

BAB IV

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Unjuk Kerja Generator Sinkron Satu Fasa Tanpa Beban dan Berbeban

Generator yang digunakan untuk penelitian tugas akhir ini adalah generator sinkron satu fasa 3 kVA dengan penggerak mula motor listrik tiga fasa 2.2 kW yang dikendalikan oleh *Generator Trainer MGT 0-1* dengan *VSD (Variable Speed Drive)* sebagai pengatur kecepatan putar motor tiga fasa berdasarkan besar frekuensi yang diberikan. Pada penelitian ini, untuk mengetahui karakteristik dari generator sinkron satu fasa yang diteliti maka dilakukan percobaan dengan mengoperasikan generator tanpa beban dan berbeban.

Percobaan tanpa beban pada penelitian ini adalah pengoperasian generator dengan menaikkan nilai arus eksitasi (I_f) generator secara konstan tanpa adanya beban pada terminal keluaran (*output*) generator untuk mengetahui karakteristik tegangan terminal generator (V_t) apabila arus eksitasi dinaikkan secara bertahap. Sehingga, di dapatkan grafik perbandingan antara besar arus eksitasi (I_f) terhadap tingginya tegangan terminal generator (V_t) yang disebut sebagai kurva karakteristik tegangan terminal sebagai fungsi arus eksitasi generator sinkron satu fasa tanpa beban dengan frekuensi (f) dan kecepatan putar generator dijaga dalam kondisi konstan yaitu 50 Hz dan 1500 rpm.

Percobaan generator sinkron satu fasa berbeban pada penelitian ini adalah pengoperasian generator menggunakan jenis beban yang berbeda dan mempunyai nilai yang berubah dengan arus eksitasi (I_f) dan kecepatan putar generator (n) yang

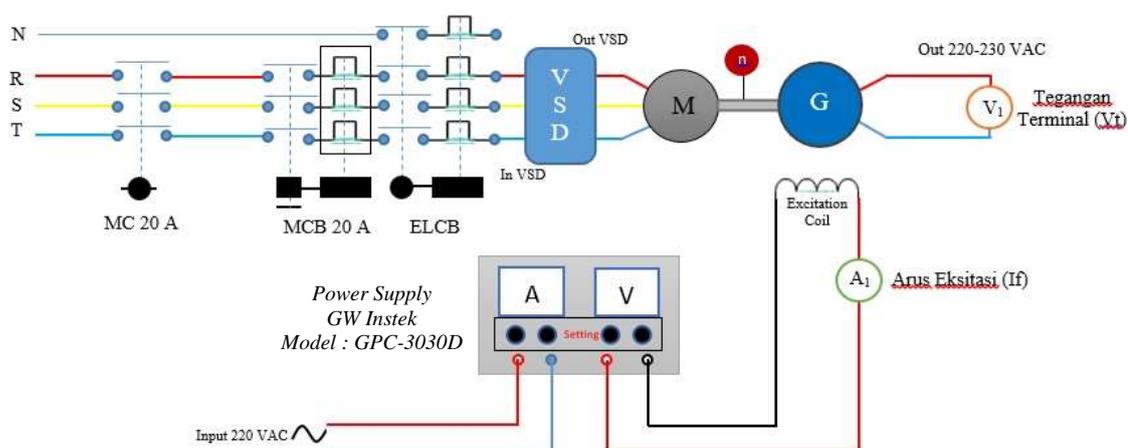
dijaga konstan 2 Ampere dan 1500 rpm, agar diketahui karakteristik generator dalam keadaan berbeban. Pada percobaan generator berbeban ini digunakan beban Resistif murni (R) sebagai percobaan yang pertama, percobaan dengan beban Resistif (R) dan Induktif (L) sebagai percobaan yang kedua, percobaan dengan beban Resistif (R) dan Kapasitif (C) sebagai percobaan yang ketiga. Digunakannya beban campuran baik itu RL ataupun RC ini untuk menyesuaikan dengan kondisi beban nyata di lapangan, bahwa beban yang ditopang oleh generator pada umumnya adalah beban campuran yang selalu berubah-ubah setiap waktunya sesuai dengan kebutuhan pelanggan. Dari penelitian ini diharapkan didapatkan data yang menggambarkan kondisi di lapangan untuk mengetahui karakteristik generator dengan berbagai jenis beban dan besar beban, sehingga dapat diketahui batas pembebanan generator agar pengoperasian generator maksimal serta cara untuk menjaga tegangan terminal (V_t) generator tetap stabil dalam pembebanan yang berubah-ubah.

4.2 Percobaan Generator Sinkron Satu Fasa Tanpa Beban Dengan Penguat Terpisah

Percobaan generator sinkron satu fasa tanpa beban dengan penguat medan generator (eksitasi) terpisah artinya sumber listrik untuk penguat medan (eksitasi) generator tidak diambil dari keluaran generator itu sendiri melainkan dari sumber lain. Pada percobaan ini sumber eksitasi generator berasal dari *Variable Power Supply AC to DC GW Instek Model : GPC-3030D* yang menyearahkan tegangan listrik 220 VAC dari PLN menjadi sumber tegangan DC yang dapat diatur sesuai kebutuhan antara 0-60 VDC dengan arus antara 0-6 Ampere. Percobaan ini

dilakukan untuk mengetahui karakteristik tegangan terminal (V_t) generator yang dapat disebut juga (E_a) apabila tidak ada beban pada terminal generator karena tidak adanya rugi-rugi pada kumparan generator sehingga nilai $V_t = E_a$.

Rangkaian Percobaan generator sinkron satu fasa tanpa beban dengan penguat terpisah dapat dilihat pada gambar 4.1 berikut ini :



Gambar 4.1 Rangkaian Percobaan Generator Sinkron Satu Fasa Tanpa Beban Dengan Penguat Terpisah

Data Percobaan generator sinkron satu fasa tanpa beban dengan penguat terpisah dapat dilihat pada tabel 4.1 berikut ini :

Tabel 4.1 Data Hasil Percobaan Generator Sinkron Satu Fasa Tanpa Beban
Dengan Penguat Terpisah

Frekuensi (f) : 50 Hz

Kecepatan (n) : 1500 rpm

No.	If (mA)	Vt (Volt)
1	0	0,0
2	50	15,8
3	100	24,1
4	150	33,6
5	200	41,5
6	250	50,3
7	300	60,8
8	350	69,5
9	400	79,2
10	450	87,3
11	500	97,5
12	550	105,1
13	600	113,2
14	650	120,7
15	700	129,1
16	750	136,4
17	800	144,3
18	850	149,6
19	900	157,4
20	950	163,8
21	1000	169,6
22	1050	175,2
23	1100	180,5
24	1150	187,1
25	1200	192,1
26	1250	196,6
27	1300	201,7
28	1350	206,6
29	1400	210,2
30	1450	213,8
31	1500	217,7
32	1550	221,6

Tabel 4.1 Data Hasil Percobaan Generator Sinkron Satu Fasa Tanpa Beban Dengan Penguat Terpisah (lanjutan)

No.	If (mA)	Vt (Volt)
33	1600	223,1
34	1650	228,0
35	1700	231,1
36	1750	234,5
37	1800	237,4
38	1850	240,1
39	1900	242,4
40	1950	245,4
41	2000	247,6

Dari tabel 4.1 data hasil percobaan generator sinkron satu fasa tanpa beban dengan penguat terpisah diatas di dapatkan kurva karakteristik tegangan terminal (V_t) sebagai fungsi arus eksitasi (I_f) generator sinkron satu fasa tanpa beban dengan penguat terpisah yang dapat dilihat pada gambar 4.2 berikut :



Gambar 4.2 Kurva Karakteristik Tegangan Terminal sebagai Fungsi Arus Eksitasi Generator Sinkron Satu Fasa Tanpa Beban Dengan Penguat Terpisah

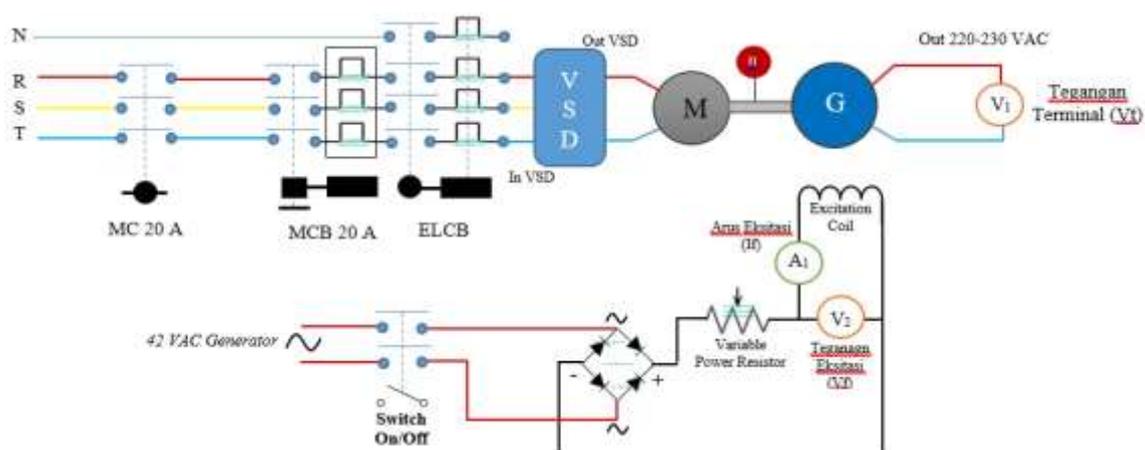
Dapat dilihat pada gambar kurva 4.2 diatas bahwa karakteristik generator sinkron satu fasa apabila arus eksitasi (I_f) yang diberikan semakin besar maka tegangan pada terminal generator (E_a) juga meningkat. Sehingga besarnya arus eksitasi (I_f) yang dinaikkan sampai keadaan tertentu akan mengakibatkan tegangan terminal generator tanpa beban (E_a) naik hingga mencapai titik saturasi (jenuh), seperti terlihat pada gambar kurva 4.2 diatas bahwa tegangan terminal tanpa beban (E_a) mulai mencapai keadaan saturasi pada saat diberikan arus eksitasi sebesar 900 mA. Hal ini menunjukkan karakteristik generator sinkron satu fasa tanpa beban jika diberikan arus eksitasi (I_f) yang semakin besar maka akan terjadi saturasi pada tegangan terminal generator (E_a). Pada percobaan ini diberikan arus eksitasi maksimal sesuai spesifikasi generator yaitu sebesar 2000 mA (2 A). Dengan arus eksitasi 2 A tersebut tegangan terminal generator mencapai 247,6 VAC. Pada percobaan generator dengan penguat terpisah ini, besar arus eksitasi yang dialirkan tidak dapat secara otomatis menyesuaikan besar beban yang ditopang oleh generator karena penguatan atau eksitasi bersumber pada *Power Supply* yang terpisah dan harus dioperasikan secara manual oleh manusia.

