

ANALISIS PENGARUH PENGUAT MEDAN (EKSITASI) DAN VARIASI BEBAN TERHADAP KARAKTERISTIK OUTPUT GENERATOR SINKRON SATU FASA

Alifian Sulchan F
Program Studi Teknik Elektro
Universitas Muhammadiyah
Yogyakarta
alifian.sulchan.2014@ft.umy.ac.id

Ir. Slamet Suripto, M.Eng.
Program Studi Teknik Elektro
Universitas Muhammadiyah
Yogyakarta
slametsuripto@yahoo.com

Anna Nur Nazilah Chamim,
S.T., M.Eng.
Program Studi Teknik Elektro
Universitas Muhammadiyah
Yogyakarta
anna_nnc@umy.ac.id

Abstrak—Penelitian yang digunakan berupa generator sinkron satu fasa dengan menganalisis perubahan sifat output generator dengan mengatur nilai arus eksitasi dan jenis beban yang berbeda. Untuk metode penelitian mencakup rangkaian uji coba alat, pemasangan beban, yaitu resistif murni, resistif-induktif, dan resistif-kapasitif. Untuk pengaturan arus eksitasi menggunakan dua mode, yaitu power supply dan variac. Dari hasil yang telah dianalisis, generator dengan beban resistif-induktif (V_{drop} mencapai 7 Volt) dapat menyebabkan jatuh tegangan dan penurunan tegangan yang lebih besar dibandingkan dengan beban resistif murni (4 Volt) dan resistif-kapasitif (5 Volt) dengan nilai tegangan generator untuk beban R-C dapat mencapai 226 Volt, R-L sebesar 215,3 Volt, dan R murni sebesar 220 Volt. Dari data tersebut dapat disimpulkan, kinerja generator sangat bergantung oleh besar suplai arus eksitasi dan karakteristik beban (terutama beban induktif), karena beban induktif akan menyebabkan faktor daya kurang dari satu, sehingga dapat merusak peralatan listrik, termasuk generator

Kata kunci: Generator sinkron satu fasa, beban r-l-c, tegangan terminal, arus eksitasi

I. PENDAHULUAN

Perubahan parameter pada sistem eksitasi generator akan mempengaruhi performansi tegangan sistem eksitasi. Sistem eksitasi adalah suatu peralatan yang berguna untuk menjaga tegangan dan daya reaktif agar generator tetap pada nilai operasi tertentu. Semakin meningkat tegangan eksitasi, maka akan semakin meningkat pula tegangan terminal yang dibangkitkan oleh generator. Jika generator diberi beban yang mempunyai daya reaktif besar, maka akan menurunkan tegangan terminal generator, sehingga mempengaruhi beban yang lain^[1].

Metode penelitian yang digunakan berupa dua cara, yaitu dengan menggunakan sumber arus listrik/eksitasi berupa sistem eksitasi sendiri (*self*

exciting), yaitu suplai arus berasal dari output tegangan generator sinkron yang telah disearahkan oleh *bridge diode system* dan sistem eksitasi luar dengan *power supply* bertegangan maksimal 30 VDC sebagai sumber daya.

Beberapa penelitian terkait dengan analisis generator sinkron satu fasa digunakan sebagai bahan acuan yaitu menurut Syahputra Rudi (2012), dengan judul “*Pengaruh Perubahan Arus Eksitasi Terhadap Keluaran Generator Sinkron*”. Dari penelitian disimpulkan bahwa tegangan keluaran generator sinkron sangat dipengaruhi oleh besar kecilnya arus eksitasi yang diberikan. Tegangan keluaran generator sinkron akan berbanding lurus dengan nilai arus eksitasi yang diberikan. Penambahan beban mengakibatkan tegangan output generator

mengalami penurunan, hal ini memperlihatkan hubungan yang berbanding terbalik antara penambahan arus beban (I_a) dan tegangan output generator sinkron^[4]. Sedangkan, menurut Sepannur Bandri (2013) melakukan penelitian yang berjudul “*Analisa Pengaruh Perubahan Beban Terhadap Karakteristik Genertor Sinkron (Aplikasi PLTG Pauh Limo Padang)*”. Dari penelitian itu, disimpulkan bahwa perubahan arus beban terjadi akibat perubahan nilai beban yang terpakai, sehingga akan mempengaruhi nilai tegangan yang dibangkitkan oleh generator itu. Pengoperasian generator sinkron memiliki batas tertentu dari besarnya daya yang dapat dihasilkan dan besarnya daya yang dapat dipikul oleh sebuah generator sinkron agar dapat bekerja dengan normal. Pengoperasian generator dituntut suatu kestabilan agar kinerja generator menjadi efektif dan efisien. Dari hasil penelitian di atas, bahwa arus eksitasi yang dinaikkan tidak selalu meningkat, karena arus eksitasi menyesuaikan kondisi/jenis beban, seperti resistif murni, induktif, atau kapasitif, sehingga generator dapat bekerja secara stabil^[3].

