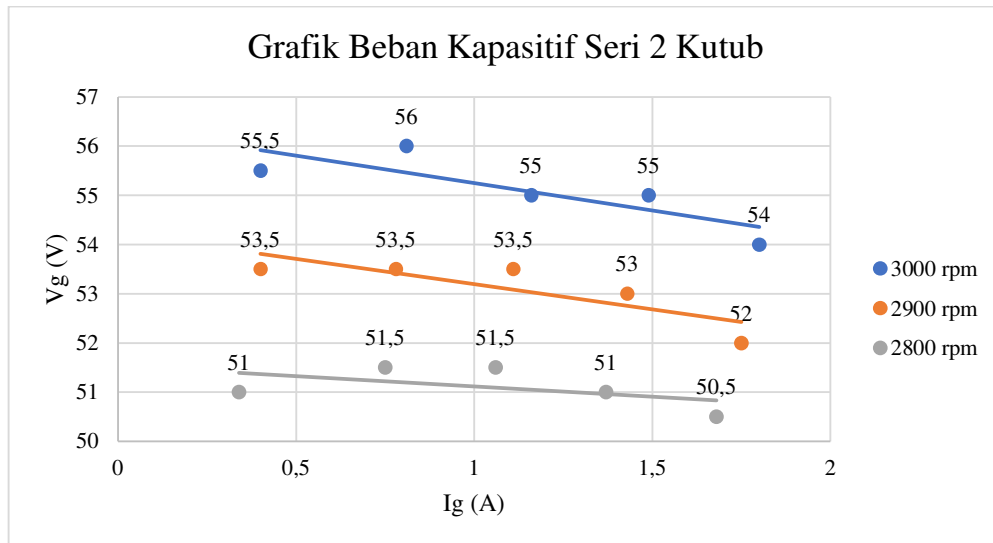
Tabel 4. 49 Tabel Hasil Analisis Beban RC Seri Generator 2 Kutub (n=konstan)

No	Posisi beban	Putaran (rpm)	V <sub>g</sub> (V)	I <sub>g</sub> (A)	Z <sub>c</sub>	cos φ <sub>c</sub>	sin φ <sub>c</sub>	GGL (Volt)	VR <sub>Up</sub> (%)	VR <sub>Down</sub> (%)	P (Watt)	η (%)
1	1-2	3000	55.5	0.4	203.823	-0,736	0,677	57.24	3,14	3,04	16.34	12,47
2	2-4		56	0.81	99.905	-0,751	0,661	59.51	6,26	5,90	34.07	19,42
3	3-6		55	1.16	73.239	-0,819	0,573	59.53	8,24	7,61	52.25	29,79
4	4-8		55	1.49	53.814	-0,743	0,669	61.67	12,13	10,82	60.89	30,81
5	5-10		54	1.8	41.110	-0,754	0,657	62.04	14,88	12,95	73.29	33,34
6	1-2	2900	53.5	0.4	203.823	-0,736	0,677	55.24	3,26	3,16	15.75	12,94
7	2-4		53.5	0.78	99.905	-0,751	0,661	56.88	6,32	5,94	31.34	19,17
8	3-6		53.5	1.11	73.239	-0,819	0,573	57.83	8,09	7,49	48.64	29,76
9	4-8		53	1.43	53.814	-0,743	0,669	59.40	12,08	10,78	56.31	30,55
10	5-10		52	1.75	41.110	-0,754	0,657	59.82	15,03	13,07	68.61	33,44
11	1-2	2800	51	0.34	203.823	-0,736	0,677	52.48	2,90	2,82	12.76	11,81
12	2-4		51.5	0.75	99.905	-0,751	0,661	54.75	6,31	5,93	29.01	22,84
13	3-6		51.5	1.06	73.239	-0,819	0,573	55.63	8,03	7,43	44.71	30,63
14	4-8		51	1.37	53.814	-0,743	0,669	57.13	12,03	10,74	51.91	31,48
15	5-10		50.5	1.68	41.110	-0,754	0,657	58.00	14,85	12,93	63.97	34,79

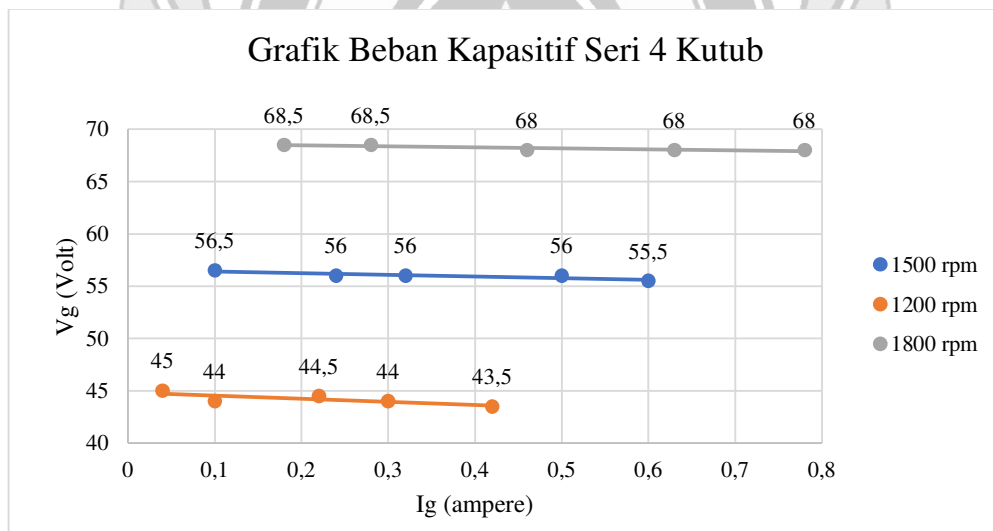


Tabel 4. 50 Tabel Hasil Analisis Beban RC Seri Generator 4 Kutub (n=konstan)

No	Posisi beban	Putaran (rpm)	$V_g$ (V)	$I_g$ (A)	$Z_c$	$\cos \phi_c$	$\sin \phi_c$	GGL (Volt)	$VR_{Up}$ (%)	$VR_{Down}$ (%)	P (Watt)	$\eta$ (%)
1	1-2	1800	68	0.18	203.823	0.736	0.677	68.78	1,14	1,13	9.01	10,95
2	2-4		68	0.28	99.905	0.751	0.661	69.19	1,74	1,71	14.30	16,47
3	3-6		68	0.46	73.239	0.819	0.573	69.72	2,54	2,47	25.62	23,53
4	4-8		68.5	0.63	53.814	0.743	0.669	71.23	3,98	3,83	32.06	25,06
5	5-10		68.5	0.78	41.110	0.754	0.657	71.84	4,87	4,65	40.29	29,07
6	1-2	1500	55.5	0.1	203.823	0.736	0.677	55.93	0,78	0,77	4.08	10,73
7	2-4		56	0.24	99.905	0.751	0.661	57.02	1,82	1,78	10.09	19,76
8	3-6		56	0.32	73.239	0.819	0.573	57.20	2,14	2,09	14.68	26,43
9	4-8		56	0.5	53.814	0.743	0.669	58.16	3,86	3,72	20.80	34,69
10	5-10		56.5	0.6	41.110	0.754	0.657	59.06	4,54	4,34	25.56	32,48
11	1-2	1200	43,5	0.04	203.823	0.736	0.677	43.17	0,40	0,40	1.27	6,39
12	2-4		44	0.1	99.905	0.751	0.661	44.42	0,96	0,95	3.30	13,02
13	3-6		44	0.22	73.239	0.819	0.573	44.82	1,86	1,83	7.93	22,31
14	4-8		44	0.3	53.814	0.743	0.669	45.29	2,94	2,85	9.81	25,76
15	5-10		44.5	0.42	41.110	0.754	0.657	46.29	4,02	3,87	14.09	33,65



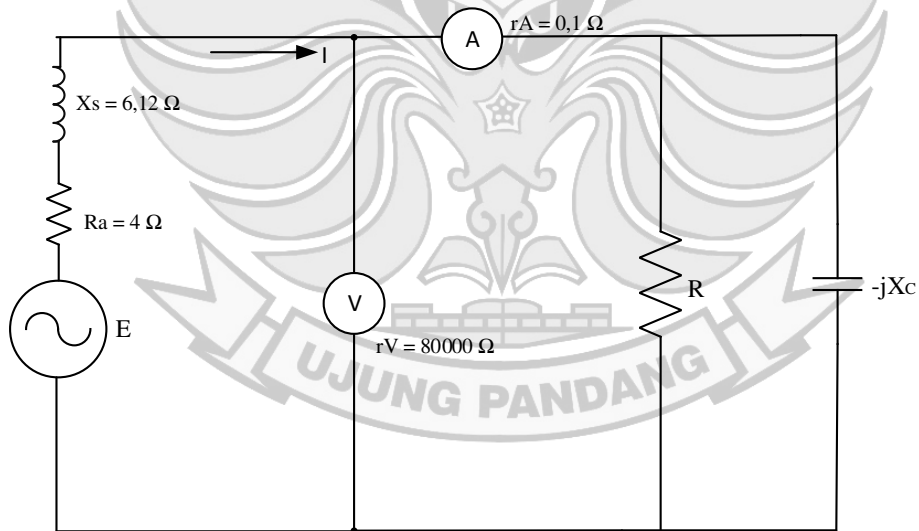
Gambar 4. 37 Karakteristik Luar  $V_g=f(I_g)$ , dari Generator 2 Kutub pada Beban RC Seri



Gambar 4. 38 Karakteristik luar  $V_g=f(I_g)$ , dari Generator 4 Kutub pada Beban RC Seri

Pada Gambar 4.37 dan Gambar 4.38 menunjukkan karakteristik luar generator pada beban kapasitif hubungan seri menunjukkan bahwa ketika beban resistif dan beban kapasitif divariabelkan maka nilai arus semakin naik sedangkan nilai tegangan cenderung konstan. Pengaturan beban resistif dan kapasitif terhadap arus

menunjukkan bahwa ketika beban resistif diserikan dengan beban kapasitif maka semakin besar arus yang dihasilkan. Hal ini berbeda terjadi pada tegangan ketika beban resistif dan kapasitif diserikan maka nilai tegangan yang dihasilkan cenderung menuju ke nilai konstan. Pada generator 2 kutub tegangan tertinggi ditunjukkan pada nilai 56 V dengan arus 0,81 A pada putaran 3000 rpm dengan daya 16,34 Watt, sementara untuk nilai tegangan terendah ditunjukkan pada nilai 50,5 V dengan arus 1,68 A pada putaran 2800 rpm dengan daya 63,97 Watt. Pada generator 4 kutub nilai tegangan tertinggi ditunjukkan pada nilai 68,5 V dengan arus 0,78 A pada putaran 1800 rpm dengan daya 9,01 Watt, sementara nilai tegangan terendah ditunjukkan pada nilai 43,5 v dengan arus 0,04 A pada putaran 1200 rpm dengan daya sebesar 14,09 Watt.



Gambar 4. 39 Rangkaian Ekuivalen Beban R-C Paralel

a) Generator 2 Kutub

Untuk menganalisis besar GGL (V), daya aktif (watt), regulasi tegangan, dan efisiensi dari hasil pengujian generator pada beban kapasitif paralel maka digunakan data pada Tabel 4.15

Contoh perhitungan: (diambil data dari Tabel 4.15 Nomor 1)

Dik:  $V_g = 64$  Volt

$I_g = 1$  A

$R_a = 4 \Omega$

$X_s = 6,12 \Omega$

$Z_s = 7,3 \Omega$

$R = 150 \Omega$

$X_c = 138 \Omega$

$Z_c = 101,55 \Omega$

$\cos\phi_c = 0,677$

$\Delta P_{mek-FL}$  dianggap konstan = 46,68 Watt

$k_t$  dianggap konstan = 2,02 NmA<sup>-2</sup>

- Menghitung nilai GGL (V)

Dalam menghitung nilai GGL pada beban kapasitif maka digunakan persamaan (2-81).

$$E = \sqrt{(V_g + I_g \cdot R_a \cdot \cos\phi_c + I_g \cdot X_s \cdot \sin\phi_c)^2 + (I_g \cdot X_s \cdot \cos\phi_c - I_g \cdot R_a \cdot \sin\phi_c)^2}$$

$$= \sqrt{(64 + 1.4 \cdot 0,67 + 1.6,12 \cdot 0,73)^2 + (1.6,12 \cdot 0,67 - 1.4 \cdot 0,73)^2}$$

$$= 68,76 \text{ Volt}$$

- Menghitung regulasi tegangan naik ( $VR_{Up}$ )

Dalam menghitung nilai pengaturan tegangan naik pada beban kapasitif maka digunakan persamaan (2-83).

$$VR_{Up} = \left| \frac{E_0 - V_{FL}}{V_{FL}} \right| \times 100\%$$

$$= \frac{68,76 - 64}{64} \cdot 100\%$$

$$= 7,43\%$$

- Menghitung regulasi tegangan turun ( $VR_{Down}$ )

Dalam menghitung nilai pengaturan tegangan turun pada beban kapasitif maka digunakan persamaan (2-85).

$$VR_{Down} = \left| \frac{E_0 - V_{FL}}{E_0} \right| \times 100\%$$

$$= \frac{68,76 - 64}{68,76} \cdot 100\%$$

$$= 6,92\%$$

- Menghitung nilai daya generator (Watt)

Dalam menghitung daya generator pada beban kapasitif maka digunakan persamaan (2-88).

$$P = VI \cos \phi$$

$$= 64 \times 1 \times 0,677$$

$$= 43,33 \text{ Watt}$$

- Menghitung nilai efisiensi ( $\eta$ )

Dalam menghitung nilai efisiensi pada beban kapasitif maka digunakan persamaan (2-90).