4.3 Percobaan Generator Sinkron Satu Fasa Tanpa Beban Dengan Penguat Sendiri

Percobaan generator sinkron satu fasa tanpa beban dengan penguat sendiri artinya sumber eksitasi generator menggunakan sumber listrik yang berasal dari keluaran generator itu sendiri yakni tegangan eksitasi maksimal 42 VAC yang disearahkan menggunakan dioda penyearah yang dapat menyuplai arus eksitasi (I_f)

maksimal 2 Ampere DC dengan tegangan eksitasi (V_f) hingga 42 VDC yang secara otomatis menyesuaikan kebutuhan penguatan generator berdasarkan besar beban yang ditopang oleh generator. Percobaan ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik tegangan terminal (V_t) generator yang dapat disebut juga (E_a) apabila tidak ada beban pada terminal generator karena tidak adanya rugi-rugi pada kumparan generator sehingga nilai $V_t = E_a$.

Rangkaian Percobaan generator sinkron satu fasa tanpa beban dengan penguat sendiri dapat dilihat pada gambar 4.3 berikut ini :



Gambar 4.3 Rangkaian Percobaan Generator Sinkron Satu Fasa Tanpa Beban Dengan Penguat Sendiri

Data Percobaan generator sinkron satu fasa tanpa beban dengan penguat sendiri dapat dilihat pada tabel 4.2 berikut ini :

Tabel 4.2 Data Hasil Percobaan Generator Sinkron Satu Fasa Tanpa Beban
Dengan Penguat Sendiri

Frekuensi (f) : 50 Hz

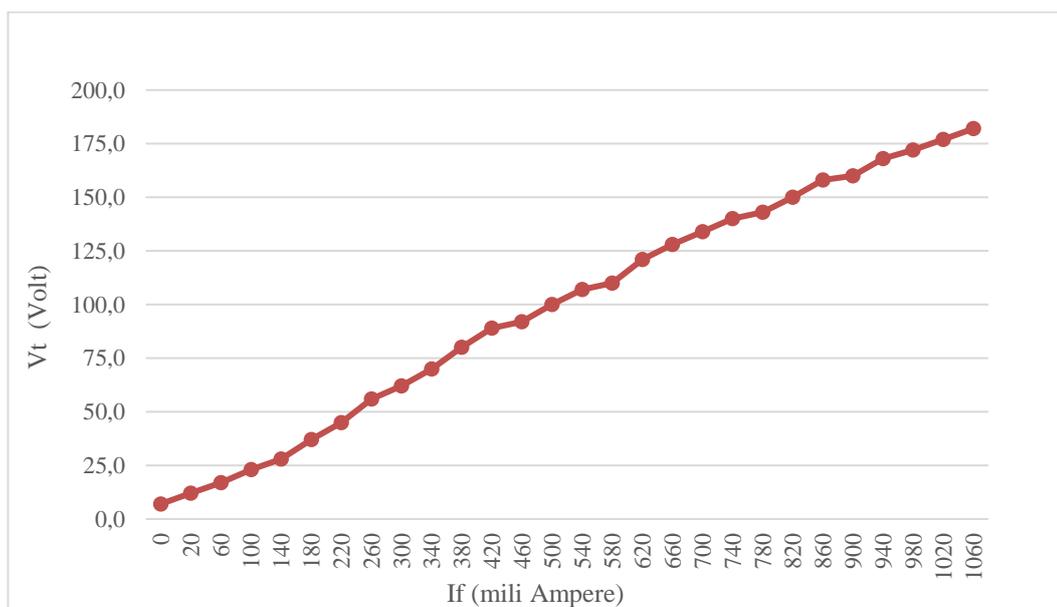
Kecepatan (n) : 1500 rpm

No.	If (mA)	Vt (Volt)
1	0	7,0
2	20	12,0
3	60	17,0
4	100	23,0
5	140	28,0
6	180	37,0
7	220	45,0
8	260	56,0
9	300	62,0
10	340	70,0
11	380	80,0
12	420	89,0
13	460	92,0
14	500	100,0
15	540	107,0
16	580	110,0
17	620	121,0
18	660	128,0
19	700	134,0
20	740	140,0
21	780	143,0
22	820	150,0
23	860	158,0
24	900	160,0
25	940	168,0

Tabel 4.2 Data Hasil Percobaan Generator Sinkron Satu Fasa Tanpa Beban Dengan Penguat Sendiri (lanjutan)

No.	If (mA)	Vt (Volt)
26	980	172,0
27	1020	177,0
28	1060	182,0

Dari tabel 4.2 data hasil percobaan generator sinkron satu fasa tanpa beban dengan penguat sendiri diatas di dapatkan kurva karakteristik tegangan terminal sebagai fungsi arus eksitasi generator sinkron satu fasa tanpa beban dengan penguat sendiri yang dapat dilihat pada gambar 4.4 berikut :



Gambar 4.4 Kurva Karakteristik Tegangan Terminal sebagai Fungsi Arus Eksitasi Generator Sinkron Satu Fasa Tanpa Beban Dengan Penguat Sendiri

Dapat dilihat pada gambar kurva 4.4 diatas yaitu kurva karakteristik tegangan terminal sebagai fungsi arus eksitasi generator sinkron satu fasa tanpa beban dengan penguat sendiri, sama dengan percobaan sebelumnya yaitu pada percobaan generator

dengan penguat terpisah apabila arus eksitasi (I_f) semakin besar maka tegangan pada terminal generator (E_a) juga meningkat. Pada generator dengan penguat sendiri dapat dilihat bahwa pada saat *Power Resistor* diputar pada keadaan maksimum (resistansi minimum), arus eksitasi maksimal yang dapat dialirkan saat generator tanpa beban hanya 1060 mA atau 1,06 A sehingga tegangan terminal saat generator tanpa beban yang terukur hanya 182,0 VAC. Hal tersebut terjadi karena pasokan arus eksitasi dihasilkan dari generator itu sendiri (penguat sendiri) yang secara otomatis akan menyesuaikan besar beban yang ditopang oleh generator. Pada saat generator tidak berbeban maka arus armatur sama dengan nol ($I_a = 0$) dengan demikian besar tegangan terminal ($V_t = E_a = E_0$), karena tidak adanya arus armatur (I_a) yang mengalir maka arus eksitasi (I_f) yang dialirkan kecil, berbeda pada saat generator berbeban maka arus armatur (I_a) akan mengalir dan menyebabkan timbulnya impedansi sinkron (Z_s) yang menyebabkan terjadinya jatuh tegangan sehingga tegangan terminal generator turun ($E_0 < V_t$). Adanya arus armatur (I_a) yang mengalir dan terjadinya jatuh tegangan membuat generator membutuhkan fluks putar yang lebih besar pada armatur untuk memproduksi GGL atau tegangan armatur yang lebih besar, dengan demikian arus eksitasi (I_f) yang dibutuhkan lebih besar dan pasokan arus eksitasi akan meningkat sesuai dengan besar arus armatur (I_a) atau besar beban yang ditopang untuk menjaga kestabilan kerja generator. Sehingga pada gambar kurva 4.4 diatas terlihat bahwa tegangan terminal generator tanpa beban dengan penguat sendiri belum mencapai titik saturasi karena arus eksitasi (I_f) dengan penguatan sendiri bersifat menyesuaikan besar arus eksitasi (I_f) berdasarkan besar

atau kecilnya arus armatur atau beban (I_a) yang ditopang untuk menjaga tegangan terminal (V_t) pada kondisi stabil.

Pasokan arus eksitasi yang secara otomatis menyesuaikan besar beban yang ditopang generator sangat penting untuk menjaga tegangan terminal (V_t) generator agar tetap stabil serta menjaga putaran generator (n) yang berpengaruh terhadap frekuensi (f) keluaran generator agar tetap stabil pada saat menopang jenis beban dan besar beban yang berubah-ubah. Sehingga, generator dapat beroperasi secara kontinyu dan maksimal walaupun jenis beban dan besar beban yang ditopang berubah-ubah.

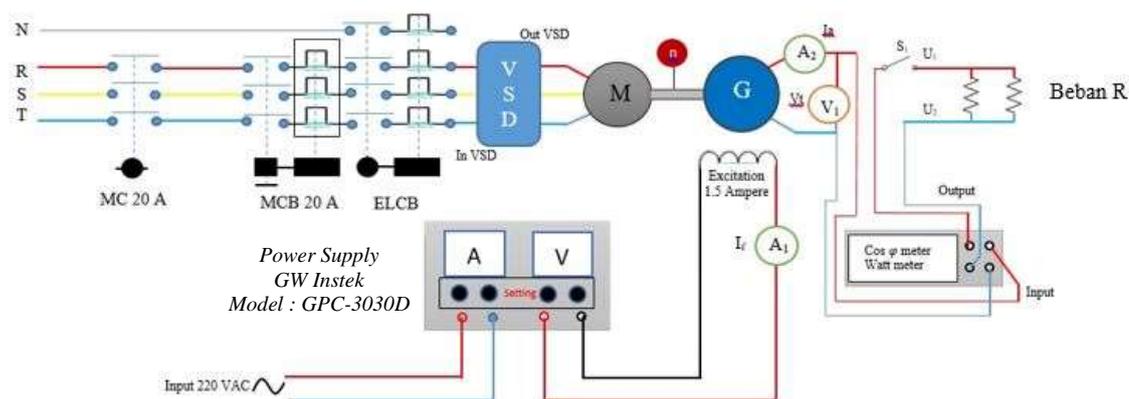
4.4 Percobaan Generator Sinkron Satu Fasa Berbeban Dengan Penguat

Terpisah

Pada percobaan generator sinkron satu fasa berbeban dengan penguat terpisah ini, digunakan beban campuran untuk menggambarkan beban generator pada jaringan yang sebenarnya dimana beban yang ditopang oleh generator adalah beban campuran yang dapat berupa beban resistif murni (R), beban resistif induktif (R L) dan beban resistif-kapasitif (R C) dengan arus eksitasi (I_f) yang berasal dari *Variable Power Supply AC to DC GW instek Model : GPC-3030D* agar (I_f) dapat dijaga tetap yakni 2 Ampere dan untuk mendapatkan frekuensi yang tetap 50 Hz maka pada percobaan ini putaran juga dijaga tetap yaitu pada kecepatan 1500 rpm, sehingga dapat diketahui akibat dari penambahan jenis beban dan besar daya beban (P) yang berubah-ubah terhadap tegangan terminal (V_t) dan arus beban (I_a) pada generator sinkron satu fasa.