Mengenai pengaruh jenis beban terhadap *output* tegangan generator sinkron, terdapat acuan menurut Ahmad Faisal (2013), dengan judul “*Analisa Perbandingan Pengaruh Pembebanan Resistif, Induktif, Kapasitif Dan Kombinasi Beban RLC Terhadap Regulasi Tegangan Dan Efisiensi Pada Generator Sinkron Tiga Fasa*”. Dari penelitian tersebut, dikatakan bahwa perubahan beban dapat terjadi sewaktu-waktu pada sistem. Akibat perubahan beban yang dilayani oleh generator sinkron akan mempengaruhi tegangan dan daya keluaran dari generator tersebut, sehingga menyebabkan

perubahan regulasi tegangan dan efisiensi^[2].

II. METODE PENELITIAN

A. Konsep Penelitian

Pada penelitian mengenai kinerja generator sinkron dilakukan dua metode pengamatan dan pengambilan data, yaitu dengan menggunakan suplai arus eksitasi sendiri (If generator) dan arus eksitasi luar (sumber daya DC). Sedangkan untuk pengambilan data, diambil nilai sementara ketika generator sinkron tidak diberi beban dan berbeban. Beban yang dipasang berupa beban R murni (lampu pijar; maks 1160 W), resistif-induktif (ballast TL), dan resistif-kapasitif (kapasitor). Penelitian diambil di laboratorium teknik elektro UMY.

B. Data Teknis Peralatan dan Bahan

Perancangan sistem eksitasi generator menggunakan jenis peralatan berupa *software* dan *hardware*. Untuk *software* berupa microsoft excel sebagai desain kurva dan grafik hasil data, sedangkan *hardware* berupa motor induksi 3 fasa, generator sinkron satu fasa, dc *power supply*, instrumen elektronik (multimeter, wattmeter, tachometer, dan cos phi meter). Berikut tabel spesifikasi dari motor, generator, dan beban yang akan dipasang.

Tabel 1. Spesifikasi Generator

Brand	General
Jumlah fasa	satu
Tipe	ST-3
Kap daya	3 kVA
Tegangan kerja	230 V
Arus jangkar	13 A

Frekuensi	50 Hz
Faktor daya	satu
Putaran	1500 rpm
Arus eksitasi	2A
V eksitasi	42 V

Tabel 2. Spesifikasi Motor Induksi

Brand	Aldo
Jumlah fasa	3
Tipe	Y100L1-4
Daya	2,2 kW/3 HP
V kerja	380 V
Putaran	1430 rpm
Frekuensi	50 Hz
Hub belitan	star/delta
Jumlah kutub	4
Arus input	8,7 A/5,0 A
F daya	0,85

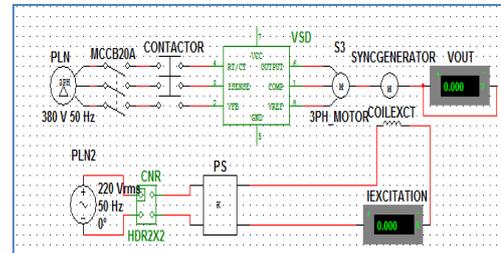
Tabel 3. Variasi Beban Terpasang

Beban Resistif	Resistif-Induktif	Resistif-Kapasitif	Perubahan RPM
100 W	100 W + (10, 15, 20 W)	100 W + 2,75 uF	1500
200 W	200 W + (10, 15, 20 W)	200 W + 2,75 uF	1450
300 W	300 W + (10, 15, 20 W)	300 W + 3,25 uF	1400
400 W	400 W + (10, 15, 20 W)	400 W + 3,25 uF	1350
500 W	500 W + (10, 15, 20 W)	500 W + 4 uF	1300
600 W	600 W + (10, 15, 20 W)	600 W + 4 uF	1250
750 W	750 W + (10, 15, 20 W)	750 W + 5 uF	1200
850 W			1150
950 W			1100
1100 W			1000
1160 W			

C. Skematik Sistem

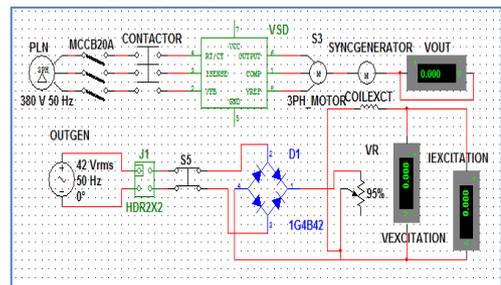
Rangkaian uji coba generator sinkron dibagi menjadi empat skema rangkaian dengan beban yang dipasang secara paralel ke keluaran generator.

1. Percobaan generator sinkron beban nol dengan penguat terpisah



Gambar 1. Skema percobaan M-G beban nol penguat terpisah

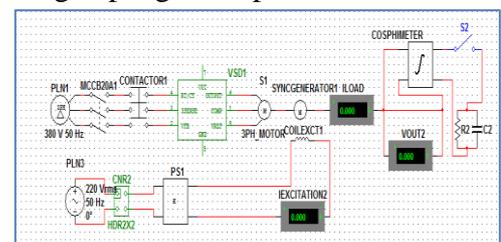
- Besaran yang diukur berupa tegangan generator (V_g) dan arus eksitasi dc (I_f)
2. Percobaan generator sinkron beban nol dengan penguat sendiri