$$\begin{aligned}\eta_{sistem} (\%) &= \frac{P_{out}}{P_{inp}} \cdot 100\% \\ &= \frac{43,33}{202,78} \cdot 100\% \\ &= 21,37\%\end{aligned}$$

b) Generator 4 Kutub

Untuk menganalisis besar GGL (V), daya aktif (watt), regulasi tegangan, dan efisiensi dari hasil pengujian generator pada beban kapasitif hubungan paralel maka digunakan data pada Tabel 4.31

Contoh perhitungan: (diambil data dari Tabel 4.31 Nomor 1)

Dik:  $V_g = 56,5 \text{ Volt}$

$$I_g = 0,55 \text{ A}$$

$$n = 1500 \text{ rpm}$$

$$R_a = 4 \Omega$$

$$X_s = 6,12 \Omega$$

$$Z_s = 7,3 \Omega$$

$$R = 150 \Omega$$

$$X_C = 138 \Omega$$

$$Z_C = 101,55 \Omega$$

$$\cos \phi_c = 0,677$$

$\Delta P_{mek-FL}$  dianggap konstan = 46,68 Watt

$k_t$  dianggap konstan = 2,02 NmA<sup>-2</sup>

- Menghitung nilai GGL (V)

Dalam menghitung nilai GGL pada beban kapasitif maka digunakan persamaan (2-81).

$$\begin{aligned}
 E &= \sqrt{(V_g + I_g \cdot R_a \cdot \cos \phi_c + I_g \cdot X_s \cdot \sin \phi_c)^2 + (I_g \cdot X_s \cdot \cos \phi_c - I_g \cdot R_a \cdot \sin \phi_c)^2} \\
 &= \\
 &= \sqrt{(56,5 + 0,55 \cdot 4 \cdot 0,67 + 0,55 \cdot 6,12 \cdot 0,73)^2 + (0,55 \cdot 6,12 \cdot 0,67 - 0,55 \cdot 4 \cdot 0,73)^2} \\
 &= 59,09 \text{ Volt}
 \end{aligned}$$

- Menghitung regulasi tegangan naik (VR<sub>Up</sub>)

Dalam menghitung nilai pengaturan tegangan naik pada beban kapasitif maka digunakan persamaan (2-83).

$$\begin{aligned}
 VR_{Up} &= \left| \frac{E_0 - V_{FL}}{V_{FL}} \right| \times 100\% \\
 &= \frac{59,09 - 56,5}{56,5} \cdot 100\% \\
 &= 4,59\%
 \end{aligned}$$

- Menghitung regulasi tegangan turun (VR<sub>Down</sub>)

Dalam menghitung nilai pengaturan tegangan turun pada beban kapasitif maka digunakan persamaan (2-85).

$$\begin{aligned}VR_{\text{Down}} &= \left| \frac{E_0 - V_{FL}}{E_0} \right| \times 100\% \\ &= \frac{59,09 - 56,5}{59,09} \cdot 100\% \\ &= 4,39\%\end{aligned}$$

- Menghitung nilai daya generator (Watt)

Dalam menghitung daya generator pada beban kapasitif maka digunakan persamaan (2-88).

$$\begin{aligned}P &= VI \cos \phi \\ &= 56,5 \times 0,55 \times 0,677 \\ &= 21,04 \text{ Watt}\end{aligned}$$

- Menghitung nilai efisiensi ( $\eta$ )

Dalam menghitung nilai efisiensi pada beban kapasitif maka digunakan persamaan (2-90).

$$\begin{aligned}\eta_{\text{system}} (\%) &= \frac{P_{\text{out}}}{P_{\text{in}}} \cdot 100\% \\ &= \frac{21,04}{51,09} \cdot 100\% \\ &= 41,18\%\end{aligned}$$

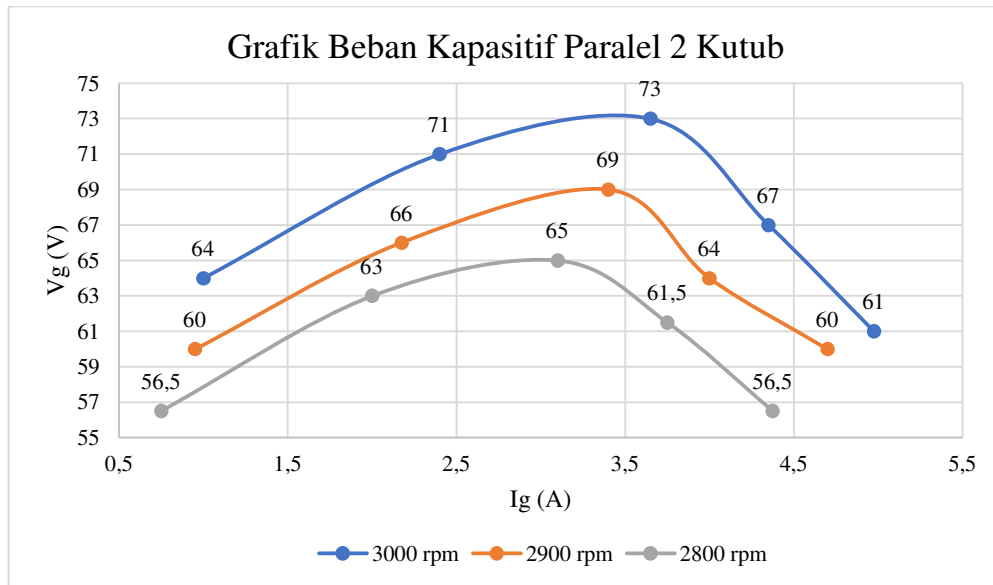


Tabel 4. 51 Tabel Hasil Analisis Beban RC Paralel Generator 2 Kutub (n=konstan)

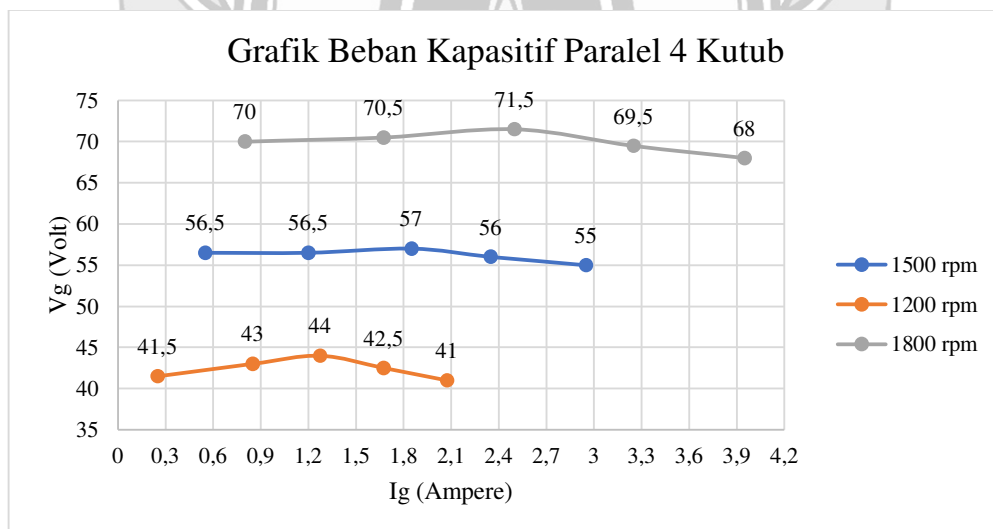
No	Posisi beban	Putaran (rpm)	V <sub>g</sub> (V)	I <sub>g</sub> (A)	Z <sub>c</sub>	cos φ <sub>c</sub>	sin φ <sub>c</sub>	GGL (Volt)	P (Watt)	VR <sub>Up</sub> (%)	VR <sub>Down</sub> (%)	P (Watt)	η (%)
1	1-2	3000	64	1	101.558	0.677	0.736	68.76	43.33	7,43	6,92	43.33	21,37
2	2-4		71	2.4	49.547	0.661	0.751	82.88	112.63	16,73	14,33	112.63	38,29
3	3-6		73	3.65	34.408	0.573	0.819	92.52	152.68	26,74	21,10	152.68	39,60
4	4-8		67	4.35	26.759	0.669	0.743	89.03	194.98	32,88	24,75	194.98	44,69
5	5-10		61	4.975	20.360	0.657	0.754	86.77	199.38	42,25	29,70	199.38	42,66
6	1-2	2900	60	0.95	101.558	0.677	0.736	64.52	38.59	7,53	7,00	38.59	22,76
7	2-4		66	2.175	49.547	0.661	0.751	76.75	94.89	16,29	14,01	94.89	40,55
8	3-6		69	3.4	34.408	0.573	0.819	87.18	134.43	26,34	20,85	134.43	39,38
9	4-8		64	4	26.759	0.669	0.743	84.22	171.26	31,59	24,00	171.26	44,57
10	5-10		60	4.7	20.360	0.657	0.754	84.29	185.27	40,49	28,82	185.27	48,21
11	1-2	2800	56,5	0.75	101.558	0.677	0.736	60.05	28.69	6,29	5,92	28.69	18,18
12	2-4		63	2	49.547	0.661	0.751	72.87	83.29	15,67	13,55	83.29	40,40
13	3-6		65	3.1	34.408	0.573	0.819	81.55	115.46	25,47	20,30	115.46	41,44
14	4-8		61,5	3.75	26.759	0.669	0.743	80.43	154.29	30,77	23,53	154.29	45,51
15	5-10		56,5	4.375	20.360	0.657	0.754	79.10	162.40	39,99	28,57	162.40	45,21

Tabel 4. 52 Tabel Hasil Analisis Beban RC Paralel Generator 4 Kutub (n=konstan)

No	Posisi beban	Putaran (rpm)	V <sub>g</sub> (V)	I <sub>g</sub> (A)	Z <sub>c</sub>	cos φ <sub>c</sub>	sin φ <sub>c</sub>	GGL (Volt)	P (Watt)	VR <sub>Up</sub> (%)	VR <sub>Down</sub> (%)	P (Watt)	η (%)
1	1-2	1800	70	0.8	101.558	0.677	0.736	73.78	37.91	5,40	5,12	37.91	38,30
2	2-4		70.5	1.675	49.547	0.661	0.751	78.69	78.06	11,62	10,41	78.06	61,01
3	3-6		71.5	2.5	34.408	0.573	0.819	84.73	102.42	18,50	15,61	102.42	57,85
4	4-8		69.5	3.25	26.759	0.669	0.743	85.68	151.11	23,28	18,88	151.11	67,04
5	5-10		68	3.95	20.360	0.657	0.754	88.08	176.47	29,53	22,80	176.47	68,97
6	1-2	1500	56.5	0.55	101.558	0.677	0.736	59.09	21.04	4,59	4,39	21.04	41,18
7	2-4		56.5	1.2	49.547	0.661	0.751	62.35	44.82	10,35	9,38	44.82	58,85
8	3-6		57	1.85	34.408	0.573	0.819	66.77	60.42	17,14	14,63	60.42	62,23
9	4-8		56	2.35	26.759	0.669	0.743	67.64	88.04	20,78	17,21	88.04	69,37
10	5-10		55	2.95	20.360	0.657	0.754	69.94	106.60	27,16	21,36	106.60	71,03
11	1-2	1200	41.5	0.25	101.558	0.677	0.736	42.67	7.02	2,82	2,75	7.02	19,08
12	2-4		43	0.85	49.547	0.661	0.751	47.14	24.16	9,62	8,77	24.16	59,49
13	3-6		44	1.275	34.408	0.573	0.819	50.72	32.15	15,26	13,24	32.15	57,04
14	4-8		42.5	1.675	26.759	0.669	0.743	50.77	47.62	19,46	16,29	47.62	74,45
15	5-10		41	2.075	20.360	0.657	0.754	51.48	55.89	25,56	20,35	55.89	68,38



Gambar 4. 40 Karakteristik Luar  $V_g=f(I_g)$ , dari Generator 2 Kutub Pada Beban RC Paralel

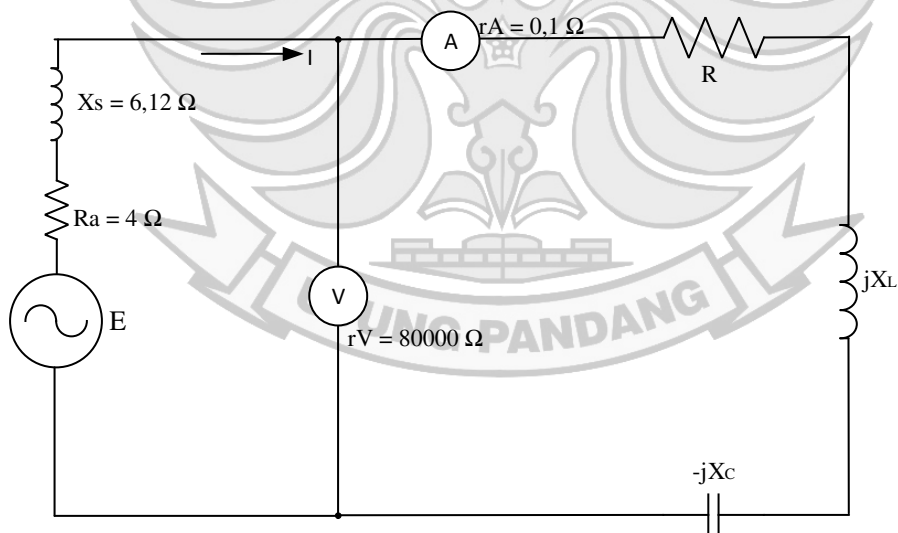


Gambar 4. 41 Karakteristik Luar  $V_g=f(I_g)$ , dari Generator 4 Kutub pada Beban RC Paralel

Pada Gambar 4.40 dan Gambar 4.41 menunjukkan karakteristik luar generator pada beban kapasitif hubungan paralel, pada grafik beban kapasitif ketika beban resistif dan beban kapasitif divariabelkan maka nilai arus semakin naik sedangkan

nilai tegangan berfluktuasi. Pengaturan beban resistif dan kapasitif terhadap arus menunjukkan bahwa ketika beban resistif diparalelkan dengan beban kapasitif semakin besar arus yang dihasilkan sementara tegangan berfluktuasi akibat nilai beban yang berbeda. Pada generator 2 kutub tegangan tertinggi ditunjukkan pada nilai 73 V dengan arus 3,65 A pada putaran 3000 rpm dengan daya sebesar 152,68 Watt, sementara untuk nilai tegangan terendah ditunjukkan pada nilai 56,5 V dengan arus 4,37 A pada putaran 2800 rpm dengan daya sebesar 162,4 Watt. Pada generator 4 kutub nilai tegangan tertinggi ditunjukkan pada nilai 71,5 V dengan arus 2,5 A pada putaran 1800 rpm dengan daya 102,42 Watt, sementara nilai tegangan terendah ditunjukkan pada nilai 41 V dengan arus 2,07 A pada putaran 1200 rpm dengan daya sebesar 55,89 Watt.