4.4.1 Percobaan Berbeban Resistif Murni (R) Dengan Penguat Terpisah

Rangkaian Percobaan generator sinkron satu fasa berbeban resistif murni (R) dengan penguat terpisah dapat dilihat pada gambar 4.5 berikut ini :



Gambar 4.5 Rangkaian Percobaan Generator Sinkron Satu Fasa Berbeban Resistif Murni (R) Dengan Penguat Terpisah

Percobaan berbeban resistif murni (R) dengan penguat terpisah ini menggunakan beban berupa lampu pijar yang dirangkai parallel hingga 850 Watt ditambah 2 buah setrika dengan daya masing-masing setrika yaitu 350 Watt. Arus eksitasi (I_f) dan kecepatan putar (n) dijaga konstan dengan perubahan besar daya beban yang dapat dilihat pada tabel 4.3 percobaan berikut :

Tabel 4.3 Data Hasil Percobaan Berbeban Resistif Murni (R)

Dengan Penguat Terpisah

Arus Eksitasi (I_f) : 2 AmpereKecepatan Putar (n) : 1500 rpm

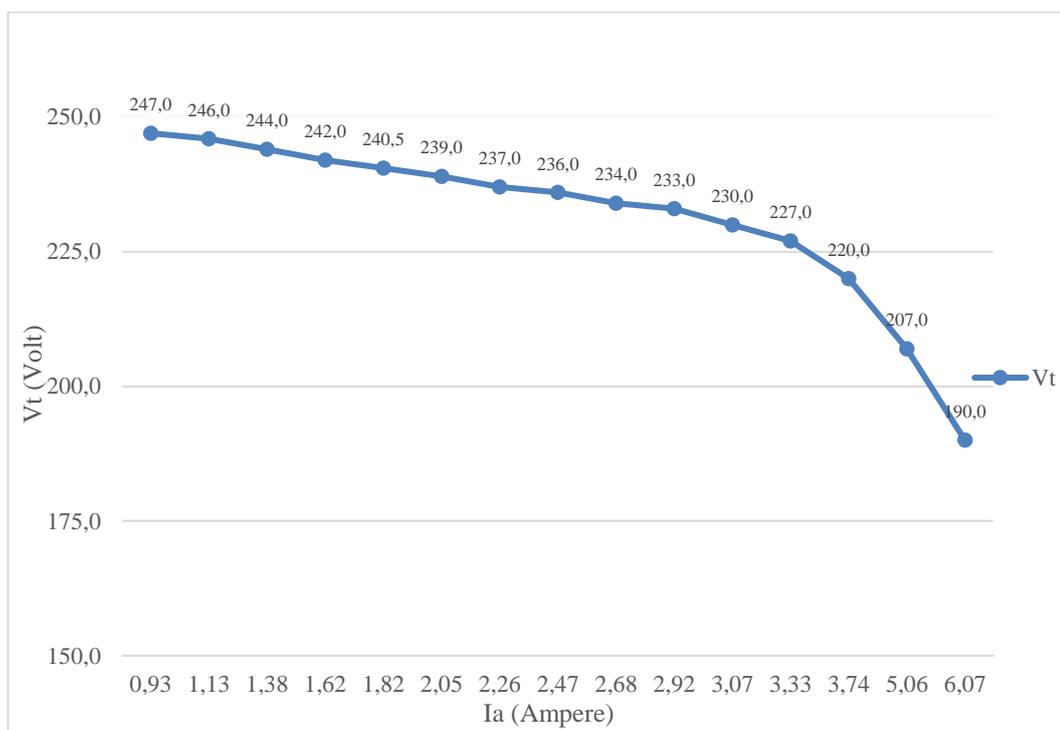
Frekuensi : 50 Hz

Faktor daya ($\cos \varphi$) : 1

No.	Besar Daya Beban Lampu	P (Watt)	V_t (Volt)	I_a (Ampere)	n (Rpm)	Freq (Hz)	$\cos \varphi$
1.	Bolam 200 Watt (17,3 Ohm)	229,7	247,0	0,93	1500	50	1
2.	Bolam 250 Watt (13,0 Ohm)	278,0	246,0	1,13	1500	50	1
3.	Bolam 300 Watt (10,6 Ohm)	336,7	244,0	1,38	1500	50	1
4.	Bolam 350 Watt (9,3 Ohm)	392,0	242,0	1,62	1500	50	1
5.	Bolam 400 Watt (8,2 Ohm)	437,7	240,5	1,82	1500	50	1
6.	Bolam 450 Watt (7,3 Ohm)	490,0	239,0	2,05	1500	50	1
7.	Bolam 500 Watt (6,5 Ohm)	535,6	237,0	2,26	1500	50	1
8.	Bolam 550 Watt (6,2 Ohm)	582,9	236,0	2,47	1500	50	1
9.	Bolam 600 Watt (5,5 Ohm)	627,1	234,0	2,68	1500	50	1
10.	Bolam 650 Watt (5,2 Ohm)	680,4	233,0	2,92	1500	50	1
11.	Bolam 700 Watt (4,8 Ohm)	706,1	230,0	3,07	1500	50	1
12.	Bolam 750 Watt (4,6 Ohm)	755,9	227,0	3,33	1500	50	1
13.	Bolam 850 Watt (4,3 Ohm)	822,8	220,0	3,74	1500	50	1
14.	Bolam 1200 Watt (3,0 Ohm)	1047,4	207,0	5,06	1500	50	1
15.	Bolam 1550 Watt (2,5 Ohm)	1153,3	190,0	6,07	1500	50	1

Dari tabel 4.3 data hasil percobaan generator berbeban resistif murni (R) diatas arus eksitasi (I_f) dijaga konstan 2 Ampere sesuai dengan eksitasi maksimal generator, kecepatan putar (n) dijaga konstan 1500 rpm agar frekuensi yang dihasilkan generator juga konstan yakni 50 Hz dengan besar daya beban resistif yang dinaikkan secara konstan untuk mengetahui akibat dari pembebanan jenis beban resistif (R) sehingga didapatkan kurva karakteristik generator yang akan membandingkan tegangan terminal (V_t) terhadap arus beban (I_a) yang ditopang generator untuk mengetahui karakteristik generator sinkron satu fasa apabila

dibebani beban resistif. Kurva karakteristik dan analisis karakteristik generator sinkron satu fasa berbeban resistif murni (R) dengan penguat terpisah dapat dilihat pada gambar 4.6 kurva perbandingan berikut :



Gambar 4.6 Kurva Perbandingan Tegangan Terminal Terhadap Arus Beban Generator Sinkron Satu Fasa Berbeban Resistif Dengan Penguat Terpisah

Pada gambar 4.6 kurva diatas menunjukkan perbandingan antara tegangan terminal (V_t) terhadap arus beban (I_a), dimana pada kurva diatas dapat dilihat penurunan tegangan terminal (V_t) yang disebabkan karena bertambah besarnya arus yang dibutuhkan oleh beban resistif. Besar GGL armatur generator tanpa beban (E_0) adalah :

$$E_0 = V_t + I_a \cdot Z_s$$

Sehingga besar tegangan terminal pada saat generator berbeban adalah :

$$V_t = E_0 - I_a \cdot Z_s$$

Adanya arus armatur (I_a) yang mengalir dan semakin besar seiring bertambahnya beban resistif (R) serta adanya impedansi sinkron (Z_s) pada saat generator berbeban menyebabkan jatuhnya tegangan generator, jatuhnya tegangan generator disebabkan oleh adanya $I_a \cdot Z_s$ yang semakin besar itulah yang menyebabkan tegangan terminal (V_t) generator turun sehingga $V_t < E_0$.

Semakin banyak beban resistif yang di pasang secara parallel pada sistem akan mengakibatkan naiknya arus armatur (I_a) sesuai dengan hukum Ohm yaitu :

$$I = V/R$$

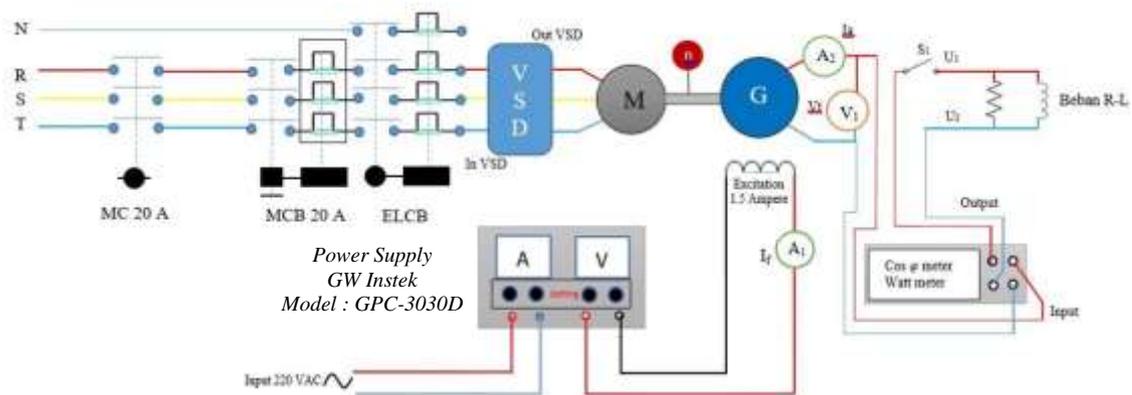
Pada beban resistif murni (R) dengan tegangan yang dijaga tetap, apabila beban dirangkai secara parallel maka nilai resistansi beban resistif semakin kecil. Karena tegangan dijaga konstan apabila resistansi beban semakin kecil, akan membuat arus yang mengalir semakin besar sesuai dengan hukum Ohm diatas.