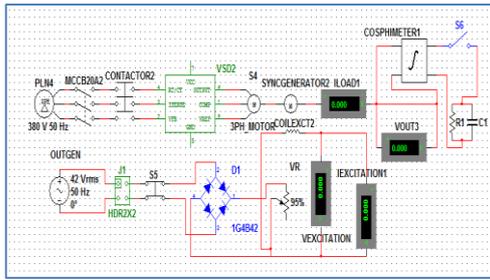
Gambar 2. Skema percobaan M-G beban nol penguat sendiri

- Besaran yang diukur berupa tegangan generator (V_g), arus eksitasi (I_f), arus beban (I_b/I_a), rpm, $\cos \phi$, dan tegangan eksitasi (V_f)

3. Percobaan generator sinkron berbeban dengan penguat terpisah dan sendiri



(a)



(b)

Gambar 3. Skema percobaan M-G berbeban penguat terpisah(a), dan berbeban penguat sendiri(b)

- Besaran yang diukur berupa tegangan generator (V_g), arus eksitasi (I_f), arus beban (I_b/I_a), rpm, $\cos \phi$, daya (P_{out}), dan tegangan eksitasi (V_f)

III. PEMBAHASAN DATA

Percobaan saat tidak berbeban yaitu dengan mengoperasikan generator menggunakan penguat eksitasi variac (tegangan ac dari keluaran generator) dan penguat eksitasi luar (*dc power supply*). Arus I_f dinaikkan secara bertahap hingga maksimum untuk mendapatkan nilai tegangan terminal (V_g) yang berubah-ubah. Sehingga didapat perbandingan karakteristik antara I_f dengan V_g dalam bentuk grafik tegangan terminal generator sebagai fungsi arus eksitasi dengan frekuensi 50 Hz dan kecepatan konstan 1500 rpm.

A. Percobaan Generator Sinkron Satu Fasa Tidak Berbeban (Penguat Luar)

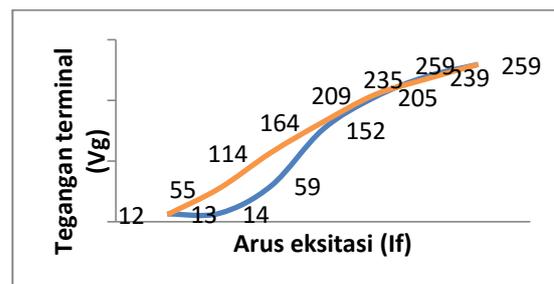
Pada percobaan generator tidak berbeban digunakan penguat arus dari luar berupa sumber tegangan dc sebesar 30 V dengan arus eksitasi antara 0-2 A. Percobaan dilakukan untuk mengetahui karakteristik tegangan terminal generator (V_g) di setiap kenaikan arus eksitasi (I_f). Dikarenakan generator tidak dalam keadaan berbeban, maka rangkaian

generator *open circuit*, yang berarti E_a sama dengan tegangan terminal (V_t).

Untuk data hasil percobaan generator sinkron ketika beban nol dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Data percobaan saat beban nol dengan penguat luar

V_f Var (V)	I_f (A)	V_g (V)
0	0	12
5	0,18	55
10	0,38	114
15	0,55	164
20	0,78	209
25	1,04	235
30	1,26	259
25	1,05	239
20	0,8	205
15	0,48	152
10	0,13	59
5	0,01	14
0	0	13



Gambar 4. Kurva karakteristik generator sinkron satu fasa saat tidak berbeban dengan penguat luar

Ketika generator tidak berbeban, arus jangkar tidak mengalir pada kumparan stator dan tidak mempengaruhi timbulnya reaksi jangkar, namun fluks hanya dihasilkan oleh arus medan (I_f) yang berubah-ubah. Jika arus medan (I_f) ditingkatkan, maka tegangan ggl (E_a) juga akan meningkat hingga mencapai titik saturasi tertentu, dapat dilihat pada gambar

4, bahwa mulai menunjukkan titik saturasi saat generator diberi arus medan (I_f) sebesar 1,04 A atau saat tegangan terminal generator (V_g) di angka 209 V. Pada keadaan itu, grafik I_f dan V_g tidak segaris lurus, melainkan melengkung hingga mencapai $V_g = 259$ V. Pada percobaan generator sinkron satu fasa dengan penguat luar, besar I_f tidak berubah-ubah secara otomatis, melainkan pengaturan arus I_f pada *power supply* dapat diatur sesuai keinginan.

B. Percobaan Generator Sinkron Satu Fasa Berbeban (Penguat Luar)

Pada percobaan generator sinkron saat berbeban digunakan rangkaian beban berupa lampu pijar yang diparalel dengan total daya 750 W. Untuk penguat masih sama menggunakan penguat luar sumber tegangan dc dengan pengaturan tegangan mulai dari 0 V - 30 V kemudian dari tegangan 30 V - 0 V. Beban yang digunakan hanya resistif saja dikarenakan percobaan generator sinkron berbeban mengikuti seperti yang ada di lapangan, khususnya di ruang lingkup pembangkit listrik, karena pada dasarnya generator pembangkit menggunakan eksitasi sendiri, bukan dari luar.

Untuk data hasil percobaan generator sinkron ketika berbeban dapat dilihat pada tabel 5.