#### 4.2.4.5 Perhitungan Kombinasi Beban Resistif-Induktif-Kapasitif (RLC)



Gambar 4. 42 Rangkaian Ekuivalen Beban RLC Seri

a) Generator 2 Kutub

Untuk menganalisis besar GGL (V), daya aktif (watt), regulasi tegangan, dan efisiensi dari hasil pengujian generator pada kombinasi beban RLC hubungan seri maka digunakan data pada Tabel 4.16

Contoh perhitungan: (diambil data dari Tabel 4.16 Nomor 1)

Dik:  $V_g = 51 \text{ Volt}$

$I_g = 0,1 \text{ A}$

$n = 3000 \text{ rpm}$

$R_a = 4 \Omega$

$X_s = 6,12 \Omega$

$Z_s = 7,3 \Omega$

$R = 150 \Omega$

$X_L = 107 \Omega$

$X_C = 138 \Omega$

$Z = 153,17 \Omega$

$\cos \phi = 0,979$

$\sin \phi = -0,202 \text{ (Leading)}$

$\Delta P_{\text{mek-FL}}$  dianggap konstan = 46,68 Watt

$k_t$  dianggap konstan =  $2,02 \text{ NmA}^{-2}$



- Menghitung nilai GGL (V)

Dalam menghitung nilai GGL pada kombinasi beban RLC maka digunakan persamaan (2-82).

$$E = \sqrt{(V_g + I_g \cdot R_a \cdot \cos \phi + I_g \cdot X_S \cdot \sin \phi)^2 + (I_g \cdot X_S \cdot \cos \phi - I_g \cdot R_a \cdot \sin \phi)^2}$$

$$=$$

$$\sqrt{(51 + 0,1 \cdot 4 \cdot 0,979 + 0,1 \cdot 6,12 \cdot 0,202)^2 + (0,1 \cdot 6,12 \cdot 0,979 - 0,1 \cdot 4 \cdot 0,202)^2}$$

$$= 51,11 \text{ Volt}$$

- Menghitung regulasi tegangan naik (VR<sub>Up</sub>)

Dalam menghitung nilai pengaturan tegangan naik pada kombinasi beban RLC maka digunakan persamaan (2-83).

$$VR_{Up} = \left| \frac{E_0 - V_{FL}}{V_{FL}} \right| \times 100\%$$

$$= \frac{51,11 - 51}{51} \cdot 100\%$$

$$= 0,211\%$$

- Menghitung regulasi tegangan turun (VR<sub>Down</sub>)

Dalam menghitung nilai pengaturan tegangan turun pada kombinasi beban RLC maka digunakan persamaan (2-85).

$$VR_{Down} = \left| \frac{E_0 - V_{FL}}{E_0} \right| \times 100\%$$

$$= \frac{51,11 - 51}{51,11} \cdot 100\%$$

$$= 0,210\%$$

- Menghitung nilai daya generator (Watt)

Dalam menghitung daya generator pada kombinasi beban RLC maka digunakan persamaan (2-88).

$$\begin{aligned}
 P &= VI \cos \phi \\
 &= 51 \times 0,1 \times 0,979 \\
 &= 4,99 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

- Menghitung nilai efisiensi ( $\eta$ )

Dalam menghitung nilai efisiensi pada kombinasi beban RLC maka digunakan persamaan (2-90).

$$\begin{aligned}
 \eta_{\text{system}} (\%) &= \frac{P_{\text{out}}}{P_{\text{in}}} \cdot 100\% \\
 &= \frac{4,99}{136,09} \cdot 100\% \\
 &= 3,67\%
 \end{aligned}$$

b) Generator 4 Kutub

Untuk menganalisis besar GGL (V), daya aktif (watt), regulasi tegangan, dan efisiensi dari hasil pengujian generator pada kombinasi beban RLC hubungan seri maka digunakan data pada Tabel 4.32

Contoh perhitungan: (diambil data dari Tabel 4.32 Nomor 1)

Dik:  $V_g = 49,5 \text{ Volt}$

$I_g = 0,25 \text{ A}$

$n = 1500 \text{ rpm}$

$$R_a = 4 \Omega$$

$$X_s = 6,12 \Omega$$

$$Z_s = 7,3 \Omega$$

$$R = 150 \Omega$$

$$X_L = 107 \Omega$$

$$X_C = 138 \Omega$$

$$Z = 153,17 \Omega$$

$$\cos \phi = 0,979$$

$$\sin \phi = -0,202 \text{ (Leading)}$$

$$\Delta P_{\text{mek-FL}} \text{ dianggap konstan} = 46,68 \text{ Watt}$$

$$k_t \text{ dianggap konstan} = 2,02 \text{ NmA}^{-2}$$

- Menghitung nilai GGL (V)

Dalam menghitung nilai GGL pada kombinasi beban RLC maka digunakan persamaan (2-82).

$$\begin{aligned} E &= \sqrt{(V_g + I_g \cdot R_a \cdot \cos \phi + I_g \cdot X_s \cdot \sin \phi)^2 + (I_g \cdot X_s \cdot \cos \phi - I_g \cdot R_a \cdot \sin \phi)^2} \\ &= \\ &= \sqrt{(49,5 + 0,25 \cdot 4 \cdot 0,979 + 0,25 \cdot 6,12 \cdot 0,202)^2 + (0,25 \cdot 6,12 \cdot 0,97 - 0,25 \cdot 4 \cdot 0,202)^2} \\ &= 51,89 \text{ Volt} \end{aligned}$$

- Menghitung regulasi tegangan naik ( $VR_{Up}$ )



Dalam menghitung nilai pengaturan tegangan naik pada kombinasi beban RLC maka digunakan persamaan (2-83).

$$\begin{aligned}VR_{Up} &= \left| \frac{E_0 - V_{FL}}{V_{FL}} \right| \times 100\% \\ &= \frac{51,89 - 49,5}{49,5} \cdot 100\% \\ &= 4,83\%\end{aligned}$$

- Menghitung regulasi tegangan turun ( $VR_{Down}$ )

Dalam menghitung nilai pengaturan tegangan turun pada kombinasi beban RLC maka digunakan persamaan (2-85).

$$\begin{aligned}VR_{Down} &= \left| \frac{E_0 - V_{FL}}{E_0} \right| \times 100\% \\ &= \frac{51,89 - 49,5}{51,89} \cdot 100\% \\ &= 4,61\%\end{aligned}$$

- Menghitung nilai daya generator (Watt)

Dalam menghitung daya generator pada kombinasi beban RLC maka digunakan persamaan (2-88).

$$\begin{aligned}P &= VI \cos \phi \\ &= 49,5 \times 0,25 \times 0,979 \\ &= 12,12 \text{ Watt}\end{aligned}$$

- Menghitung nilai efisiensi ( $\eta$ )

Dalam menghitung nilai efisiensi pada kombinasi beban RLC maka digunakan persamaan (2-90).

$$\begin{aligned}\eta_{\text{sistem}} (\%) &= \frac{P_{\text{out}}}{P_{\text{in}}} \cdot 100\% \\ &= \frac{12,12}{66,63} \cdot 100\% \\ &= 18,18 \%\end{aligned}$$

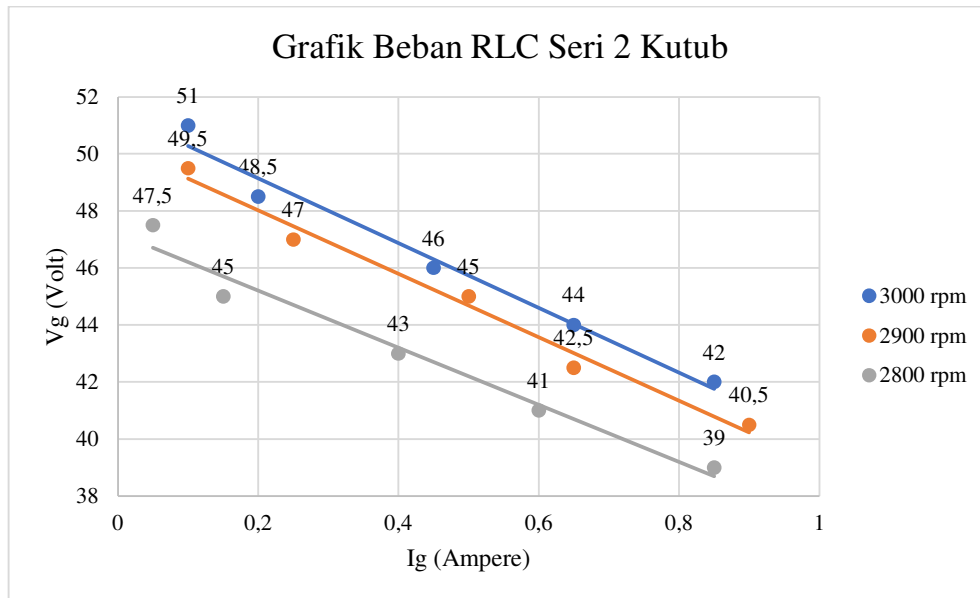


Tabel 4. 53 Tabel Hasil Analisis Beban RLC Seri Generator 2 Kutub (n=konstan)

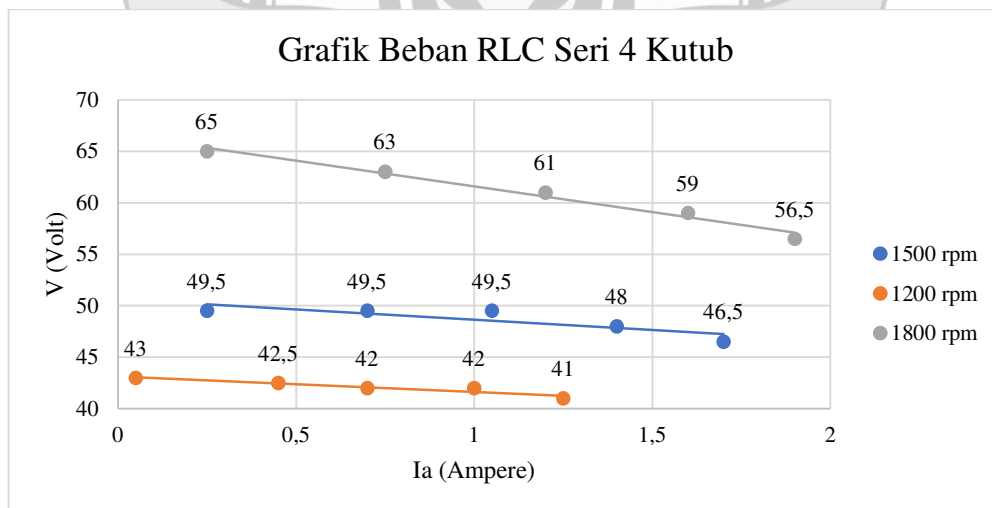
No	Posisi beban	Putaran (rpm)	V <sub>g</sub> (V)	I <sub>g</sub> (A)	Z (Ω)	cos φ	sin φ	GGL (Volt)	VR <sub>Up</sub> (%)	VR <sub>Down</sub> (%)	P (Watt)	η (%)
1	1-1-2	3000	51	0.1	153.170	0,979	-0,202	51,11	0,211	0,210	4,99	3,67
2	2-2-4		48.5	0.2	76.118	0,985	-0,171	48,68	0,38	0,38	9,55	7,02
3	3-3-6		46	0.45	60.407	0,993	-0,116	46,31	0,67	0,67	20,56	15,10
4	4-4-8		44	0.65	40.792	0,981	-0,196	44,82	1,86	1,83	28,06	20,62
5	5-5-10		42	0.85	31.401	0,987	-0,159	42,96	2,30	2,24	35,24	24,26
6	1-1-2	2900	49.5	0.1	153.170	0,979	-0,202	49,61	0,22	0,22	4,85	4,61
7	2-2-4		47	0.25	76.118	0,985	-0,171	47,24	0,50	0,50	11,57	9,14
8	3-3-6		45	0.5	60.407	0,993	-0,116	45,36	0,79	0,79	22,34	17,64
9	4-4-8		42.5	0.65	40.792	0,981	-0,196	43,33	1,94	1,91	27,10	21,40
10	5-5-10		40.5	0.9	31.401	0,987	-0,159	41,55	2,60	2,53	35,98	24,29
11	1-1-2	2800	47.5	0.05	153.170	0,979	-0,202	47,55	0,11	0,11	2,33	2,49
12	2-2-4		45	0.15	76.118	0,985	-0,171	45,14	0,30	0,30	6,65	6,33
13	3-3-6		43	0.4	60.407	0,993	-0,116	43,27	0,63	0,63	17,08	15,14
14	4-4-8		41	0.6	40.792	0,981	-0,196	41,76	1,84	1,81	24,13	21,39
15	5-5-10		39	0.85	31.401	0,987	-0,159	39,99	2,53	2,47	32,72	29,01