Usaha yang dilakukan untuk menjaga kestabilan tegangan terminal (V_t) dan frekuensi (f) generator apabila generator dibebani dengan daya beban resistif (R) yang besar yang menyebabkan penurunan tegangan (*drop voltage*) pada tegangan terminal generator (V_t) diikuti dengan penurunan kecepatan putar generator (n) yaitu dengan melakukan pengaturan pada sisi penguat (eksitasi) dengan memperbesar arus eksitasi (I_f) yang akan menambah flux putar rotor sehingga flux pada armatur meningkat dan tegangan terminal dapat dijaga konstan pada tegangan nominal output generator yaitu 220-230 Volt. Selain menyebabkan penurunan tegangan, beban resistif juga membuat penurunan kecepatan putar (n) pada generator yang akan

menyebabkan frekuensi (f) keluaran dari generaor juga turun sehingga diperlukan penambahan kecepatan putar pada penggerak mula (dalam percobaan ini dengan menaikkan kecepatan putar motor penggerak 3 fasa) hingga mencapai kecepatan putar nominal dan dipertahankan pada kecepatan konstan yaitu 1500 rpm untuk menjaga frekuensi (f) keluaran yang dihasilkan generator konstan sebesar 50 Hz.

4.4.2 Percobaan Berbeban Resistif-Induktif (R-L) Dengan Penguat Terpisah

Rangkaian Percobaan generator sinkron satu fasa berbeban resistif- induktif (R-L) dengan penguat terpisah dapat dilihat pada gambar 4.7 berikut ini :



Gambar 4.7 Rangkaian Percobaan Generator Sinkron Satu Fasa Berbeban Resistif-Induktif (R-L) Dengan Penguat Terpisah

Percobaan berbeban resistif dan induktif (R-L) dengan penguat terpisah ini menggunakan beban berupa lampu pijar, strika dan lampu hemat energi (SL) yang dirangkai secara parallel. Arus eksitasi (I_f) dan kecepatan putar (n) dijaga konstan dengan perubahan besar daya beban yang dapat dilihat pada tabel 4.4 percobaan berikut :

Tabel 4.4 Data Hasil Percobaan Berbeban Resistif-Induktif (R-L)

Dengan Penguat Terpisah

Arus Eksitasi (I_f) : 2 AmpereKecepatan Putar (n) : 1500 rpm

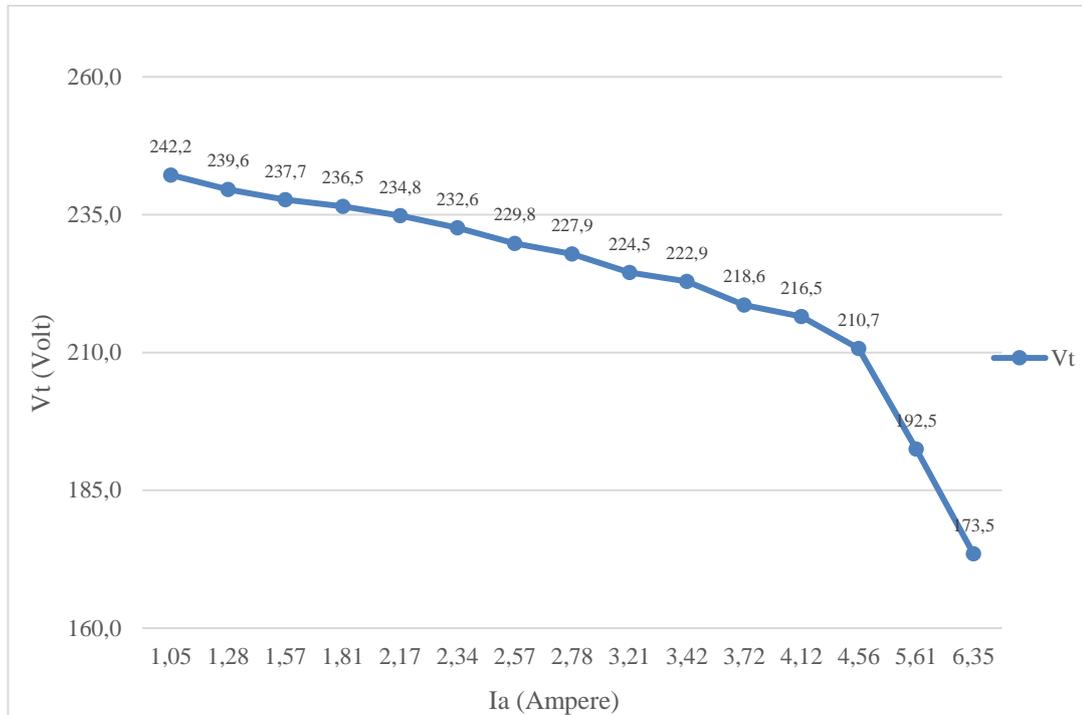
Frekuensi : 50 Hz

Faktor Daya ($\cos \varphi$) : *Lagging*

No.	Besar Daya Beban Lampu	P (Watt)	V _t (Volt)	I _a (Ampere)	n (Rpm)	Freq (Hz)	Cos φ
1.	200 Watt + SL 26 W	247,3	242,2	1,05	1500	50	0,99
2.	250 Watt + SL 26 W	306,1	239,6	1,28	1500	50	0,993
3.	300 Watt + SL 46 W	371,2	237,7	1,57	1500	50	0,991
4.	350 Watt + SL 46 W	426,6	236,5	1,81	1500	50	0,993
5.	400 Watt + SL 72 W	505,3	234,8	2,17	1500	50	0,989
6.	450 Watt + SL 72 W	545,9	232,6	2,34	1500	50	0,991
7.	500 Watt + SL 85 W	596,6	229,8	2,57	1500	50	0,989
8.	550 Watt + SL 85 W	649,2	227,9	2,78	1500	50	0,991
9.	600 Watt + SL 131 W	728,5	224,5	3,21	1500	50	0,981
10.	650 Watt + SL 131 W	772,4	222,9	3,42	1500	50	0,988
11.	700 Watt + SL 170 W	824,7	218,6	3,72	1500	50	0,983
12.	750 Watt + SL 170 W	879,6	216,5	4,12	1500	50	0,984
13.	850 Watt + SL 196 W	950,7	210,7	4,56	1500	50	0,984
14.	1200 Watt + SL 219 W	1063,7	192,5	5,61	1500	50	0,985
15.	1520 Watt + SL 219 W	1091,8	173,5	6,35	1500	50	0,991

Dari tabel 4.4 Data Hasil Percobaan berbeban resistif-induktif (R-L) dengan arus eksitasi (I_f) dijaga konstan 2 Ampere sesuai dengan eksitasi maksimal generator, kecepatan putar (n) dijaga konstan 1500 rpm agar frekuensi yang dihasilkan generator juga konstan yakni 50 Hz dengan besar daya beban resistif-induktif yang dinaikkan secara konstan untuk mengetahui akibat dari penambahan beban resistif-induktif (R-L) terhadap karakteristik generator sinkron satu fasa, sehingga didapatkan kurva karakteristik generator yang akan membandingkan tegangan terminal (V_t) terhadap arus beban (I_a) yang ditopang generator. Kurva karakteristik

dan analisis karakteristik generator sinkron satu fasa berbeban resistif-induktif (R-L) dengan penguat terpisah dapat dilihat pada gambar 4.8 kurva perbandingan berikut :



Gambar 4.8 Kurva Perbandingan Tegangan Terminal terhadap Arus Beban Pada Beban Resistif-Induktif Dengan Penguat Terpisah

Dari gambar 4.8 kurva perbandingan tegangan terminal terhadap arus beban pada beban resistif-induktif dengan penguat terpisah terlihat penurunan tegangan terminal (V_t) seiring dengan bertambahnya arus beban (I_a) resistif-induktif dimana pada kurva beban resistif-induktif (R-L) diatas terjadi penurunan tegangan yang signifikan atau lebih tajam dibandingkan pada beban resistif murni (R). Hal tersebut terjadi karena beban resistif-induktif (R-L) menyerap arus armatur (I_a) yang lebih besar sehingga harga arus armatur (I_a) lebih besar disebabkan oleh adanya beban induktif (L) yang bersifat menyerap arus armatur (I_a) yang besar untuk kebutuhan

pembangkitkan medan magnet (*flux*) pada beban yang bersifat induktif. Besar GGL armatur generator tanpa beban (E_0) adalah :

$$E_0 = V_t + I_a \cdot Z_s$$

Sehingga besar tegangan terminal pada saat generator berbeban adalah :

$$V_t = E_0 - I_a \cdot Z_s$$

Pada saat generator berbeban resistif-induktif (R-L) nilai arus armatur (I_a) yang mengalir pada beban resistif-induktif (R-L) lebih besar dibandingkan nilai arus armatur (I_a) pada generator berbeban resistif murni (R) serta adanya impedansi sinkron (Z_s) yang menyebabkan jatuhnya tegangan generator, jatuhnya tegangan generator akibat adanya $I_a \cdot Z_s$ yang nilainya lebih besar pada beban resistif-induktif (R-L) itulah yang menyebabkan jatuh tegangan lebih besar, sehingga tegangan terminal (V_t) generator berbeban resistif-induktif (R-L) turun lebih tajam atau lebih signifikan dibandingkan pada generator berbeban resistif murni (R).

Pada dasarnya, sifat dari beban induktif murni (L) hanya menurunkan tegangan terminal (V_t) akibat nilai $I_a \cdot Z_s$ yang lebih besar, tetapi tidak begitu berpengaruh terhadap penurunan kecepatan putar generator (n) yang disebabkan karena sifat beban induktif yang hanya mengkonsumsi daya reaktif (Q). Akan tetapi pada percobaan dengan beban resistif-induktif (R-L) ini terjadi penurunan tegangan terminal (V_t) diikuti dengan penurunan kecepatan putar generator (n), hal itu disebabkan adanya beban resistif (R) yang bertambah besar.