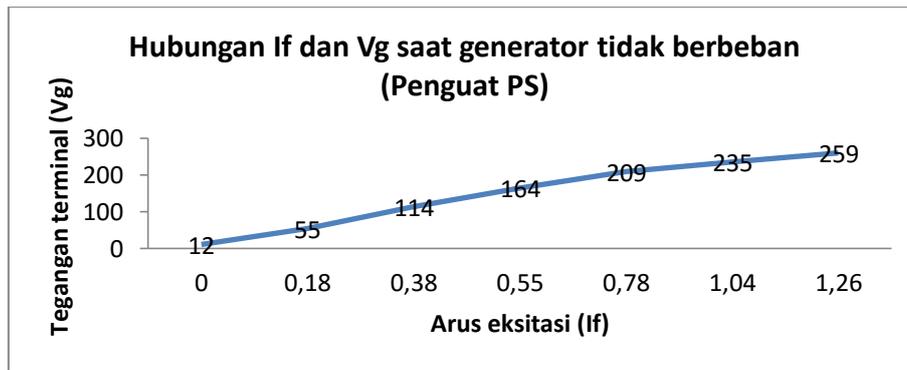
Tabel 5. Data percobaan saat berbeban resistif dengan penguat luar

V_f Var (V)	I_f (A)	V_g (V)	I_b (A)	$\cos \theta$
---------------------	-----------	-----------	-----------	---------------

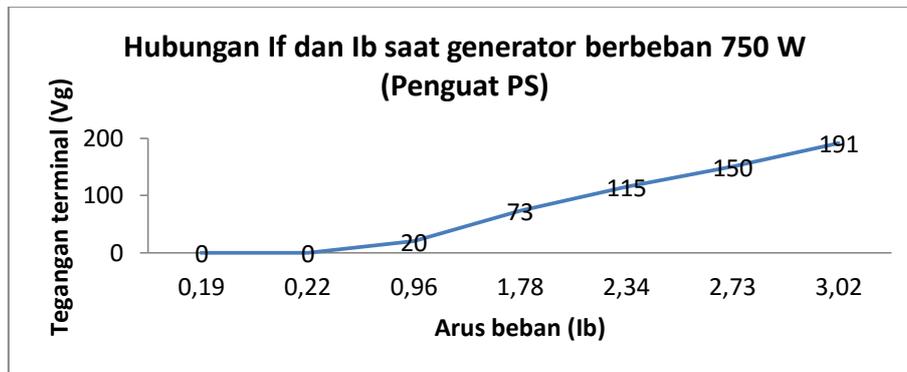
0	0	0	0,19	1
5	0,02	0	0,22	1
10	0,29	20	0,96	1
15	0,52	73	1,78	1
20	0,78	115	2,34	1
25	1,06	150	2,73	1
30	1,32	191	3,02	1
25	1,06	162	2,74	1
20	0,93	125	2,38	1
15	0,5	78	1,75	1
10	0,2	11	0,75	1
5	0,06	0,02	0,34	1
0	0	0	0,19	1

Dari data tabel di atas, dapat dijelaskan ketika arus medan (I_f) dinaikkan dari minimum 0 A hingga maksimum 1,32 A dengan frekuensi dan kecepatan putaran motor tetap, didapat kenaikan tegangan terminal generator yang tidak mencapai 220 V, begitu juga arus beban (I_b) yang juga semakin besar hingga 3,20 A. Begitu pula sebaliknya, jika arus medan diturunkan hingga minimum, maka tegangan terminal generator dan arus beban juga akan turun, sehingga akan didapat kurva karakteristik generator sinkron satu antara tegangan terminal (V_g) terhadap arus beban (I_b).

Berikut kurva karakteristik ketika generator sinkron tidak diberi beban dan ketika diberi beban, untuk membandingkan laju tegangan (V_g) terhadap arus eksitasi (I_f) dan arus beban (I_b).



(a)



(b)

Gambar 5. Kurva perbandingan karakteristik generator sinkron satu fasa saat tidak berbeban(a), dan berbeban R 750 W(b) dengan penguat luar

Pada gambar 5, grafik perbandingan antara tegangan terminal generator (V_g) terhadap arus beban (I_b), yang mana V_g mengalami penurunan tegangan jika dibandingkan dengan percobaan generator saat tidak berbeban. Hal ini dikarenakan, saat generator diberi beban timbul fluks putar yang terjadi karena arus jangkar (I_a) yang mengalir di kumparan stator, maka pada generator muncul reaksi jangkar. Selain itu, impedansi sinkron (Z_s) juga menyebabkan terjadi turun tegangan, sehingga semakin besar I_a dan Z_s , semakin kecil juga nilai tegangan terminal ($E_a > V_g$). Sedangkan, jika generator sinkron saat tidak berbeban, maka tidak timbul reaksi jangkar, sehingga didapat persamaan $E_a = V_t$.

Jika beban resistif yang dipasang paralel semakin besar total dayanya, maka nilai resistansi akan semakin kecil. Apabila

tegangan tetap pada kondisi konstan dengan nilai resistansi yang kecil, maka arus beban akan meningkat, sesuai persamaan: $V = I.R$.