Tabel 4. 54 Tabel Hasil Analisis Beban RLC Seri Generator 4 Kutub (n=konstan)

No	Posisi beban	Putaran (rpm)	V <sub>g</sub> (V)	I <sub>g</sub> (A)	Z	cos $\phi$	sin $\phi$	GGL (Volt)	VR <sub>Up</sub> (%)	VR <sub>Down</sub> (%)	P (Watt)	$\eta$ (%)
1	1-1-2	1800	65	0.25	153.170	0,979	-0,202	66,25	1,93	1,89	15,91	19,34
2	2-2-4		63	0.75	76.118	0,985	-0,171	65,12	3,37	3,26	46,54	50,93
3	3-3-6		61	1.2	60.407	0,993	-0,116	64,31	5,42	5,15	72,69	61,98
4	4-4-8		59	1.6	40.792	0,981	-0,196	69,25	17,38	14,81	92,61	66,82
5	5-5-10		56.5	1.9	31.401	0,987	-0,159	60,96	7,89	7,31	105,95	73,62
6	1-1-2	1500	49.5	0.25	153.170	0,979	-0,202	49,88	0,77	0,76	27,98	18,18
7	2-2-4		49.5	0.7	76.118	0,985	-0,171	50,54	2,11	2,07	53,40	39,11
8	3-3-6		49.5	1.05	60.407	0,993	-0,116	50,85	2,73	2,66	69,38	52,81
9	4-4-8		48	1.4	40.792	0,981	-0,196	50,65	5,51	5,23	69,62	55,85
10	5-5-10		46.5	1.7	31.401	0,987	-0,159	49,55	6,57	6,16	72,06	59,28
11	1-1-2	1200	43	0.05	153.170	0,979	-0,202	43,25	0,58	0,57	2,10	8,29
12	2-2-4		42.5	0.45	76.118	0,985	-0,171	43,76	2,97	2,89	18,84	63,98
13	3-3-6		42	0.7	60.407	0,993	-0,116	43,90	4,51	4,32	29,19	71,88
14	4-4-8		42	1	40.792	0,981	-0,196	48,37	15,16	13,16	41,20	90,17
15	5-5-10		41	1.25	31.401	0,987	-0,159	43,87	7,00	6,55	50,58	97,92



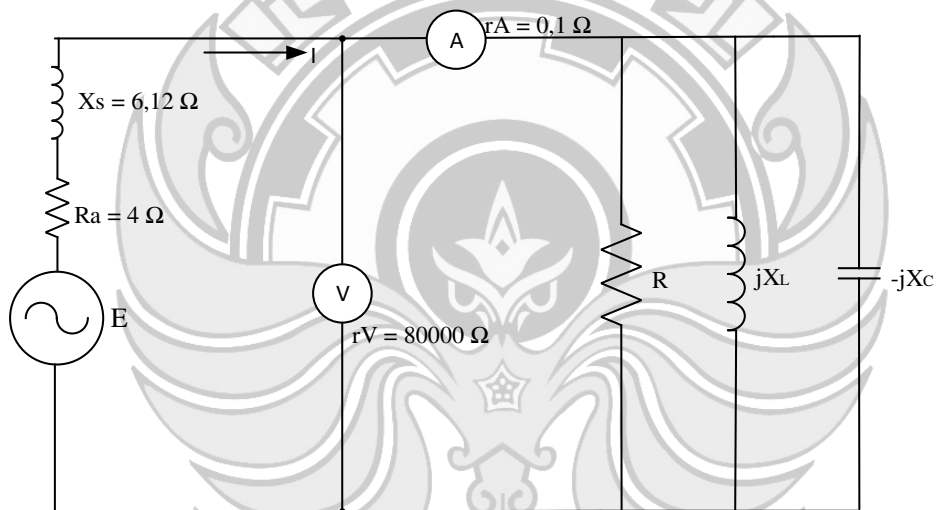
Gambar 4. 43 Karakteristik Luar  $V_g = F(I_g)$ , dari Generator 2 Kutub pada Beban RLC Seri



Gambar 4. 44 Karakteristik Luar  $V_g = F(I_g)$ , dari Generator 4 Kutub pada Beban RLC Seri

Pada Gambar 4.43 dan 4.44 mengenai karakteristik luar generator pada kombinasi beban RLC hubungan seri. Ketika beban resistif, beban induktif serta beban kapasitif yang dihubungkan secara seri maka nilai arus mengalami kenaikan,

sementara nilai tegangan mengalami penurunan akibat perbedaan nilai dari impedansi beban. Pada generator 2 kutub tegangan tertinggi ditunjukkan pada nilai 51 V dengan arus 0,1 A pada putaran 3000 rpm, sementara untuk nilai tegangan terendah ditunjukkan pada nilai 39 V dengan arus 0,85 A pada putaran 2800 rpm. Pada generator 4 kutub nilai tegangan tertinggi ditunjukkan pada nilai 65 V dengan arus 0,25 A pada putaran 1800 rpm, sementara nilai tegangan terendah ditunjukkan pada nilai 41 V dengan arus 1,25 A pada putaran 1200 rpm.



Gambar 4. 45 Rangkaian Ekuivalen Beban RLC Paralel

a) Generator 2 Kutub

Untuk menganalisis besar GGL (V), daya aktif (watt), regulasi tegangan, dan efisiensi dari hasil pengujian generator pada kombinasi beban RLC hubungan paralel maka digunakan data pada Tabel 4.17

Contoh perhitungan: (diambil data dari Tabel 4.17 Nomor 1)

Dik:  $V_g = 59 \text{ Volt}$

$I_g = 0,6 \text{ A}$

$$n = 3000 \text{ rpm}$$

$$R_a = 4 \Omega$$

$$X_S = 6,12 \Omega$$

$$Z_S = 7,3 \Omega$$

$$R = 150 \Omega$$

$$X_L = 107 \Omega$$

$$X_C = 138 \Omega$$

$$Z = 143,07 \Omega$$

$$\cos \phi = 0,999$$

$$\sin \phi = 0,315$$

$$\Delta P_{\text{mek-FL}} \text{ dianggap konstan} = 46,68 \text{ Watt}$$

$$k_t \text{ dianggap konstan} = 2,02 \text{ NmA}^{-2}$$

- Menghitung nilai GGL (V)

Dalam menghitung nilai GGL pada kombinasi beban RLC maka digunakan persamaan (2-82).

$$E = \sqrt{(V_g + I_g \cdot R_a \cdot \cos \phi + I_g \cdot X_S \cdot \sin \phi)^2 + (I_g \cdot X_S \cdot \cos \phi - I_g \cdot R_a \cdot \sin \phi)^2}$$

=

$$\sqrt{(59 + 0,6 \cdot 4 \cdot 0,999 + 0,6 \cdot 6,12 \cdot 0,315)^2 + (0,6 \cdot 6,12 \cdot 0,999 - 0,6 \cdot 4 \cdot 0,315)^2}$$

$$= 60,65 \text{ Volt}$$

- Menghitung regulasi tegangan naik ( $VR_{Up}$ )

Dalam menghitung nilai pengaturan tegangan naik pada kombinasi beban RLC maka digunakan persamaan (2-83).

$$\begin{aligned} VR_{Up} &= \left| \frac{E_0 - V_{FL}}{V_{FL}} \right| \times 100\% \\ &= \frac{60,65-59}{59} \cdot 100\% \\ &= 1,94 \% \end{aligned}$$

- Menghitung regulasi tegangan turun ( $VR_{Down}$ )

Dalam menghitung nilai pengaturan tegangan turun pada kombinasi beban RLC maka digunakan persamaan (2-85).

$$\begin{aligned} VR_{Down} &= \left| \frac{E_0 - V_{FL}}{E_0} \right| \times 100\% \\ &= \frac{60,65-59}{60,65} \cdot 100\% \\ &= 1,91 \% \end{aligned}$$

- Menghitung nilai daya generator (Watt)

Dalam menghitung daya generator pada kombinasi beban RLC maka digunakan persamaan (2-88).

$$\begin{aligned} P &= VI \cos \phi \\ &= 59 \times 0,6 \times 0,999 \\ &= 35,36 \text{ Watt} \end{aligned}$$

- Menghitung nilai efisiensi ( $\eta$ )



Dalam menghitung nilai efisiensi pada kombinasi beban RLC maka digunakan persamaan (2-90).

$$\begin{aligned}\eta_{\text{sistem}} (\%) &= \frac{P_{\text{out}}}{P_{\text{in}}} \cdot 100\% \\ &= \frac{35,36}{181,78} \cdot 100\% \\ &= 19,45\%\end{aligned}$$

b) Generator 4 Kutub

Untuk menganalisis besar GGL (V), daya aktif (watt), regulasi tegangan, dan efisiensi dari hasil pengujian generator pada kombinasi beban RLC hubungan paralel maka digunakan data pada Tabel 4.33

Contoh perhitungan: (diambil data dari Tabel 4.33 Nomor 1)

Dik:  $V_g = 46,5 \text{ Volt}$

$$I_g = 0,5 \text{ A}$$

$$R_a = 4 \Omega$$

$$X_s = 6,12 \Omega$$

$$Z_s = 7,3 \Omega$$

$$R = 150 \Omega$$

$$X_L = 107 \Omega$$

$$X_C = 138 \Omega$$

$$Z = 143,07 \Omega$$

$$\cos \phi = 0,999$$

$$\sin \phi = 0,315$$

$\Delta P_{\text{mek-FL}}$  dianggap konstan = 46,68 Watt

$k_t$  dianggap konstan = 2,02 NmA<sup>-2</sup>

- Menghitung nilai GGL (V)

Dalam menghitung nilai GGL pada kombinasi beban RLC maka digunakan persamaan (2-82).

$$\begin{aligned} E &= \sqrt{(V_g + I_g \cdot R_a \cdot \cos \phi + I_g \cdot X_S \cdot \sin \phi)^2 + (I_g \cdot X_S \cdot \cos \phi - I_g \cdot R_a \cdot \sin \phi)^2} \\ &= \\ &= \sqrt{(46,5 + 0,5 \cdot 4 \cdot 0,999 + 0,5 \cdot 6,12 \cdot 0,315)^2 + (0,5 \cdot 6,12 \cdot 0,999 - 0,5 \cdot 4 \cdot 0,315)^2} \\ &= 55,96 \text{ Volt} \end{aligned}$$

- Menghitung regulasi tegangan naik ( $VR_{Up}$ )

Dalam menghitung nilai pengaturan tegangan naik pada kombinasi beban RLC maka digunakan persamaan (2-83).

$$\begin{aligned} VR_{Up} &= \left| \frac{E_0 - V_{FL}}{V_{FL}} \right| \times 100\% \\ &= \frac{55,96 - 46,5}{46,5} \cdot 100\% \\ &= 20,35\% \end{aligned}$$

- Menghitung regulasi tegangan turun ( $VR_{Down}$ )

Dalam menghitung nilai pengaturan tegangan turun pada kombinasi beban RLC maka digunakan persamaan (2-85).

$$\begin{aligned}VR_{\text{Down}} &= \left| \frac{E_0 - V_{FL}}{E_0} \right| \times 100\% \\ &= \frac{55,96 - 46,5}{55,96} \cdot 100\% \\ &= 16,91\%\end{aligned}$$

- Menghitung nilai daya generator (Watt)

Dalam menghitung daya generator pada kombinasi beban RLC maka digunakan persamaan (2-88).

$$\begin{aligned}P &= VI \cos \phi \\ &= 46,5 \times 0,5 \times 0,999 \\ &= 23,23 \text{ Watt}\end{aligned}$$

- Menghitung nilai efisiensi ( $\eta$ )

Dalam menghitung nilai efisiensi pada kombinasi beban RLC maka digunakan persamaan (2-90).

$$\begin{aligned}\eta_{\text{system}} (\%) &= \frac{P_{\text{out}}}{P_{\text{in}}} \cdot 100\% \\ &= \frac{23,23}{76,76} \cdot 100\% \\ &= 30,25\%\end{aligned}$$

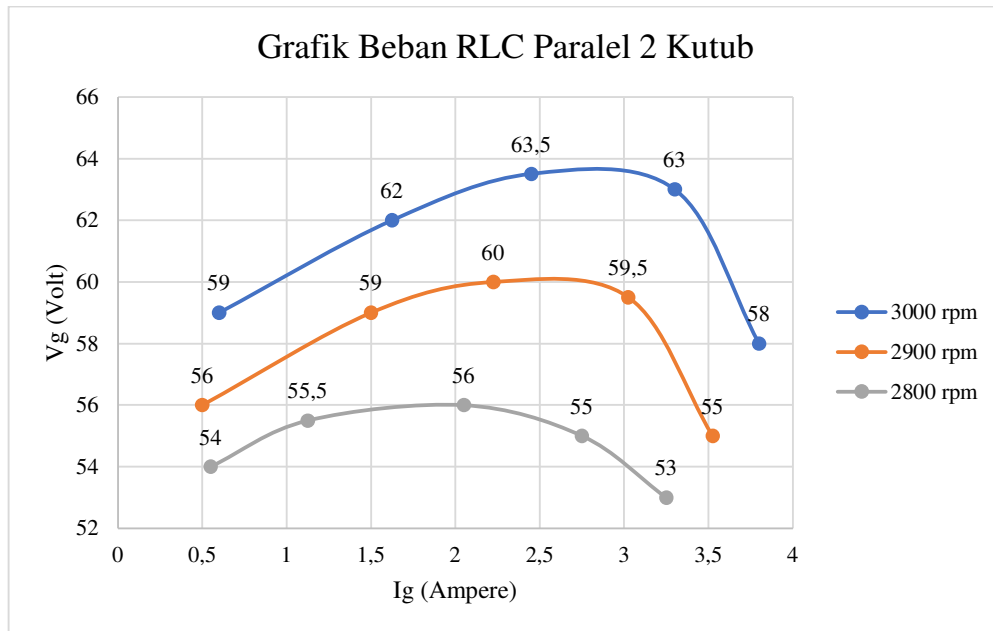
Tabel 4. 55 Tabel Hasil Analisis Beban RLC Paralel Generator 2 Kutub (n=konstan)