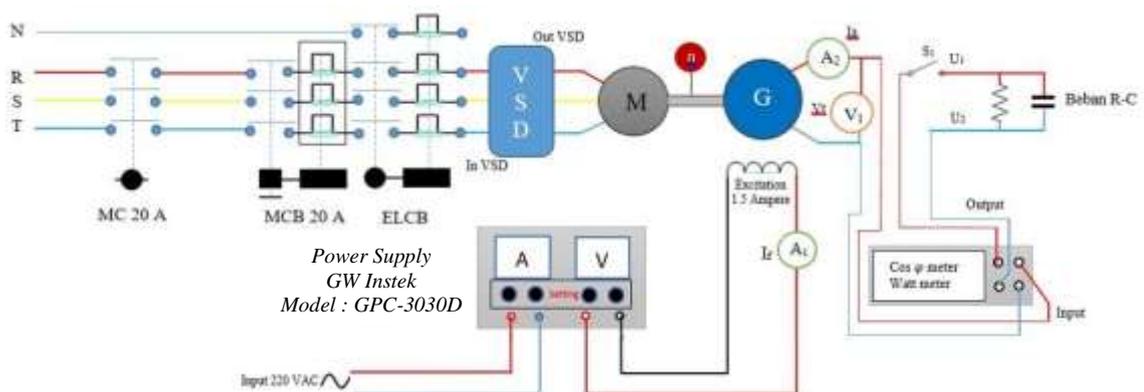
Usaha untuk menjaga kestabilan tegangan terminal (V_t) dan frekuensi (f) keluaran dari generator apabila beban resistif-induktif (R-L) semakin besar yaitu melakukan pengaturan pada penguatan (eksitasi) generator dengan memperbesar

arus eksitasi (I_f) agar tidak terjadi turun tegangan (*drop voltage*) pada tegangan terminal generator (V_t) yang signifikan atau tajam sehingga tegangan terminal dapat dijaga konstan pada tegangan nominal output generator yaitu 220-230 Volt. Apabila terlihat terjadi penurunan kecepatan putar generator (n) yang akan membuat frekuensi (f) keluaran dari generator juga turun walaupun tidak terlalu signifikan, dapat diatasi dengan menaikkan kecepatan putar penggerak mula (dalam percobaan ini dengan menaikkan kecepatan putar motor penggerak 3 fasa) sehingga kecepatan putar generator dapat dipertahankan pada kecepatan konstan 1500 rpm agar frekuensi (f) keluaran generator juga pada nilai yang konstan yaitu 50 Hz.

4.4.3 Percobaan Berbeban Resistif-Kapasitif (R-C) Dengan Penguat

Terpisah

Rangkaian Percobaan generator sinkron satu fasa berbeban resistif-kapasitif (R-C) dengan penguat terpisah dapat dilihat pada gambar 4.9 berikut ini :



Gambar 4.9 Rangkaian Percobaan Generator Sinkron Satu Fasa Berbeban Resistif-Kapasitif (R-C) Dengan Penguat Terpisah

Percobaan berbeban resistif dan kapasitif (R-C) dengan penguat terpisah ini menggunakan beban berupa lampu pijar, setrika dan kapasitor yang dirangkai secara parallel. Arus eksitasi (I_f) dan kecepatan putar (n) dijaga konstan dengan perubahan besar daya beban yang dapat dilihat pada tabel 4.5 percobaan berikut :

Tabel 4.5 Data Hasil Percobaan Berbeban Resistif-Kapasitif (R-C)

Dengan Penguat Terpisah

Arus Eksitasi (I_f) : 2 Ampere

Kecepatan Putar (n) : 1500 rpm

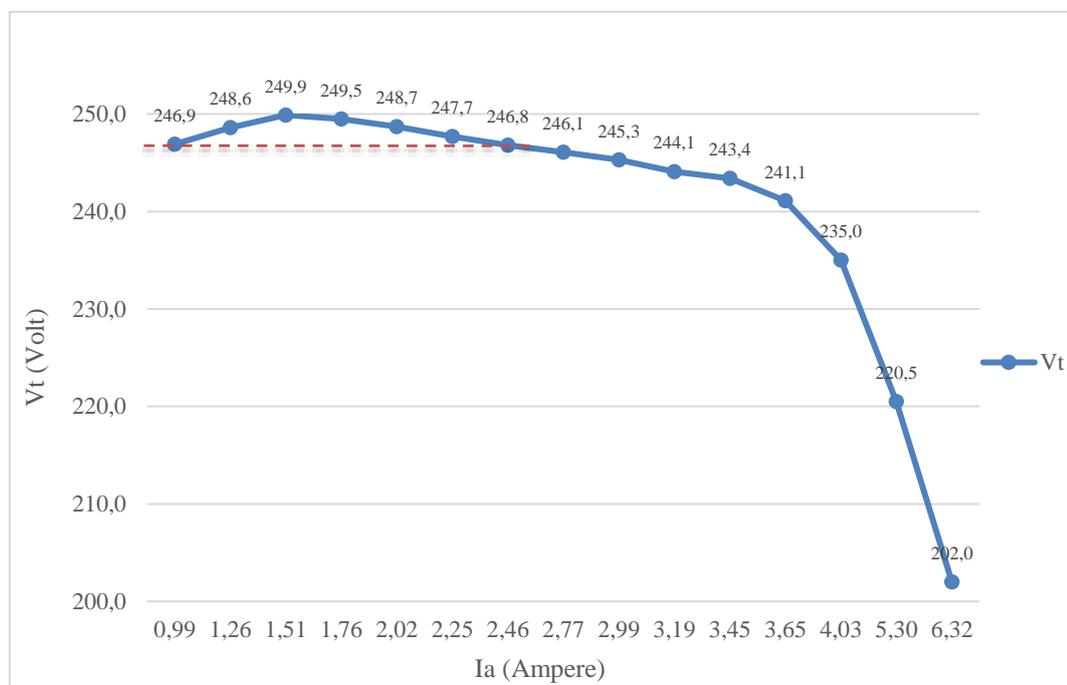
Frekuensi : 50 Hz

Faktor daya ($\cos \phi$) : *Leading*

No.	Besar Daya Beban Lampu Dan Kapasitas Kapasitor	P (Watt)	Vt (Volt)	Ia (Ampere)	n (Rpm)	Freq (Hz)	Cos ϕ
1.	200 Watt (17,3 Ohm) + 4,25 uF	225,5	246,9	0,99	1500	50	0,918
2.	250 Watt (13,0 Ohm) + 6,00 uF	289,5	248,6	1,26	1500	50	0,928
3.	300 Watt (10,6 Ohm) + 7,25 uF	343,0	249,9	1,51	1500	50	0,907
4.	350 Watt (9,3 Ohm) + 8,25 uF	404,7	249,5	1,76	1500	50	0,922
5.	400 Watt (8,2 Ohm) + 9,25 uF	460,5	248,7	2,02	1500	50	0,917
6.	450 Watt (7,3 Ohm) + 10,00 uF	514,6	247,7	2,25	1500	50	0,925
7.	500 Watt (6,5 Ohm) + 12,75 uF	568,5	246,8	2,46	1500	50	0,929
8.	550 Watt (6,2 Ohm) + 12,75 uF	633,0	246,1	2,77	1500	50	0,923
9.	600 Watt (5,5 Ohm) + 13,25 uF	677,0	245,3	2,99	1500	50	0,928
10.	650 Watt (5,2 Ohm) + 13,25 uF	731,0	244,1	3,19	1500	50	0,938
11.	700 Watt (4,8 Ohm) + 14,25 uF	782,0	243,4	3,45	1500	50	0,932
12.	750 Watt (4,6 Ohm) + 14,25 uF	828,0	241,1	3,65	1500	50	0,941
13.	850 Watt (4,3 Ohm) + 16,00 uF	901,7	235,0	4,03	1500	50	0,952
14.	1200 Watt (3,0 Ohm) +16,00 uF	1134,8	220,5	5,30	1500	50	0,971
15.	1550 Watt (2,5 Ohm) + 16,00 uF	1262,6	202,0	6,32	1500	50	0,989

Dari tabel 4.5 Data Hasil Percobaan berbeban resistif-kapasitif (R-C) dengan arus eksitasi (I_f) dijaga konstan 2 Ampere sesuai dengan eksitasi maksimal generator, kecepatan putar (n) dijaga konstan 1500 rpm agar frekuensi yang dihasilkan generator juga konstan yakni 50 Hz dengan besar daya beban resistif-kapasitif yang

dinaikkan secara konstan untuk mengetahui akibat dari penambahan beban resistif-kapasitif terhadap karakteristik generator sinkron satu fasa dengan penguat terpisah, sehingga didapatkan kurva karakteristik generator yang akan membandingkan tegangan terminal (V_t) terhadap arus beban (I_a) yang ditopang. Kurva karakteristik dan analisis karakteristik generator sinkron satu fasa berbeban resistif-kapasitif (R-C) dengan penguat terpisah dapat dilihat pada gambar 4.10 kurva perbandingan berikut :



Gambar 4.10 Kurva Perbandingan Tegangan Terminal terhadap Arus Beban Pada Beban Resistif-Kapasitif Dengan Penguat Terpisah

Dari gambar 4.10 kurva perbandingan tegangan terminal (V_t) terhadap arus beban (I_a) pada beban resistif-kapasitif (R-C) dengan penguat terpisah diatas menunjukkan terjadinya kenaikan tegangan terminal (V_t) generator sesaat, kemudian

tegangan terminal (V_t) berangsur turun seiring dengan kenaikan arus beban (I_a) pada setiap penambahan beban resistif-kapasitif (R-C).

Naiknya tegangan pada generator berbeban resistif-kapasitif (R-C) ketika arus armatur (I_a) kecil karena adanya kompensasi daya reaktif dimana arus yang diserap beban atau arus armatur (I_a) lebih kecil daripada arus yang dihasilkan oleh kapasitor sehingga terjadi arus balik yang menyebabkan armatur/jangkar teraliri atau mendapat tambahan arus dari kapasitor (I_c) yang membuat naiknya tegangan armatur sehingga tegangan terminal (V_t) naik, tetapi ketika beban resistif (R) bertambah besar dan arus armatur (I_a) naik maka kapasitor tidak lagi mampu mengalirkan arus balik ke armatur generator tetapi arus dari kapasitor mengalir ke beban resistif, sehingga kapasitor bersifat mengkompensasi daya reaktif pada beban resistif, dengan semakin besarnya beban resistif yang ditopang generator maka nilai arus armatur (I_a) juga semakin besar dan menimbulkan impedansi sinkron (Z_s) yang menyebabkan jatuh tegangan (*drop voltage*). Jatuhnya tegangan generator disebabkan oleh adanya $I_a \cdot Z_s$ yang semakin besar sehingga menyebabkan tegangan terminal (V_t) generator turun.

Beban kapasitif murni (C) pada dasarnya tidak mempengaruhi kecepatan putar (n) generator, yang mempengaruhi kecepatan putar generator adalah adanya beban resistif (R) yang bertambah besar sehingga menurunkan kecepatan putar (n) generator.