C. Percobaan Generator Sinkron Satu Fasa Saat Beban Nol Dan Berbeban (Penguat Sendiri)

Percobaan generator sinkron satu fasa berpenguat sendiri menggunakan sumber eksitasi yang berasal dari keluaran generator sendiri yakni dengan tegangan eksitasi maksimal 42 VAC yang disearahkan oleh dioda jembatan yang dapat menyuplai arus eksitasi maksimal 2A dengan tegangan eksitasi (V_f) 42 VDC. Percobaan ini menggunakan beban resistif (lampu pijar maksimal 1160 W).

Sedangkan untuk data hasil percobaan generator saat tidak berbeban

dan berbeban resistif dapat dilihat pada tabel 6 berikut.

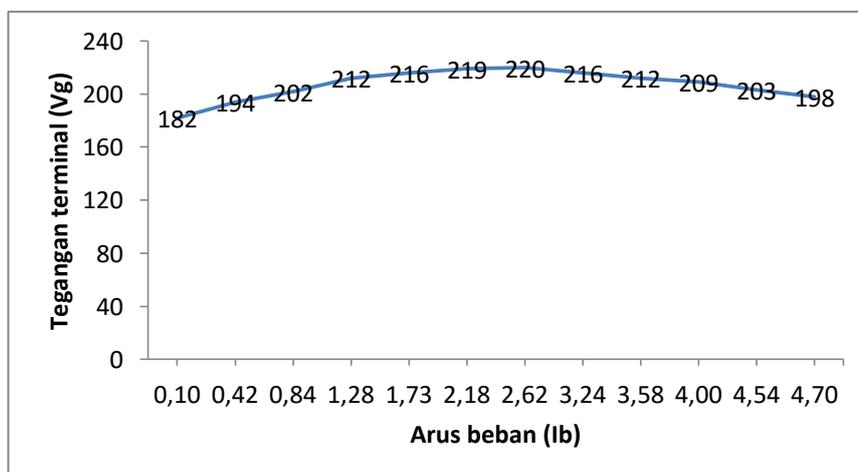
Tabel 6. Data percobaan berbeban resistif dengan penguat sendiri

Beban R (L Pijar)	P beban (W)	Vf (V)	If (A)	Vg (V)	I beban (A)	Cos θ	rpm
0 W	0	15,7	0,61	182	0,10	0	1500
100 W	82,5	17,1	0,75	194	0,42	1	1500
200 W	174,5	20,0	0,82	202	0,84	1	1502
300 W	285,3	22,6	0,93	212	1,28	1	1500
400 W	395,2	24,6	1,07	216	1,73	1	1501
500 W	509,0	27,8	1,16	219	2,18	1	1501
600 W	616,8	29,4	1,28	220	2,62	1	1501
750 W	770,8	31,8	1,41	216	3,24	1	1502
850 W	858,8	33,5	1,48	212	3,58	1	1500
950 W	934,8	35,5	1,55	209	4,00	1	1501
1100 W	1048,0	37,6	1,56	203	4,54	1	1502
1160 W	1074,0	37,9	1,70	198	4,70	1	1500

Dari tabel 6, hasil percobaan generator sinkron saat tidak berbeban didapat arus eksitasi (I_f) sebesar 0,61 A dan tegangan terminal (V_g) sebesar 182 V, ini dikarenakan pasokan arus medan yang dihasilkan oleh generator menyesuaikan besar beban. Sama seperti percobaan dengan penguat luar, pada saat tidak berbeban, arus jangkar ($I_a = 0$ A), sehingga tegangan terminal V_g sama

dengan ggl jangkar (E_a). Karena $I_a = 0$, maka arus eksitasi (I_f) menjadi kecil. Berbeda saat generator diberi beban, maka arus jangkar (I_a) akan mengalir dan menyebabkan impedansi sinkron (Z_s) yang menyebabkan tegangan terminal turun ($V_g < E_a$).

Untuk kurva perbandingan antara arus beban (I_b) dengan tegangan terminal (V_g) dapat dilihat pada gambar 6 berikut.



Gambar 6. Kurva karakteristik generator sinkron satu fasa beban nol dan berbeban R dengan penguat sendiri

Dapat dilihat saat beban 600 W, tegangan terminal meningkat hingga 220 V, namun saat diberi beban 1160 W tegangan terminal menjadi turun hingga 198 V. Hal ini dikarenakan tegangan terminal mengalami keadaan saturasi yang disebabkan besar kecil arus I_f sebagai pembangkit fluks magnet pada rotor sangat dipengaruhi oleh ggl (E_a). Seperti pada persamaan berikut.

$$E_a = I_f \cdot R_f + I_a \cdot R_a$$

Saat arus jangkar (I_a) meningkat, maka arus eksitasi (I_f) juga akan meningkat. Apabila terjadi saturasi tegangan terminal, maka tegangan eksitasi (V_f) juga akan terjadi saturasi yang mengakibatkan fluks magnet menurun, sehingga V_g juga ikut menurun.

Sistem eksitasi generator akan mengikuti besar beban yang ditopang

berdasarkan I_b . Semakin besar I_b , maka arus eksitasi (I_f) juga semakin besar, sehingga dapat menstabilkan tegangan terminal generator pada tegangan nominal 220 V.