No	Posisi beban	Putaran (rpm)	V <sub>g</sub> (V)	I <sub>g</sub> (A)	Z	Cos φ	Sin φ	GGL (Volt)	VR <sub>Up</sub> (%)	VR <sub>Down</sub> (%)	P (Watt)	η (%)
1	1-1-2	3000	59	0.6	143.07	0,999	0,315	60,15	1,94	1,91	35,36	19,45
2	2-2-4		62	1.625	72.24	0,999	0,278	65,19	5,14	4,89	100,65	44,25
3	3-3-6		63.5	2.45	57.691	0,999	0,285	68,90	8,51	7,84	155,42	56,90
4	4-4-8		63	3.3	38.125	0,997	0,317	71,57	13,61	11,98	207,28	65,01
5	5-5-10		58	3.8	29.996	0,998	0,260	67,34	16,11	13,87	219,96	60,34
6	1-1-2	2900	56	0.5	143.07	0,999	0,315	56,94	1,69	1,66	27,97	17,11
7	2-2-4		59	1.5	72.246	0,999	0,278	61,92	4,95	4,72	88,41	43,09
8	3-3-6		60	2.225	57.691	0,999	0,285	64,85	8,09	7,48	133,37	54,02
9	4-4-8		59.5	3.025	38.125	0,997	0,317	67,29	13,10	11,58	179,45	60,14
10	5-5-10		55	3.525	29.996	0,998	0,260	63,60	15,63	13,52	193,49	56,68
11	1-1-2	2800	54	0.55	143.073	0,999	0,315	55,05	1,95	1,91	29,67	19,53
12	2-2-4		55.5	1.125	72.246	0,999	0,278	57,59	3,77	3,64	62,38	36,38
13	3-3-6		56	2.05	57.691	0,999	0,285	60,45	7,96	7,37	114,69	52,55
14	4-4-8		55	2.75	38.125	0,997	0,317	62,05	12,82	11,36	150,80	58,33
15	5-5-10		53	3.25	29.996	0,998	0,260	60,80	14,71	12,82	171,91	61,69

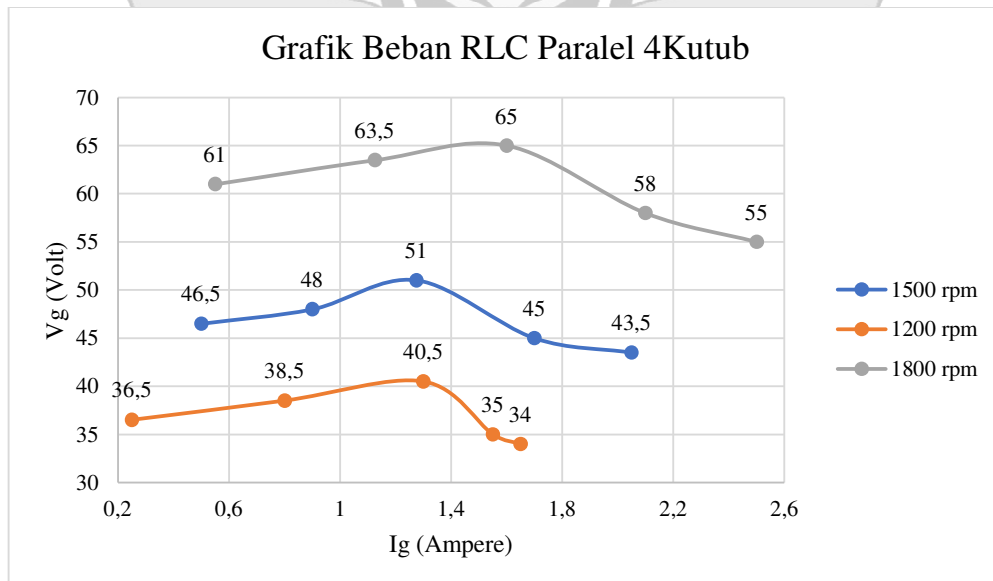


Tabel 4. 56 Tabel Hasil Analisis Beban RLC Paralel Generator 4 Kutub (n=konstan)

No	Posisi beban	Putaran (rpm)	$V_g$ (V)	$I_g$ (A)	Z	$\text{Cos } \phi$	$\text{Sin } \phi$	GGL (Volt)	$\text{VR}_{\text{Up}}$ (%)	$\text{VR}_{\text{Down}}$ (%)	P (Watt)	$\eta$ (%)
1	1-1-2	1800	61	0.55	143.07	0,999	0,315	62,26	2,06	2,02	33,52	35,64
2	2-2-4		63.5	1.125	72.24	0,999	0,278	65,99	3,92	3,78	71,37	58,21
3	3-3-6		65	1.6	57.691	0,999	0,285	68,80	5,84	5,52	103,90	77,96
4	4-4-8		58	2.1	38.125	0,997	0,317	63,77	9,94	9,04	121,43	73,32
5	5-5-10		55	2.5	29.996	0,998	0,260	61,37	11,59	10,38	137,23	72,81
6	1-1-2	1500	46.5	0.5	143.07	0,999	0,315	47,66	2,49	2,43	23,23	30,25
7	2-2-4		48	0.9	72.246	0,999	0,278	50,01	4,19	4,02	43,16	44,16
8	3-3-6		51	1.275	57.691	0,999	0,285	54,03	5,95	5,61	64,96	59,86
9	4-4-8		45	1.7	38.125	0,997	0,317	49,71	10,46	9,47	76,27	60,70
10	5-5-10		43.5	2.05	29.996	0,998	0,260	48,78	12,13	10,82	89,00	59,93
11	1-1-2	1200	36.5	0.25	143.07	0,999	0,315	37,06	1,54	1,52	9,12	27,62
12	2-2-4		38.5	0.8	72.246	0,999	0,278	40,31	4,71	4,50	30,77	75,76
13	3-3-6		40.5	1.3	57.691	0,999	0,285	43,74	8,00	7,41	52,60	86,87
14	4-4-8		35	1.55	38.125	0,997	0,317	39,44	12,69	11,26	54,09	86,62
15	5-5-10		34	1.65	29.996	0,998	0,260	38,28	12,59	11,19	55,99	87,52



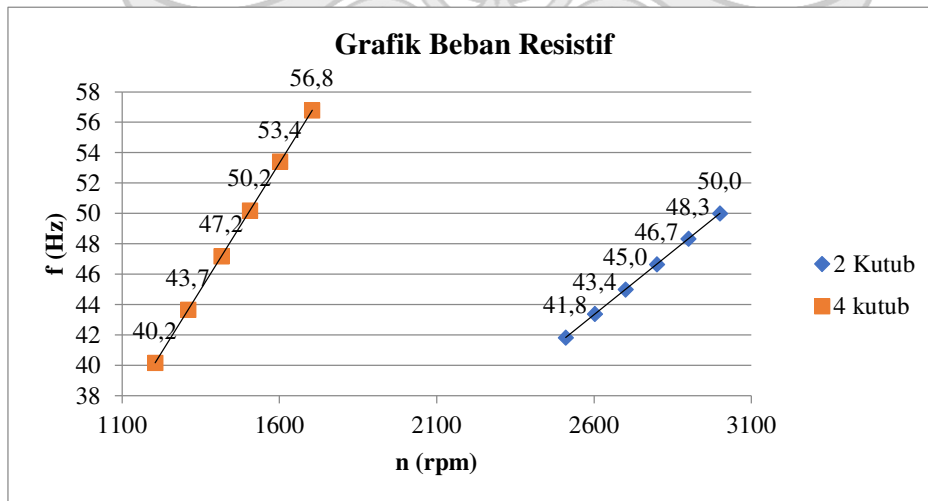
Gambar 4. 46 Karakteristik Luar  $V_g=F(I_g)$ , dari Generator 2 Kutub pada Beban RLC Paralel



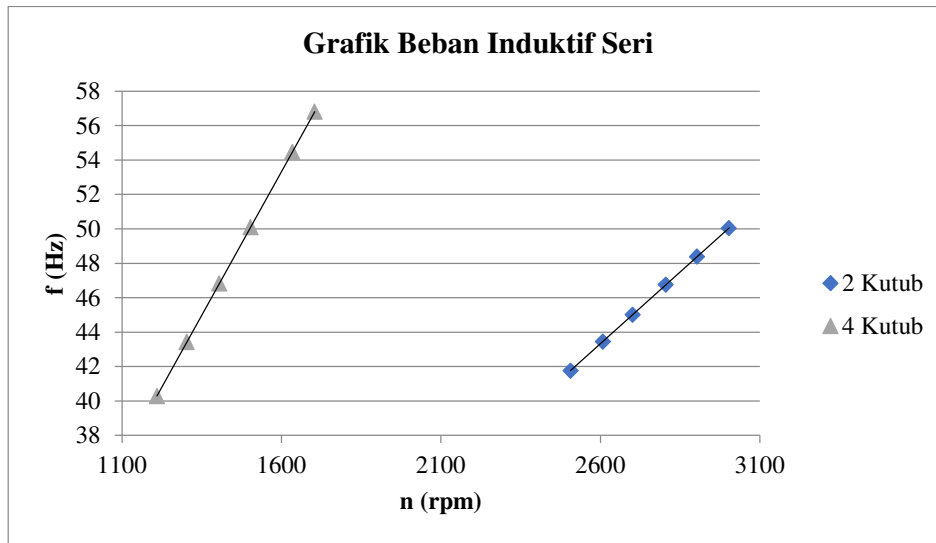
Gambar 4. 47 Karakteristik Luar  $V_g=F(I_g)$ , dari Generator 4 Kutub pada Beban RLC Paralel

Pada Gambar 4.46 dan Gambar 4.47 memperlihatkan karakteristik luar generator pada kombinasi beban RLC hubungan paralel. Pada grafik dapat diamati ketika beban dihubungkan secara paralel maka nilai arus mengalami kenaikan, sementara nilai dari tegangan berfluktuasi karena nilai dari impedansi beban yang bervariasi. Pada generator 2 kutub tegangan tertinggi ditunjukkan pada nilai 63,5 V dengan arus 2,45 A pada putaran 3000 rpm, sementara untuk nilai tegangan terendah ditunjukkan pada nilai 53 V dengan arus 3,25 A pada putaran 2800 rpm. Pada generator 4 kutub nilai tegangan tertinggi ditunjukkan pada nilai 65 V dengan arus 1,6 A pada putaran 1800 rpm, sementara nilai tegangan terendah ditunjukkan pada nilai 34 V dengan arus 1,65 A pada putaran 1200 rpm.

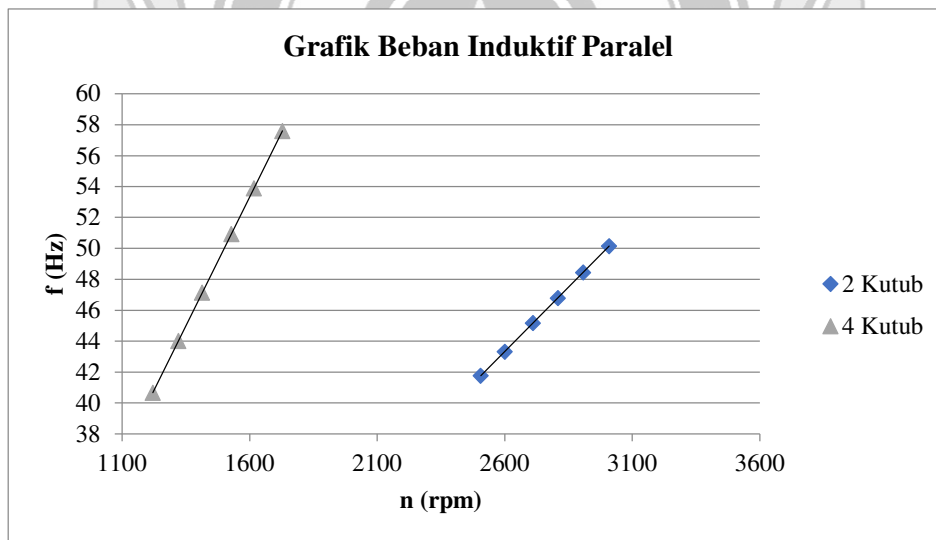
#### 4.2.4.6 Grafik Hubungan Putaran Generator Terhadap Frekuensi Generator, ( $f=f(n)$ )



Gambar 4. 48 Grafik Hubungan Putaran Generator Terhadap Frekuensi pada Beban Resistif