Usaha untuk menjaga kestabilan tegangan terminal (V_t) dan frekuensi (f) generator apabila beban resistif-kapasitif (R-C) yang ditopang generator semakin besar yaitu pengaturan pada penguatan (eksitasi) generator dengan memperkecil arus eksitasi (I_f) pada saat terjadi kenaikan tegangan sesaat dan memperbesar arus eksitasi

(I_f) apabila beban yang ditopang semakin besar yang akan menyebabkan turun tegangan (*drop voltage*) seperti pada kurva 4.10 agar tegangan terminal generator (V_t) tidak naik terlalu tinggi dan tidak turun terlalu rendah sehingga tegangan terminal dapat dijaga konstan pada tegangan nominal output generator yaitu 220-230 Volt. Selain itu apabila terlihat terjadi penurunan kecepatan putar generator (n) yang akan membuat frekuensi (f) keluaran dari generator juga turun walaupun tidak terlalu signifikan, dapat diatasi dengan menaikkan kecepatan putar penggerak mula (dalam percobaan ini dengan menaikkan kecepatan putar motor penggerak 3 fasa) sehingga kecepatan putar generator dapat dipertahankan pada kecepatan konstan 1500 rpm agar frekuensi (f) keluaran generator juga pada nilai yang konstan yaitu 50 Hz.

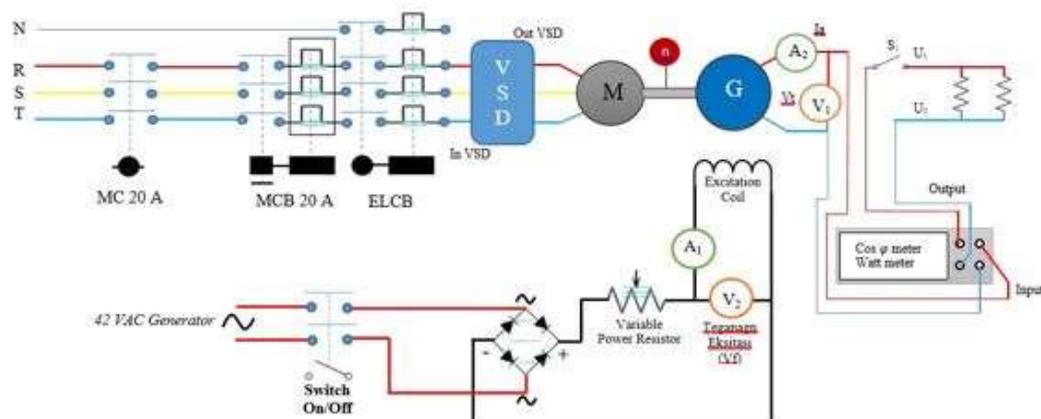
4.5 Percobaan Generator Sinkron Satu Fasa Berbeban Dengan Penguat Sendiri

Pada percobaan generator sinkron satu fasa berbeban dengan penguat sendiri ini, sumber eksitasi generator menggunakan sumber listrik yang diambil dari keluaran generator itu sendiri yakni tegangan eksitasi maksimal 42 VAC yang disearahkan menggunakan dioda penyearah yang dapat menyuplai arus eksitasi (I_f) 2 Ampere DC dengan tegangan eksitasi (V_f) hingga 42 VDC yang secara otomatis berubah menyesuaikan kebutuhan penguatan generator berdasarkan besar arus beban yang ditopang oleh generator. Besar kecilnya arus eksitasi (I_f) sebagai pembangkit fluks magnet pada rotor generator sangat dipengaruhi oleh Ggl armatur/tegangan armatur (E_a) yang dihasilkan generator. Ggl armatur (E_a) yang dibangkitkan generator pada saat generator mulai diputar berasal dari GGM sisa/tinggal yang ada

pada inti magnet generator. Beban yang digunakan pada percobaan ini adalah beban campuran untuk menggambarkan beban generator pada jaringan yang sebenarnya dimana beban yang ditopang oleh generator adalah beban campuran yang dapat berupa beban resistif murni (R), beban resistif induktif (R L) dan beban resistif-kapasitif (R C) dengan putaran yang dijaga tetap 1500 rpm untuk mendapatkan frekuensi output generator yang juga tetap yakni 50 Hz.

4.5.1 Percobaan Berbeban Resistif Murni (R) Dengan Penguat Sendiri

Rangkaian Percobaan generator sinkron satu fasa dengan beban resistif murni (R) dengan penguat sendiri dapat dilihat pada gambar 4.11 berikut ini :



Gambar 4.11 Rangkaian Percobaan Generator Sinkron Satu Fasa

Berbeban Resistif Murni (R) Dengan Penguat Sendiri

Percobaan berbeban resistif murni (R) dengan penguat sendiri ini menggunakan beban berupa lampu pijar yang dirangkai parallel hingga 850 Watt. Kecepatan putar (n) dijaga konstan dengan perubahan besar daya beban yang dapat dilihat pada tabel 4.6 percobaan berikut :

Tabel 4.6 Data Hasil Percobaan Berbeban Resistif Murni (R)

Dengan Penguat Sendiri

Kecepatan Putar (n) : 1500 rpm

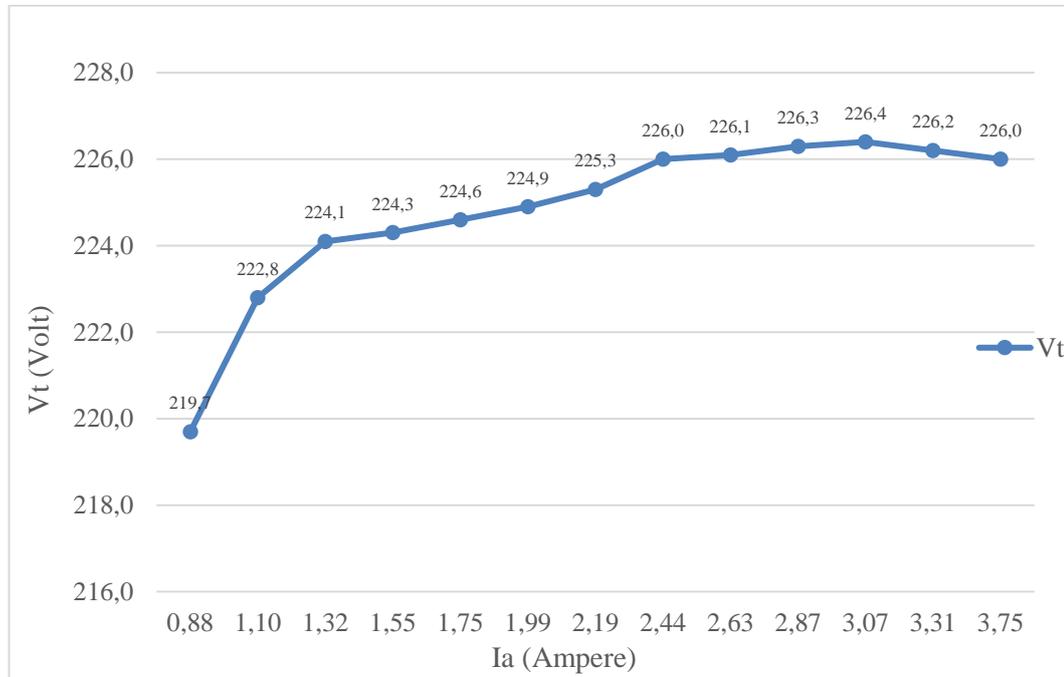
Frekuensi : 50 Hz

Faktor daya ($\cos \varphi$) : 1

No.	Besar Daya Beban Lampu	P (Watt)	V _t (Volt)	I _a (Ampere)	I _f (Ampere)	n (Rpm)	Freq (Hz)	Cos φ
1	200 Watt (17,3 Ohm)	193,8	219,7	0,88	1,48	1500	50	1
2	250 Watt (13,0 Ohm)	245,8	222,8	1,10	1,52	1500	50	1
3	300 Watt (10,6 Ohm)	297,5	224,1	1,32	1,56	1500	50	1
4	350 Watt (9,3 Ohm)	349,0	224,3	1,55	1,58	1500	50	1
5	400 Watt (8,2 Ohm)	394,7	224,6	1,75	1,60	1500	50	1
6	450 Watt (7,3 Ohm)	446,9	224,9	1,99	1,66	1500	50	1
7	500 Watt (6,5 Ohm)	494,5	225,3	2,19	1,70	1500	50	1
8	550 Watt (6,2 Ohm)	551,5	226,0	2,44	1,73	1500	50	1
9	600 Watt (5,5 Ohm)	597,0	226,1	2,63	1,77	1500	50	1
10	650 Watt (5,2 Ohm)	650,0	226,3	2,87	1,81	1500	50	1
11	700 Watt (4,8 Ohm)	695,0	226,4	3,07	1,85	1500	50	1
12	750 Watt (4,6 Ohm)	749,0	226,2	3,31	1,88	1500	50	1
13	850 Watt (4,3 Ohm)	848,0	226,0	3,75	1,95	1500	50	1

Dari tabel 4.6 data hasil percobaan generator berbeban resistif murni (R) dengan penguat sendiri diatas, arus eksitasi secara otomatis akan menyesuaikan besar beban yang ditopang generator, kecepatan putar (n) dijaga konstan 1500 rpm agar frekuensi yang dihasilkan generator juga konstan yakni 50 Hz dengan besar daya beban resistif yang dinaikkan secara konstan untuk mengetahui akibat dari pembebanan jenis beban resistif (R) sehingga didapatkan kurva karakteristik generator yang akan membandingkan tegangan terminal (V_t) terhadap arus beban (I_a) yang ditopang generator untuk mengetahui karakteristik generator sinkron satu fasa dengan penguat sendiri apabila dibebani beban resistif murni. Kurva karakteristik

dan analisis karakteristik generator sinkron satu fasa berbeban resistif murni (R) dengan penguat sendiri dapat dilihat pada gambar 4.12 kurva perbandingan berikut :



Gambar 4.12 Kurva Perbandingan Tegangan Terminal terhadap Arus Beban Pada Beban Resistif Murni Dengan Penguat Sendiri

Pada gambar 4.12 kurva diatas menunjukkan perbandingan antara tegangan terminal (V_t) terhadap arus beban (I_a), dimana pada kurva diatas dapat dilihat kenaikan tegangan terminal (V_t) yang disebabkan karena bertambah besarnya arus yang dibutuhkan oleh beban resistif (I_a) yang mengakibatkan bertambah besarnya arus eksitasi (I_f) yang diberikan oleh sistem penguatan/eksitasi sendiri dari generator. Dapat diamati pada generator sinkron satu fasa berbeban resistif (R) dengan penguat sendiri, peningkatan tegangan terminal terjadi hingga mencapai saturasi yang disebabkan karena besar kecilnya arus eksitasi (I_f) sebagai pembangkit fluks magnet pada rotor sangat dipengaruhi oleh Ggl armatur/tegangan armatur (E_a) yang

dihasilkan generator, sesuai persamaan pada generator dengan penguat sendiri berikut:

$$E_a - I_a \cdot R_a - I_f \cdot R_f = 0$$

Sehingga E_a pada generator dengan penguat sendiri yaitu :

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

Dari persamaan diatas dapat dilihat pada percobaan generator berbeban resistif murni (R) dengan penguat sendiri, bahwa besarnya arus penguat/eksitasi (I_f) sangat dipengaruhi oleh besarnya tegangan armatur (E_a) dan besarnya arus beban (I_a) yang dikeluarkan generator, sehingga pada saat arus armatur (I_a) meningkat maka arus penguat/eksitasi (I_f) juga akan meningkat. Apabila terjadi saturasi pada tegangan terminal generator maka pada tegangan eksitasi juga akan terjadi saturasi yang mengakibatkan menurunnya fluks dan terjadinya penurunan tegangan terminal.