D. Percobaan Generator Sinkron Satu Fasa Saat Berbeban Resistif-Induktif (Penguat Sendiri)

Percobaan berbeban resistif-induktif (R-L) dilakukan untuk menguji beban induktif konstan menggunakan beban lampu pijar dengan daya yang berubah-ubah. Lampu pijar dirangkai secara paralel dengan balast TL masing-masing 10, 15, dan 20 W. Untuk frekuensi tetap konstan 50 Hz dan kecepatan putaran motor 1500 rpm agar didapat data yang benar. Untuk data hasil percobaan dapat dilihat pada tabel 7, 8, dan 9 berikut.

Tabel 7. Data percobaan berbeban resistif-induktif (TL 10 W) dengan penguat sendiri

Beban R + L (Balast TL)	P beban (W)	V_f (V)	I_f (A)	V_g (V)	I beban (A)	$\cos \theta$	rpm
100 W + 10 W	78,0	17,6	0,71	184	0,44	0,95	1500
200 W + 10 W	195,5	22,2	0,94	212	0,90	0,99	1502
300 W + 10 W	298,1	24,4	1,05	218	1,35	0,98	1500
400 W + 10 W	399,8	26,0	1,14	216	1,76	0,99	1502
500 W + 10 W	502,5	27,8	1,23	215	2,19	0,99	1500
600 W + 10 W	608,6	29,6	1,32	216	2,62	0,99	1501
750 W + 10 W	758,5	32,0	1,44	214	3,21	0,99	1500

Tabel 8. Data percobaan berbeban resistif-induktif (TL 15 W) dengan penguat sendiri

Beban R + L (Balast TL)	P beban (W)	V_f (V)	I_f (A)	V_g (V)	I beban (A)	$\cos \theta$	rpm
100 W + 15 W	91,3	19,8	0,84	198	0,55	0,80	1500
200 W + 15 W	194,0	22,6	0,98	214	0,93	0,92	1500
300 W + 15 W	292,9	24,6	1,06	215	1,34	0,96	1500
400 W + 15 W	391,8	26,3	1,14	215	1,74	0,97	1501
500 W + 15 W	485,6	27,7	1,22	212	2,16	0,98	1500
600 W + 15 W	592,4	29,3	1,31	214	2,58	0,99	1500
750 W + 15 W	733,6	32,1	1,93	210	3,18	0,99	1502

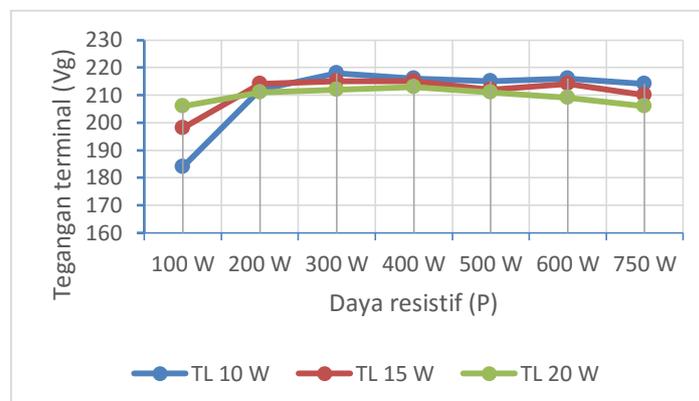
Tabel 9. Data percobaan berbeban resistif-induktif (TL 20 W) dengan penguat sendiri

Beban R + L (Balast TL)	P beban (W)	Vf (V)	If (A)	Vg (V)	I beban (A)	Cos θ	rpm
100 W + 20 W	104,3	21,8	0,93	206	0,68	0,69	1501
200 W + 20 W	198,7	23,8	1,01	211	1,01	0,86	1500
300 W + 20 W	292,6	25,4	1,10	212	1,40	0,93	1500
400 W + 20 W	393,8	27,1	1,18	213	1,80	0,95	1501
500 W + 20 W	489,1	28,4	1,24	211	2,19	0,97	1500
600 W + 20 W	581,5	30,0	1,31	209	2,58	0,98	1501
750 W + 20 W	721,5	32,5	1,43	206	3,17	0,98	1502

Dari tabel 7, dapat dilihat kenaikan tegangan terminal (V_g) saat diberi beban lampu pijar 100 W, akan tetapi seiring bertambahnya beban, nilai V_g relatif konstan. Hal itu dikarenakan sistem eksitasi generator akan menyesuaikan arus eksitasi (I_f) agar tegangan terminal tetap stabil, akan tetapi berbeda jika dibandingkan dengan saat diberi beban induktif yang besar, seperti pada tabel data generator sinkron saat diberi beban induktif 15 W dan 20 W. Pada saat generator sinkron diberi beban induktif sebesar 15 W, maka terjadi penurunan tegangan terminal (V_g) dengan arus beban (I_b) yang semakin meningkat, namun tidak ada perubahan signifikan ketika diberi

beban 10 W, akan tetapi terdapat perubahan pada nilai tegangan terminal (V_g) yang menurun meskipun tidak terlalu besar. Pada saat generator sinkron diberi beban induktif sebesar 20 W, maka terjadi penurunan tegangan terminal (V_g) dengan arus beban (I_b) yang bertambah. Nilai V_g tampak menurun jika dibandingkan beban induktif 15 W. Hal itu dikarenakan beban resistif-induktif menyerap arus jangkar (I_a) lebih besar untuk pembangkit fluks magnet beban induktif, maka dibutuhkan I_f yang lebih besar.