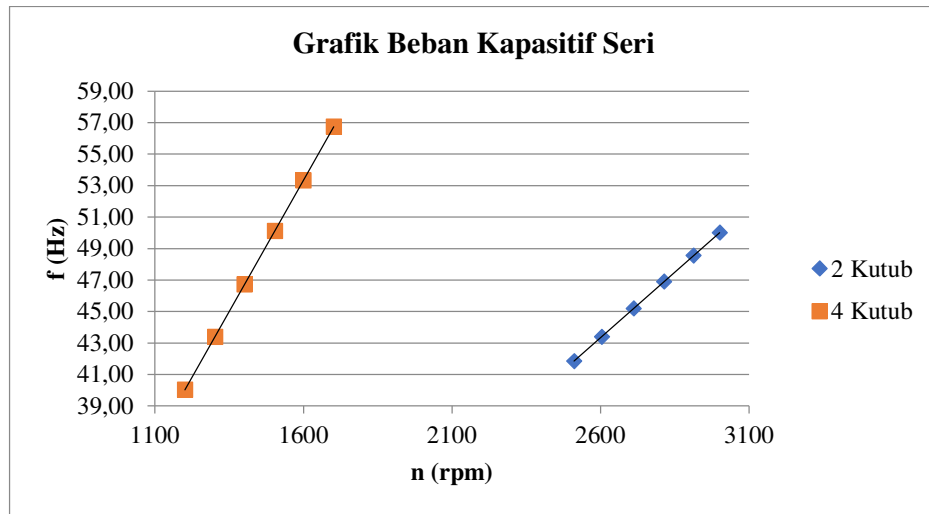


Gambar 4. 49 Grafik Hubungan Putaran Generator Terhadap Frekuensi pada Beban RL Seri

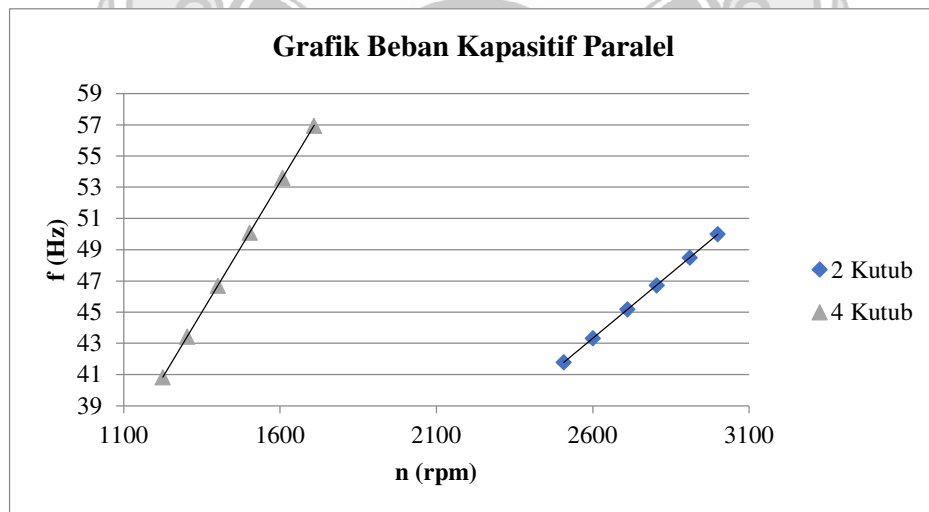


Gambar 4. 50 Grafik Hubungan Putaran Generator Terhadap Frekuensi pada Beban RL Paralel

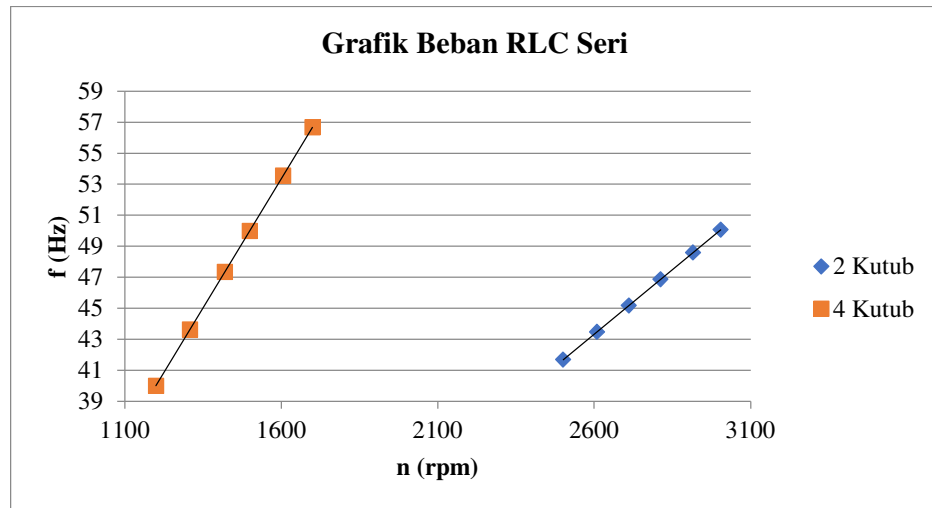




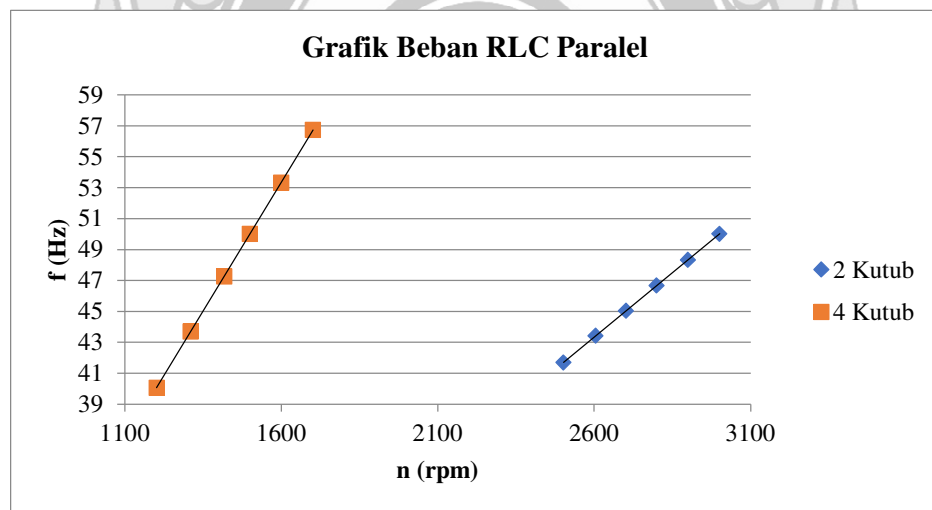
Gambar 4. 51 Grafik Hubungan Putaran Generator Terhadap Frekuensi pada Beban RC Seri



Gambar 4. 52 Grafik Hubungan Putaran Generator Terhadap Frekuensi pada Beban RC Paralel



Gambar 4. 53 Grafik Hubungan Putaran Generator Terhadap Frekuensi pada Beban RLC Seri

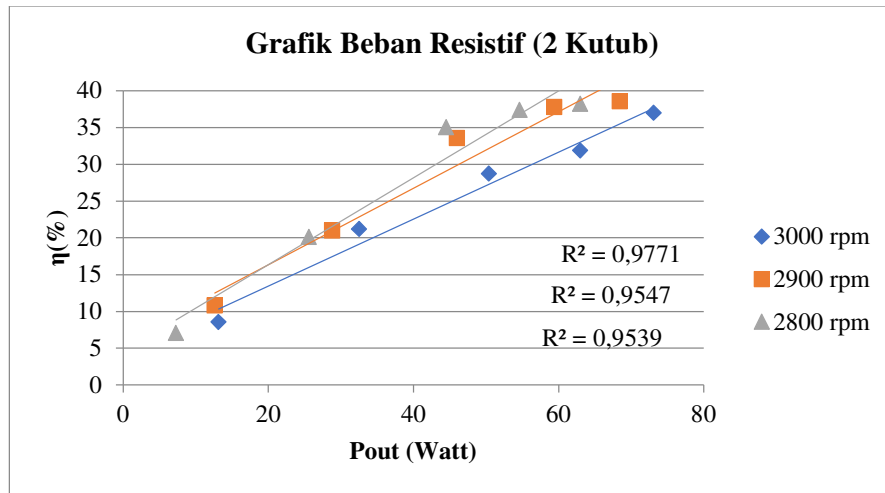


Gambar 4. 54 Grafik Hubungan Putaran Generator Terhadap Frekuensi pada Beban RLC Paralel

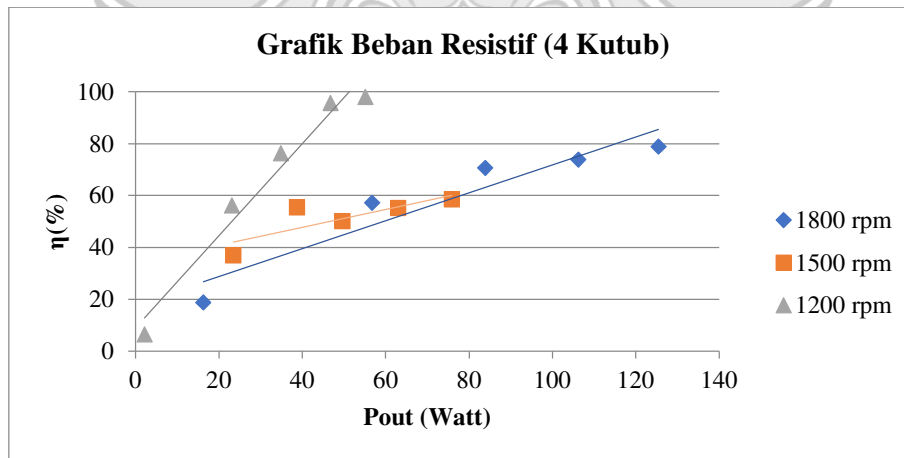
Dari gambar grafik dapat dilihat hubungan antara putaran generator terhadap frekuensi yang dihasilkan, semakin besar putaran maka frekuensi yang dihasilkan generator juga semakin besar akibat adanya variasi pada jumlah kutub generator. Dari grafik diketahui bahwa generator dengan 2 kutub mencapai frekuensi 50 Hz

pada putaran 3000 rpm, dan generator 4 kutub mencapai frekuensi 50 Hz pada putaran 1500 rpm.

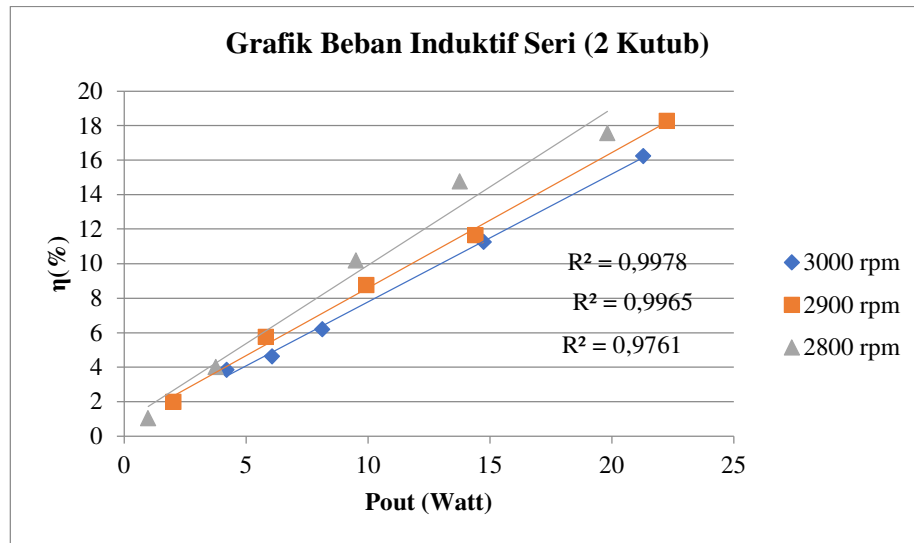
#### 4.2.4.7 Grafik Hubungan Daya Generator Terhadap Nilai Efisiensi ( $\eta$ )



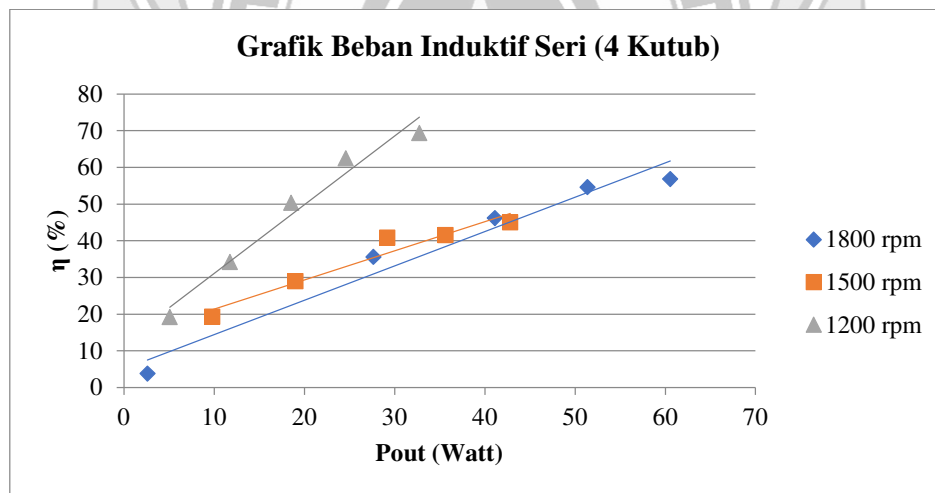
Gambar 4. 55 Grafik Hubungan Daya Keluaran dan Efisiensi Sistem pada Beban Resistif Generator 2 Kutub