Semakin banyak beban resistif yang di pasang secara parallel pada sistem akan mengakibatkan naiknya arus armatur (I_a) sesuai dengan hukum Ohm yaitu :

$$I = V/R$$

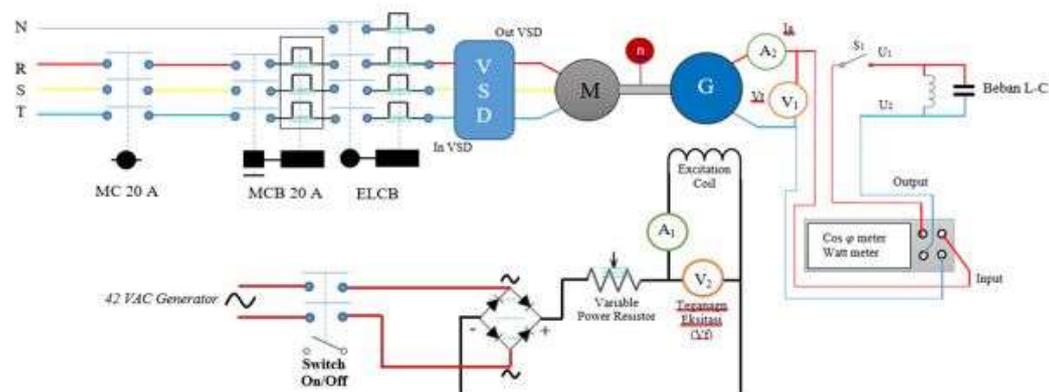
Pada beban resistif murni (R) dengan tegangan yang dijaga tetap, apabila beban dirangkai secara parallel maka nilai resitansi beban resistif semakin kecil. Karena tegangan dijaga konstan apabila resistansi beban semakin kecil, akan membuat arus yang mengalir semakin besar sesuai dengan hukum Ohm diatas.

Sistem penguatan/eksitasi sendiri (*self excitation*) akan menyesuaikan besar beban yang ditopang generator berdasarkan besarnya arus armatur/beban (I_a) yang mengalir karena arus eksitasi diambil dari keluaran generator itu sendiri sehingga sangat tergantung pada besar arus armatur/beban (I_a), semakin besar beban yang

ditopang maka arus armatur yang mengalir akan semakin besar sehingga penguatan akan semakin besar untuk menjaga agar tegangan terminal (V_t) generator tetap stabil pada tegangan nominal generator yaitu 220-230 Volt.

4.5.2 Percobaan Berbeban Resistif-Induktif (R-L) Dengan Penguat Sendiri

Rangkaian Percobaan generator sinkron satu fasa berbeban resistif- induktif (R-L) dengan penguat sendiri dapat dilihat pada gambar 4.13 berikut ini :



Gambar 4.13 Rangkaian Percobaan Generator Sinkron Satu Fasa

Berbeban Resistif-Induktif (R-L) Dengan Penguat Sendiri

Percobaan berbeban resistif dan induktif (R-L) dengan penguat sendiri ini menggunakan beban berupa lampu pijar dan lampu hemat energi (SL) yang dirangkai secara parallel. Kecepatan putar (n) dijaga konstan dengan perubahan besar daya beban yang dapat dilihat pada tabel 4.7 percobaan berikut :

Tabel 4.7 Data Hasil Percobaan Berbeban Resistif-Induktif (R-L)

Dengan Penguat Sendiri

Kecepatan Putar (n) : 1500 rpm

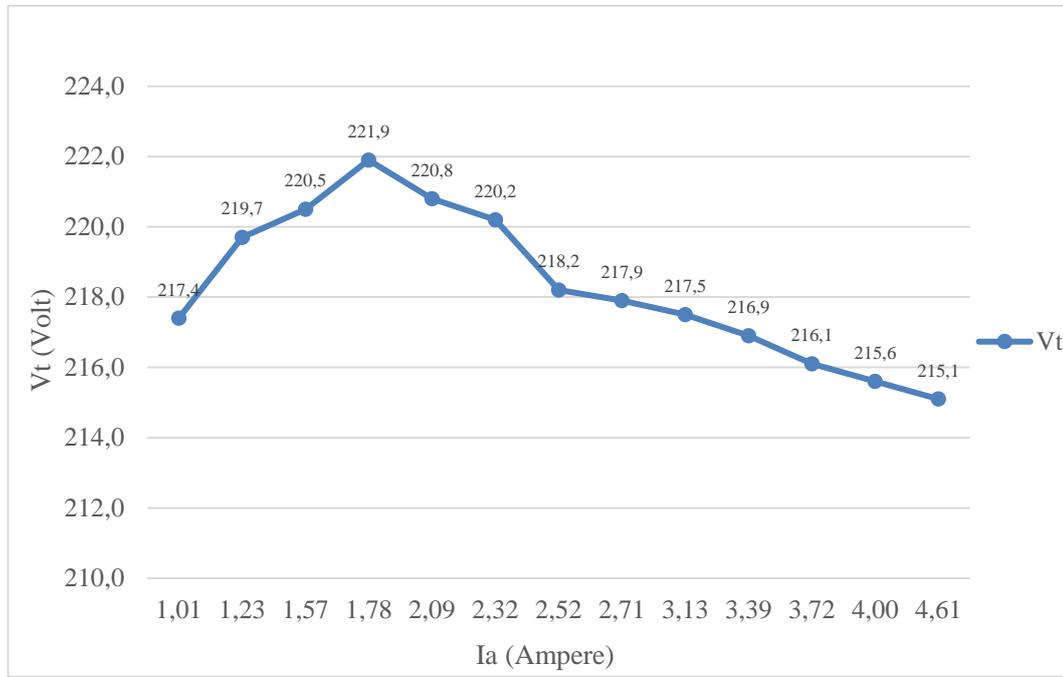
Frekuensi : 50 Hz

Faktor Daya ($\cos \varphi$) : *Lagging*

No.	Besar Daya Beban Lampu	P (Watt)	V _t (Volt)	I _a (Ampere)	I _f (Ampere)	n (Rpm)	Freq (Hz)	Cos φ
1.	200 Watt + SL 26 W	219,2	217,4	1,01	1,53	1500	50	0,970
2.	250 Watt + SL 26 W	266,9	219,7	1,23	1,57	1500	50	0,967
3.	300 Watt + SL 46 W	339,3	220,5	1,57	1,60	1500	50	0,981
4.	350 Watt + SL 46 W	390,0	221,9	1,78	1,64	1500	50	0,984
5.	400 Watt + SL 72 W	456,6	220,8	2,09	1,66	1500	50	0,968
6.	450 Watt + SL 72 W	506,8	220,2	2,32	1,68	1500	50	0,970
7.	500 Watt + SL 85 W	548,2	218,2	2,52	1,64	1500	50	0,937
8.	550 Watt + SL 85 W	579,0	217,9	2,71	1,64	1500	50	0,912
9.	600 Watt + SL 131 W	667,0	217,5	3,13	1,70	1500	50	0,913
10.	650 Watt + SL 131 W	722,0	216,9	3,39	1,77	1500	50	0,925
11.	700 Watt + SL 170 W	781,0	216,1	3,72	1,78	1500	50	0,897
12.	750 Watt + SL 170 W	852,0	215,6	4,00	1,86	1500	50	0,926
13.	850 Watt + SL 196 W	992,0	215,1	4,61	1,99	1500	50	0,948

Dari tabel 4.7 data hasil percobaan generator berbeban resistif-induktif (R-L) dengan penguat sendiri diatas, arus eksitasi secara otomatis akan menyesuaikan besar beban yang ditopang generator, kecepatan putar (n) dijaga konstan 1500 rpm agar frekuensi yang dihasilkan generator juga konstan yakni 50 Hz dengan besar daya beban resistif dan induktif yang dinaikkan secara konstan untuk mengetahui akibat dari pembebanan jenis beban resistif-induktif (R-L) berupa lampu pijar dan lampu hemat energi (SL) sehingga didapatkan kurva karakteristik generator yang akan membandingkan tegangan terminal (V_t) terhadap arus beban (I_a) yang ditopang generator untuk mengetahui karakteristik generator sinkron satu fasa dengan penguat sendiri apabila dibebani beban resistif-induktif. Kurva karakteristik dan analisis

karakteristik generator sinkron satu fasa berbeban resistif-induktif (R-L) dengan penguat sendiri dapat dilihat pada gambar 4.14 kurva perbandingan berikut :



Gambar 4.14 Kurva Perbandingan Tegangan Terminal terhadap Arus Beban Pada Beban Resistif-Induktif Dengan Penguat Sendiri

Dari gambar 4.14 kurva perbandingan tegangan terminal terhadap arus beban pada beban resistif-induktif dengan penguat sendiri terlihat naiknya tegangan terminal (V_t) pada saat beban (R-L) yang ditopang relatif kecil karena sistem penguatan/eksitasi generator terus menyesuaikan pasokan arus eksitasi untuk menjaga tegangan terminal tetap stabil, akan tetapi seiring dengan bertambahnya beban yang menyebabkan bertambah besarnya arus beban (I_a) resistif-induktif (R-L) terlihat tegangan terminal turun. Hal tersebut terjadi karena beban resistif-induktif (R-L) menyerap arus armatur (I_a) yang lebih besar dan harga arus armatur (I_a) menjadi lebih besar daripada pada beban resistif murni (R), disebabkan oleh adanya

beban induktif (L) yang bersifat menyerap arus armatur (I_a) yang besar untuk kebutuhan membangkitkan medan magnet (*flux*) pada beban yang bersifat induktif. Naiknya tegangan terminal pada beban resistif-induktif (R-L) disebabkan karena arus eksitasi (I_f) sangat dipengaruhi oleh besarnya arus beban (I_a), sesuai persamaan pada generator dengan penguat sendiri berikut:

$$E_a - I_a \cdot R_a - I_f \cdot R_f = 0$$

Sehingga E_a pada generator dengan penguat sendiri yaitu :

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

Dari persamaan diatas dapat dilihat pada percobaan generator berbeban resistif-induktif (R) dengan penguat sendiri terjadi saturasi yang lebih cepat karena besarnya arus penguat/eksitasi (I_f) sangat dipengaruhi oleh besarnya tegangan armatur (E_a) dan besarnya arus beban (I_a) yang dikeluarkan generator, sehingga pada saat arus armatur (I_a) meningkat dengan nilai yang lebih besar daripada saat dibebani beban resistif (R) maka arus penguat/eksitasi (I_f) juga akan meningkat. Apabila terjadi saturasi pada tegangan terminal generator seperti pada percobaan diatas, maka pada tegangan eksitasi juga akan terjadi saturasi yang mengakibatkan menurunnya fluks dan terjadinya penurunan tegangan terminal.