Untuk lebih jelas dapat dilihat perbedaan antara ketiga beban induktif pada gambar 7 berikut.



Gambar 7. Kurva perbandingan antara I_b dan V_g dengan perubahan daya beban induktif

Beban induktif memiliki faktor daya *lagging* (arus tertinggal 90° oleh tegangan). Dapat dijelaskan arus eksitasi

(I) sangat dipengaruhi oleh tegangan jangkar/ggl (E_a) dan arus beban (I_b/I_a) generator, sehingga pada saat arus jangkar

(Ia) meningkat dengan nilai yang lebih besar daripada saat berbeban resistif, maka I_f juga akan meningkat. Jika tegangan terminal mengalami (V_t) saturasi akan menyebabkan tegangan eksitasi (V_f) ikut saturasi dan V_t mengalami penurunan.

E. Percobaan Generator Sinkron Satu Fasa Saat Berbeban Resistif-Kapasitif (Penguat Sendiri)

Percobaan generator sinkron dengan beban resistif-kapasitif menggunakan beban berupa lampu pijar dan kapasitor yang dirangkai secara paralel. Arus eksitasi (I_f) diatur maksimum dan kecepatan putaran motor dibuat konstan 1500 rpm dengan beban yang berubah-ubah. Hasil data dapat dilihat pada tabel 10 berikut.

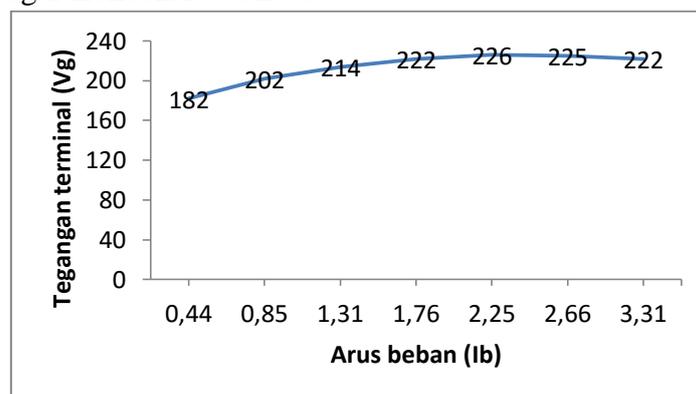
Tabel 10. Data percobaan berbeban resistif-kapasitif dengan penguat sendiri

Beban R + C (Kapasitor)	P beban (W)	V_f (V)	I_f (A)	V_g (V)	I beban (A)	$\cos \theta$	rpm
100 W + 2,75 μ F	72,1	15,2	0,64	182	0,44	0,88	1500
200 W + 2,75 μ F	171,4	19,1	0,78	202	0,85	0,96	1500
300 W + 3,25 μ F	284,8	21,5	0,92	214	1,31	0,97	1500
400 W + 3,25 μ F	407,4	24,4	1,05	222	1,76	0,98	1500
500 W + 4 μ F	531,2	26,8	1,16	226	2,25	0,98	1501
600 W + 4 μ F	636,3	28,9	1,25	225	2,66	0,98	1501
750 W + 5 μ F	800,2	31,8	1,38	222	3,31	0,98	1502

Dari tabel 10 data hasil percobaan, didapat arus beban (I_b) yang meningkat seiring semakin besar daya beban yang terpasang. Oleh karena arus beban yang semakin meningkat (I_b), maka arus eksitasi (I_f) yang mengalir juga semakin meningkat.

Dapat dilihat pada tabel dengan kecepatan putaran motor yang diatur konstan 1500 rpm agar frekuensi stabil 50

Hz dengan beban resistif dan kapasitif yang berubah-ubah, didapat arus beban yang semakin besar, maka pada tegangan terminal generator (V_t) akan terjadi peningkatan, sehingga diperoleh kurva karakteristik generator dengan membandingkan antara arus beban (I_b) dan tegangan terminal (V_t) seperti gambar 8 berikut.



Gambar 8. Kurva karakteristik generator sinkron satu fasa berbeban R-C dengan penguat sendiri

Untuk beban yang bersifat kapasitif seperti kapasitor bersifat menghasilkan daya reaktif dan menyerap daya aktif, sehingga tegangan terminal generator akan meningkat pada beban R-C ketika arus jangkar (I_a) semakin besar. Hal ini dikarenakan kapasitor memiliki kompensasi daya reaktif yang jika bertambah rangkaian paralelnya, akan semakin semakin besar pula kompensasinya. Dari tabel 10, dengan arus beban (I_b) yang meningkat akan terjadi peningkatan tegangan jangkar/ggl (E_a) karena faktor daya menjadi *leading* (arus

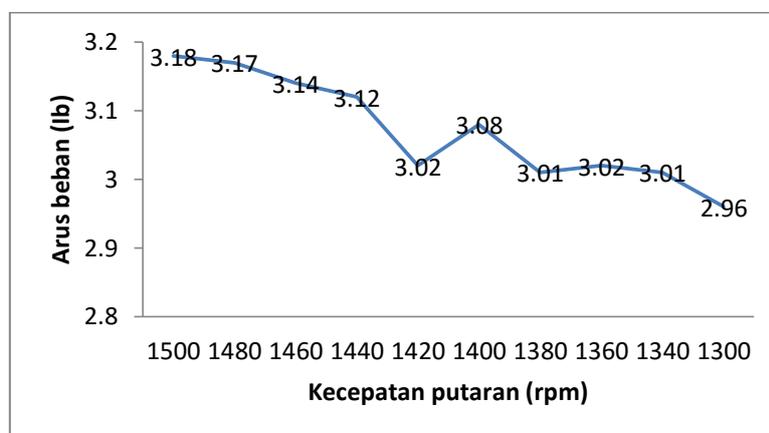
mendahului tegangan sebesar 90°), sehingga dibutuhkan pengaturan pada sistem eksitasi dengan menurunkan I_f pada saat terjadi kenaikan tegangan yang signifikan agar tegangan terminal (V_t) bisa pada nilai nominal 220 V.