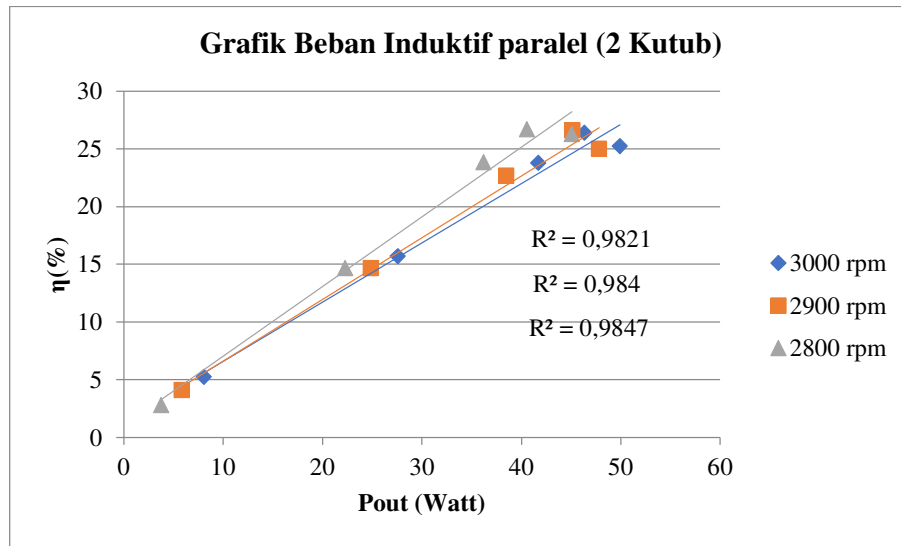
Gambar 4. 56 Grafik Hubungan Daya Keluaran Generator dan Efisiensi Sistem pada Beban Resistif Generator 4 Kutub



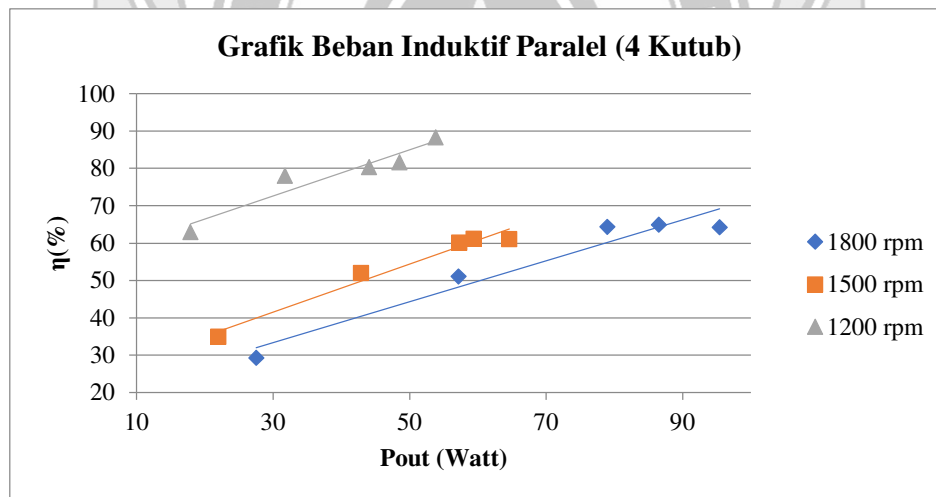
Gambar 4. 57 Grafik Hubungan Daya Keluaran Generator dan Efisiensi Sistem pada Beban Induktif Seri Generator 2 Kutub



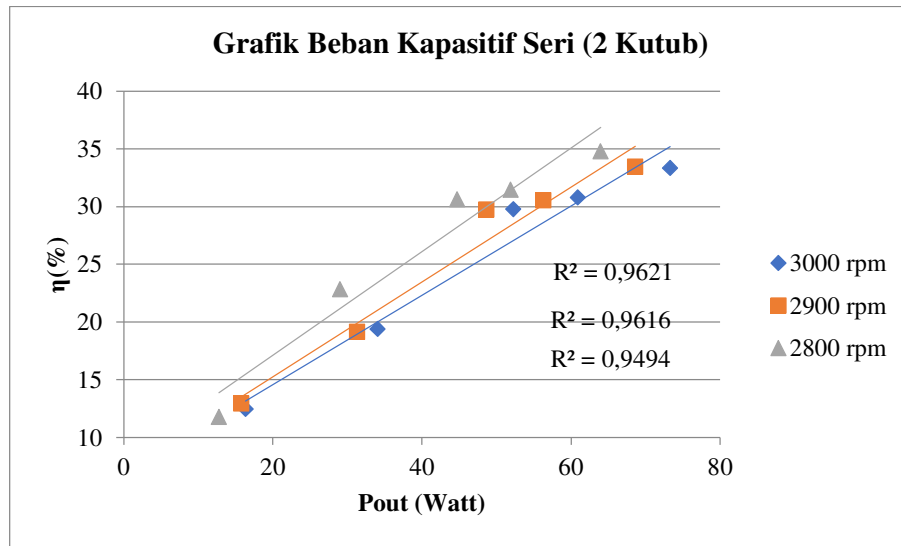
Gambar 4. 58 Grafik Hubungan Daya Keluaran Generator dan Efisiensi Sistem pada Beban Induktif Seri Generator 4 Kutub



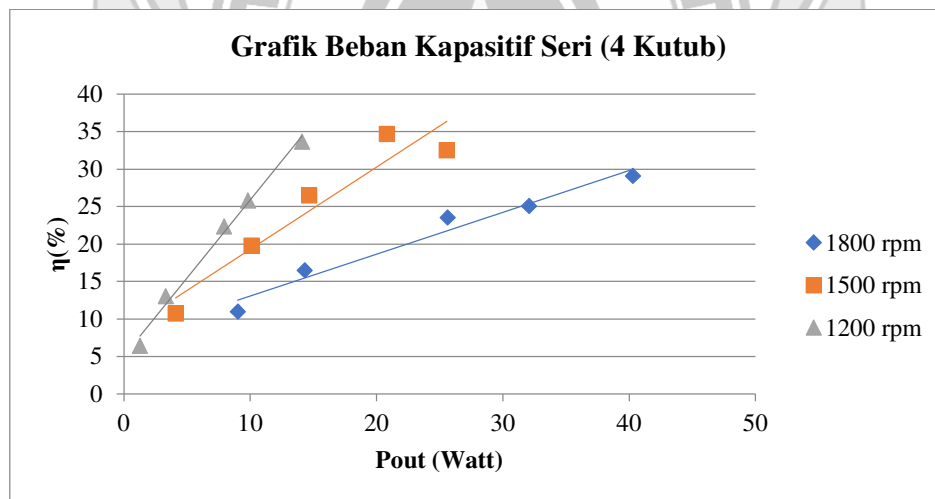
Gambar 4. 59 Grafik Hubungan Daya Keluaran Generator dan Efisiensi Sistem pada Beban Induktif Paralel Generator 2 Kutub



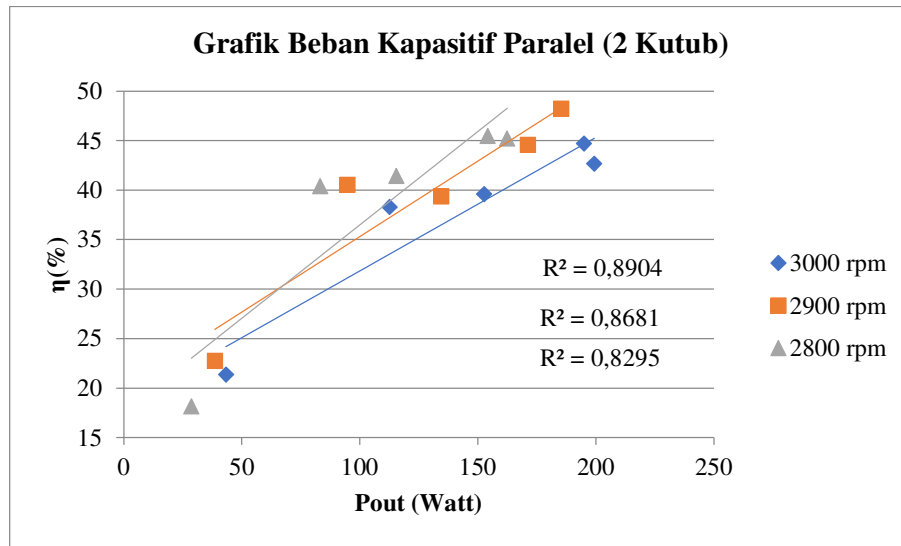
Gambar 4. 60 Grafik Hubungan Daya Keluaran Generator dan Efisiensi Sistem pada Beban Induktif Paralel Generator 4 Kutub



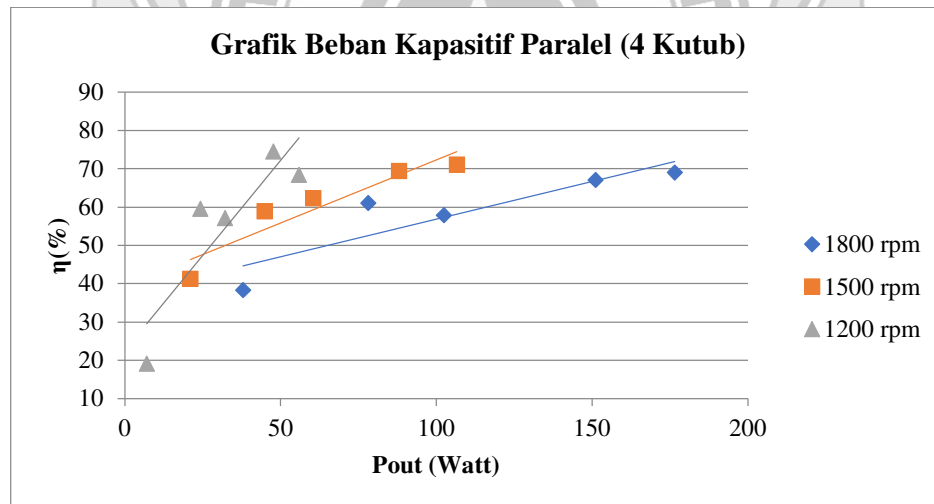
Gambar 4. 61 Grafik Hubungan Daya Keluaran Generator dan Efisiensi Sistem pada Beban Kapasitif Seri Generator 2 Kutub



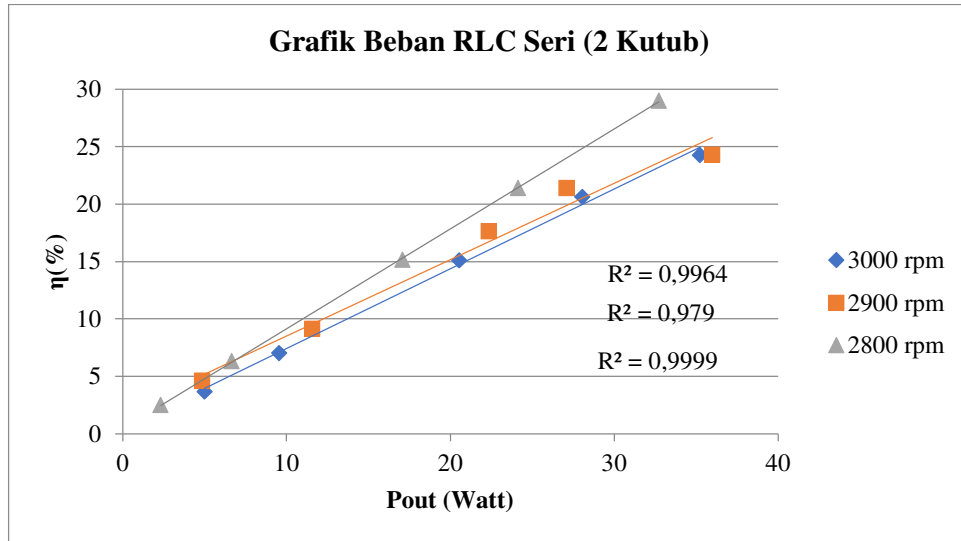
Gambar 4. 62 Grafik Hubungan Daya Keluaran Generator dan Efisiensi Sistem pada Beban Kapasitif Seri Generator 4 Kutub



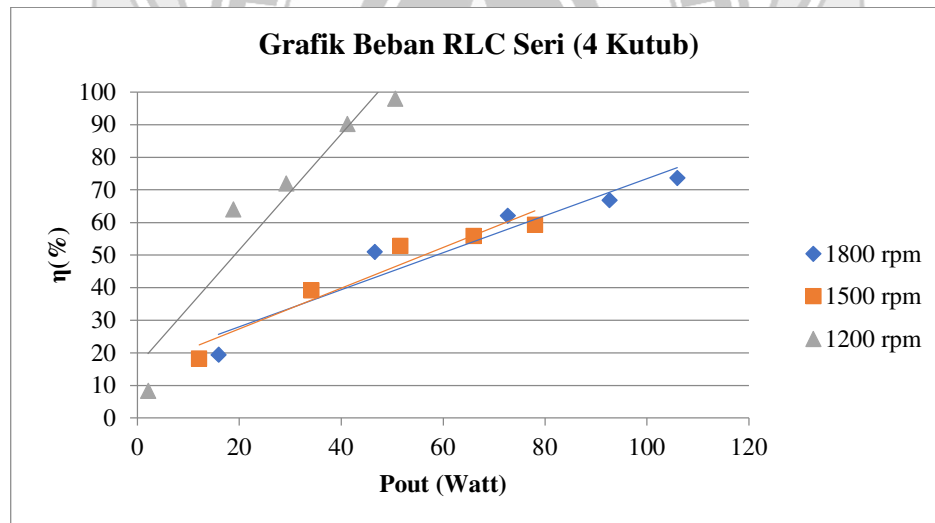
Gambar 4. 63 Grafik Hubungan Daya Keluaran Generator dan Efisiensi Sistem pada Beban Kapasitif Paralel Generator 2 Kutub



Gambar 4. 64 Grafik Hubungan Daya Keluaran Generator dan Efisiensi Sistem pada Beban Kapasitif Paralel Generator 4 Kutub

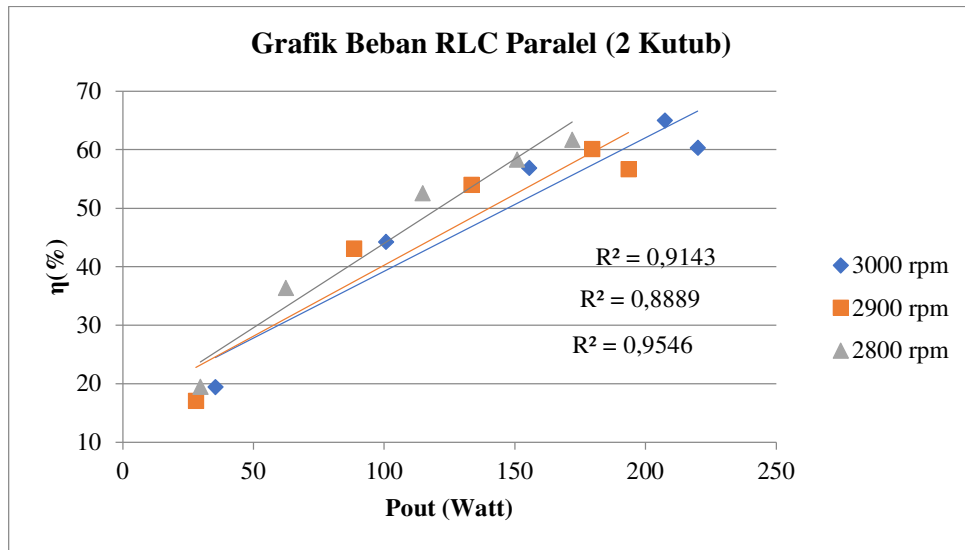


Gambar 4. 65 Grafik Hubungan Daya Keluaran Generator dan Efisiensi Sistem pada Kombinasi Beban RLC Seri Generator 2 Kutub

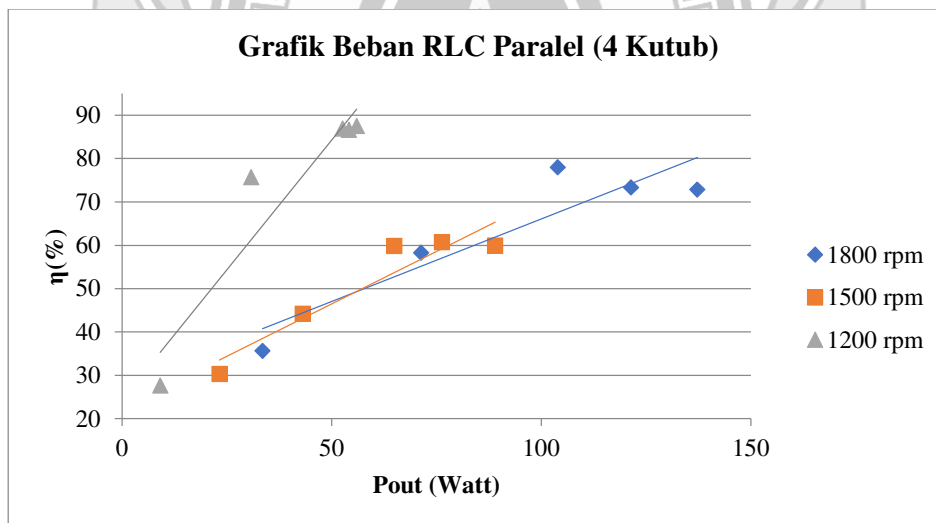


Gambar 4. 66 Grafik Hubungan Daya Keluaran Generator dan Efisiensi Sistem pada Kombinasi Beban RLC Seri Generator 4 Kutub





Gambar 4. 67 Grafik Hubungan Daya Keluaran Generator dan Efisiensi Sistem pada Kombinasi Beban RLC Paralel Generator 2 Kutub



Gambar 4. 68 Grafik Hubungan Daya Keluaran Generator dan Efisiensi Sistem pada Kombinasi Beban RLC Paralel Generator 4 Kutub

Dari Gambar 4.67 dan Gambar 4.68 dapat diketahui hubungan daya keluaran generator terhadap efisiensi, semakin tinggi daya generator maka nilai efisiensi juga akan semakin tinggi, efisiensi juga dipengaruhi oleh putaran dari generator. Trendline efisiensi tertinggi pada generator 2 kutub dihasilkan oleh putaran 3000

rpm pada beban RLC hubungan paralel dengan efisiensi sebesar 65,01% dan daya generator 207,28 Watt, dan trendline efisiensi terendah oleh putaran 2800 rpm pada beban induktif hubungan seri dengan efisiensi 1,05% dan daya generator 0,976 Watt. Pada generatot 4 kutub trendline efisiensi tertinggi dihasilkan oleh putaran 1200 rpm pada beban resistif dengan efisiensi sebesar 97,92% dan daya generator 55,1 Watt, trendline efisiensi terendah dari 4 kutub dihasilkan pada putaran 1800 rpm pada beban induktif hubungan seri dengan efisiensi sebesar 3,80% dan daya generator 2,61 Watt.



## BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengukuran dan analisis data, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Dalam penelitian ini telah dibuat prototipe rotor generator dengan 2 kutub dan generator dengan 4 kutub menggunakan jenis magnet *ferrit* dengan ukuran 85x45x10 mm, dengan total panjang rotor 270 mm. Generator dihubungkan dengan penggerak berupa motor *dc shunt* yang dihubungkan menggunakan *v-belt*.
2. Dari hasil pengujian telah didapatkan parameter mesin dari generator dengan sistem pengukuran resistansi belitan generator yang dilakukan menggunakan metode yang sama dengan pengukuran tahanan belitan jangkar yaitu ohmmeter maupun voltmeter-ampere-meter. Pada pengujian dengan metode MPTR besaran tahanan belitan jangkar ( $R_a$ ) generator yaitu 4  $\Omega$  dan besar nilai impedansi sinkron ( $Z_s$ ) berdasarkan yaitu 6,12  $\Omega$ , dan dengan metode MPTT besaran tahanan belitan jangkar ( $R_a$ ) generator yaitu 4,5  $\Omega$  dan besar nilai impedansi sinkron ( $Z_s$ ) berdasarkan yaitu 5,25  $\Omega$ .
3. Tegangan keluaran dari generator linear terhadap jumlah kutub. Semakin besar putaran dari generator maka tegangan yang dihasilkan akan semakin besar dimana  $V_0 = E_0$ . Generator 2 kutub mencapai nilai frekuensi 50 Hz pada putaran 3000 rpm dengan rata-rata konstanta tegangan sebesar 0,0178 Volt.minute, sedangkan untuk generator 4 kutub mencapai frekuensi 50 Hz pada putaran 1500 rpm dengan rata-rata konstanta tegangan 0,0340 Volt.minute.

4. Dari hasil pengujian penelitian ini didapatkan bahwa proses pengujian karakteristik luar generator dilakukan dengan mengkonstantakan putaran generator pada beban resistif, induktif, kapasitif dan kombinasi beban RLC pada hubungan seri maupun paralel. Pengujian menunjukkan perubahan tegangan terhadap arus generator yang berubah-ubah, akibat dari perbedaan nilai impedansi pada beban generator.
5. Dari hasil pengujian penelitian ini ditemukan bahwa regulasi tegangan dari generator adalah persentase perubahan tegangan antara keadaan tanpa beban dengan beban penuh, pada generator 2 kutub pengaturan tegangan bervariasi dari 0,11 % - 40,16 % pada putaran 2800 rpm sampai putaran 3000 rpm, dan pada generator 4 kutub pengaturan tegangan bervariasi dari 0,290% - 39,66% pada putaran 1200, 1500, dan 1800 rpm.
6. Nilai efisiensi tertinggi pada generator 2 kutub bernilai 65,01 % dengan daya generator 207,28 watt pada putaran 3000 rpm. Sementara pada generator 4 kutub efisiensi tertinggi bernilai 97,92% dan daya generator 55,1 watt pada putaran 1200 rpm.

## 5.2 Saran

Dari hasil pembahasan, maka beberapa saran yang dapat dilakukan untuk penelitian lebih lanjut:

1. Dalam proses pengujian selanjutnya menggunakan tipe magnet yang berbeda.
2. Melakukan pengujian dengan menambah variasi jumlah kutub dari rotor generator.

## DAFTAR PUSTAKA

- Afrianto, Dendi. 2011. Analisis Variasi Jumlah Dan Bentuk Magnet Pada Generator Magnet Permanen Fluks Aksial Untuk Aplikasi Pembangkit Listrik Tanaga Bayu. *Skripsi, (Online)*, ([http://202.159.8.148:8001/~digilib/index.php?show\\_detail&id=4284&keywords=](http://202.159.8.148:8001/~digilib/index.php?show_detail&id=4284&keywords=)) diakses 5 Maret 2023).
- Herudin, Herudin., dan Wahyu Dwi Prasetyo, 2016. Rancang Bangun Generator Sinkron 1 Fasa Magnet Permanen Kecepatan Rendah 750 RPM, (*Online*), (<https://doi.org/10.36055/setrum.v5i1.886>), diakses 14 Februari 2023).
- Iman, Muhammad. 2020. Analisa Pembangkit Listrik Recycling Energi (*Doctoral dissertation*, Universitas Pancasakti), (*Online*), (<http://repository.upstegal.ac.id/2725/>), diakses 05 Februari 2023).
- Indriani, Anizar. 2015. Analisis Pengaruh Variasi Jumlah Kutub dan Jarak Celah Magnet Rotor Terhadap Performan Generator Sinkron Fluks Radial. *Jurnal Rekayasa Dan Teknologi Elektro*, (*Online*), (<https://electrician.unila.ac.id/index.php/ojs/article/view/164/pdf>), diakses 8 Februari 2023).
- Muchta, Amrie. 2017. Komponen Motor Listrik + Fungsinya Masing-Masing. (*Online*), (<https://www.autoexpose.org/2017/05/komponen-motor-listrik.html>), diakses 6 Juli 2023)
- Pradana, Maheza Restu. 2021. Analisa Pengaruh Pembebanan Terhadap Efisiensi Generator GT01 Di Pltgu Meppo-Gen Gunung Megang Menggunakan *Matlab Graphical User Interface (Gui)* (*Doctoral Dissertation*, Politeknik Negeri Sriwijaya), (*Online*), (<http://eprints.polsri.ac.id/11682/>), diakses 15 Februari 2023).
- Puspita, Kumala Dewi. 2021. Analisis Kinerja Generator Terhadap Fluktuasi Beban Di PLTG Unit 2 Sektor Pembangkitan Keramasan. *Skripsi, (Online)* (<http://repository.univ-tridinanti.ac.id/3611/>), diakses 01 Februari 2023).
- Putra, Darwinsyah. 2021. Analisis Perbandingan 4 Kutub Dan 8 Kutub Generator Terhadap Kecepatan Rotor Yang Menghasilkan Tegangan. *Skripsi*. Sumatera Utara: Jurusan Teknik Elektro Universitas Sumatera Utara, (*Online*), (<http://repository.umsu.ac.id/bitstream/handle/123456789/15178/Skripsi%20Darwin.pdf?sequence=1>), diakses 17 Februari 2023).
- Rizal, Dharmawan Fauzi. 2019. Generator Dalam Sistem Pengkonversian Energi Elektromekanik Di KM. Suar 11 Distrik Navigasi Kelas II Semarang. Karya tulis, Universitas Maritim AMNI Semarang. (*Online*), (<http://repository.unimar-amni.ac.id/1831/>), diakses 18 Februari 2023).
- Salim, Qolbi. 2021. Analisa Pengaruh Pembebanan Terhadap Efisiensi Generator Set 50 KVA Di Stasiun Cinde LRT Sumatera Selatan (*Doctoral dissertation*,

Politeknik Negeri Sriwijaya). (Online), (<http://eprints.polsri.ac.id/11556/>), diakses 18 Februari 2023).

Syam, Sudirman. 2021. Rancang Bangun Generator Aksial Dengan Menggunakan Magnet Permanen Ndfeb Persegi Panjang. *Skripsi*. (Online) (<https://ejournal.undana.ac.id/index.php/jme/article/view/4753>), diakses 5 Maret 2020)

Zuhal. 1991. Dasar tenaga listrik. (Online), (<https://lib.ui.ac.id/detail.jsp?id=20271228>), diakses 13 September 2023)



**L**

**A**



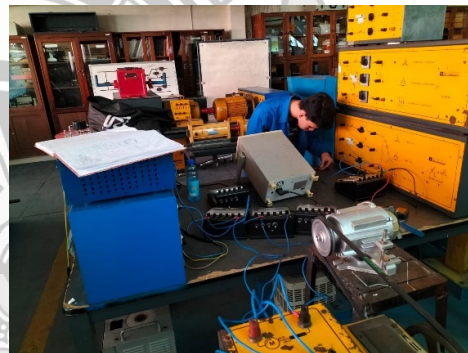
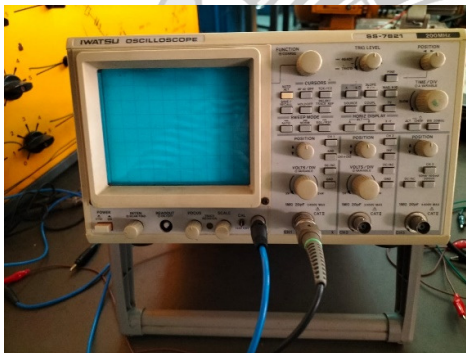
**A**

**N**

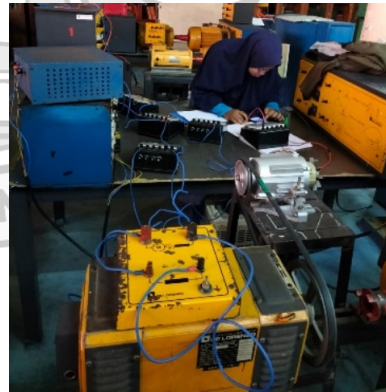
## Lampiran 1 Dokumentasi Kegiatan



Proses Pembuatan Dudukan Generator



Pengujian Osiloskop



Proses Pengambilan Data