F. Percobaan Untuk Mengetahui Karakteristik Generator Sinkron Satu Fasa Dengan Kecepatan Putar (n) Tidak Stabil

Berikut tabel 11 data hasil percobaan dan gambar 9, kurva hubungan antara kecepatan putar.

Tabel 11. Data hasil percobaan saat kecepatan putaran generator diturunkan

Kecepatan (rpm)	P (W)	Vg (V)	Ib (A)	Frek (Hz)	Cos θ
1500	668,3	189	3,18	51,1	1
1480	654,1	186	3,17	50,5	1
1460	630,1	183	3,14	49,7	1
1440	635,4	179	3,12	49,2	1
1420	600,1	171	3,02	48,4	1
1400	592,2	174	3,08	47,8	1
1380	578,1	168	3,01	47,1	1
1360	573,4	170	3,02	46,4	1
1340	559,5	168	3,01	45,7	1
1300	532,4	163	2,96	44,4	1



Gambar 9. Kurva perbandingan antara arus beban dan kecepatan putar dengan beban tetap (penguat sendiri)

Dari tabel 11, saat kecepatan putar diturunkan didapatkan arus beban (I_b)

semakin berkurang. Jika arus beban semakin berkurang, maka tegangan

terminal generator (V_g) juga ikut berkurang. Hal itu dikarenakan kecepatan putaran motor mempengaruhi nilai tegangan ggl/jangkar (E_a).

Dapat dijelaskan bahwa kecepatan putaran motor berbanding lurus dengan fluks magnet (Φ) yang dihasilkan kumparan jangkar. Jika kecepatan putaran motor (n) diturunkan, maka fluks magnet akan menjadi lebih sedikit, sehingga arus jangkar (I_a) yang mengalir ke beban menjadi berkurang. Namun, Tegangan terminal (V_g) juga mempengaruhi daya beban terukur (P) yang ikut berkurang dan lampu pijar menjadi redup daripada saat generator mencapai kecepatan 1500 rpm.

IV. KESIMPULAN

Dari keseluruhan percobaan dan analisa yang telah dilakukan untuk mengetahui karakteristik keluaran generator sinkron satu fasa, dapat diambil beberapa kesimpulan yaitu:

1. Saat generator sinkron satu fasa tidak diberi beban, baik dengan penguat sendiri maupun penguat luar, jika arus eksitasi semakin meningkat, maka tegangan terminal generator (V_g) juga akan semakin meningkat hingga pada saat mencapai titik jenuh tertentu.
2. Ketika generator sinkron satu fasa diberi beban, baik dengan penguat sendiri maupun penguat luar, jika beban yang terpasang semakin besar, maka tegangan terminal generator (V_g) akan menurun, terutama beban yang bersifat induktif. Beban induktif menyerap arus lebih besar untuk pembangkit medan magnet.
3. Sedangkan untuk beban yang bersifat resistif-kapasitif, tegangan terminal generator (V_g) akan meningkat terhadap arus beban yang semakin

besar. Saat diberi beban yang kecil, maka arus jangkar (I_a) juga kecil, sehingga kapasitor mengkompensasi daya reaktif dan terdapat proses arus balik ($I_a < I_c$) yang menyebabkan arus jangkar (I_a) bertambah.

4. Jika kecepatan putaran generator semakin turun dengan beban yang konstan, maka arus beban dan frekuensi akan ikut berkurang.
5. Kinerja sebuah generator sinkron satu fasa sangat dipengaruhi oleh arus eksitasi dan jenis beban.

V. DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Andi Tegar Pratama. 2017. *Analisis pengaruh perubahan beban terhadap karakteristik generator sinkron satu fasa*. Skripsi. Yogyakarta: Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
- [2]. Faisal, Ahmad. 2013. *Analisa Perbandingan Pengaruh Pembebanan Resistif, Induktif, Kapasitif Dan Kombinasi Beban RLC Terhadap Regulasi Tegangan Dan Efisiensi Pada Generator Sinkron Tiga Fasa*. e-jurnal. Medan: Universitas Sumatra Utara
- [3]. Sepannur, Bandri. 2013. *Analisa Pengaruh Perubahan Beban Terhadap Karakteristik Genertor Sinkron (Aplikasi PLTG Pauh Limo Padang)*. e-jurnal. Padang: Institut Teknologi Padang
- [4]. Syahputra, Rudi. 2012. *Pengaruh Perubahan Arus Eksitasi Terhadap Keluaran Generator Sinkron*. e-jurnal. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada