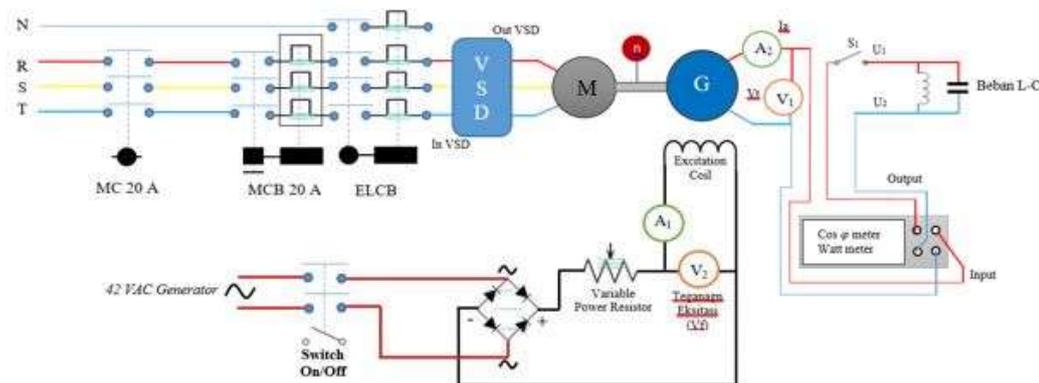
Pada dasarnya, sifat dari beban induktif murni (L) hanya menurunkan tegangan terminal (V_t) akibat nilai $I_a \cdot Z_s$ yang lebih besar, tetapi tidak begitu berpengaruh terhadap penurunan kecepatan putar generator (n) yang disebabkan karena sifat beban induktif yang hanya mengkonsumsi daya reaktif (Q). Akan tetapi pada percobaan dengan beban resistif-induktif (R-L) ini terjadi penurunan tegangan

terminal (V_t) diikuti dengan penurunan kecepatan putar generator (n), hal itu disebabkan adanya beban resistif (R) yang bertambah besar.

Sistem penguatan/eksitasi sendiri (*self excitation*) akan menyesuaikan besar beban yang ditopang generator berdasarkan besarnya arus armatur/beban (I_a) yang mengalir karena arus eksitasi diambil dari keluaran generator itu sendiri sehingga sangat tergantung pada besar arus armatur/beban (I_a), semakin besar beban yang ditopang maka arus armatur yang mengalir akan semakin besar sehingga penguatan akan semakin besar untuk menjaga agar tegangan terminal (V_t) generator tetap stabil pada tegangan nominal generator yaitu 220-230 Volt.

4.5.3 Percobaan Berbeban Resistif-Kapasitif (R-C) Dengan Penguat Sendiri

Rangkaian Percobaan generator sinkron satu fasa berbeban resistif-kapasitif (R-C) dengan penguat sendiri dapat dilihat pada gambar 4.15 berikut ini :



Gambar 4.15 Rangkaian Percobaan Generator Sinkron Satu Fasa

Berbeban Resistif-Kapasitif (R-C) Dengan Penguat Sendiri

Percobaan berbeban resistif dan kapasitif (R-C) dengan penguat sendiri ini menggunakan beban berupa lampu pijar dan kapasitor yang dirangkai secara parallel.

Kecepatan putar (n) dijaga konstan dengan perubahan besar daya beban yang dapat dilihat pada tabel 4.8 percobaan berikut :

Tabel 4.8 Data Hasil Percobaan Berbeban Resistif-Kapazitif (R-C)
Dengan Penguat Sendiri

Kecepatan Putar (n) : 1500 rpm

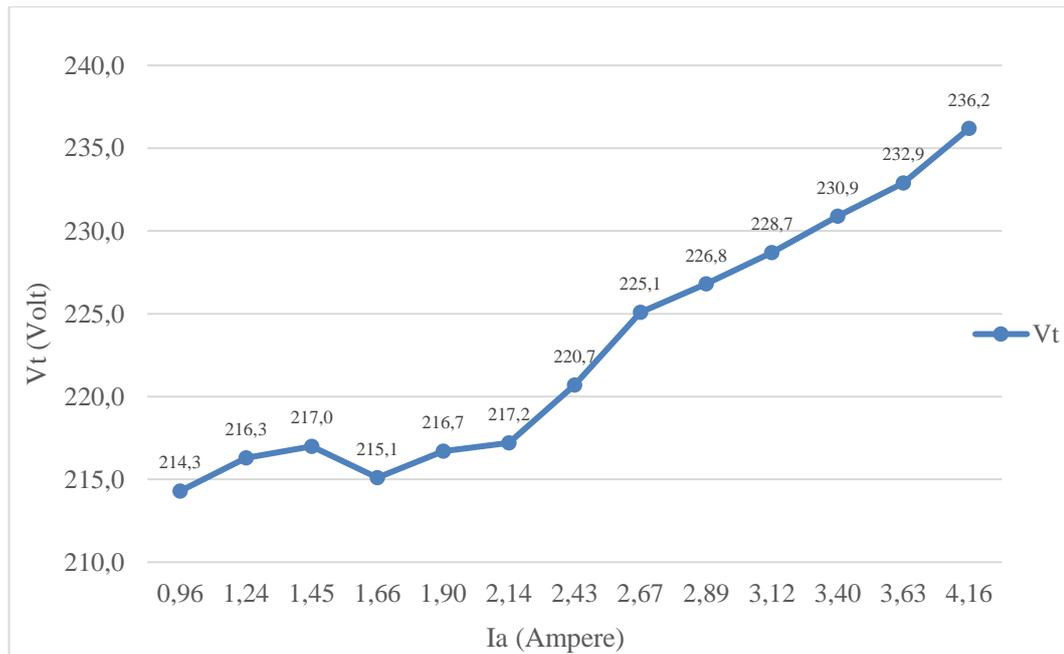
Frekuensi : 50 Hz

Faktor daya ($\cos \varphi$) : *Leading*

No.	Besar Daya Beban Lampu Dan Kapasitas Kapasitor	P (Watt)	V_t (Volt)	I_a (Ampere)	I_f (Ampere)	n (Rpm)	Freq (Hz)	$\cos \varphi$
1.	200 Watt (17,3 Ohm) + 4,25 μ F	185,8	214,3	0,96	1,38	1500	50	0,929
2.	250 Watt (13,0 Ohm) + 6,00 μ F	235,5	216,3	1,24	1,38	1500	50	0,942
3.	300 Watt (10,6 Ohm) + 7,25 μ F	283,9	217,0	1,45	1,40	1500	50	0,946
4.	350 Watt (9,3 Ohm) + 8,25 μ F	328,1	215,1	1,66	1,40	1500	50	0,684
5.	400 Watt (8,2 Ohm) + 9,25 μ F	375,5	216,7	1,90	1,40	1500	50	0,938
6.	450 Watt (7,3 Ohm) + 10,00 μ F	426,5	217,2	2,14	1,44	1500	50	0,948
7.	500 Watt (6,5 Ohm) + 12,75 μ F	481,7	220,7	2,43	1,46	1500	50	0,963
8.	550 Watt (6,2 Ohm) + 12,75 μ F	549,0	225,1	2,67	1,53	1500	50	0,994
9.	600 Watt (5,5 Ohm) + 13,25 μ F	600,0	226,8	2,89	1,57	1500	50	0,996
10.	650 Watt (5,2 Ohm) + 13,25 μ F	661,0	228,7	3,12	1,63	1500	50	0,985
11.	700 Watt (4,8 Ohm) + 14,25 μ F	720,0	230,9	3,40	1,66	1500	50	0,972
12.	750 Watt (4,6 Ohm) + 14,25 μ F	785,0	232,9	3,63	1,72	1500	50	0,955
13.	850 Watt (4,3 Ohm) + 16,00 μ F	906,0	236,2	4,16	1,78	1500	50	0,939

Dari tabel 4.8 data hasil percobaan generator berbeban resistif-kapazitif (R-C) dengan penguat sendiri diatas, arus eksitasi secara otomatis akan menyesuaikan besar beban yang ditopang generator, kecepatan putar (n) dijaga konstan 1500 rpm agar frekuensi yang dihasilkan generator juga konstan yakni 50 Hz dengan besar daya beban resistif dan kapazitif yang dinaikkan secara konstan untuk mengetahui akibat dari pembebanan jenis beban resistif-kapazitif (R-C) berupa lampu pijar dan kapasitor sehingga didapatkan kurva karakteristik generator yang akan membandingkan tegangan terminal (V_t) terhadap arus beban (I_a) yang ditopang

generator untuk mengetahui karakteristik generator sinkron satu fasa dengan penguat sendiri apabila dibebani beban resistif. Kurva karakteristik dan analisis karakteristik generator sinkron satu fasa berbeban resistif-kapasitif (R-C) dengan penguat sendiri dapat dilihat pada gambar 4.16 kurva perbandingan berikut :



Gambar 4.16 Kurva Perbandingan Tegangan Terminal terhadap Arus Beban Pada Beban Resistif-Kapasitif Dengan Penguat Sendiri

Dari gambar 4.16 kurva perbandingan tegangan terminal (V_t) terhadap arus beban (I_a) pada beban resistif-kapasitif (R-C) diatas menunjukkan terjadinya kenaikan tegangan terminal (V_t) generator. Dapat diamati bahwa eksitasi sendiri (*self excitation*) dipengaruhi oleh besar beban berdasarkan arus yang dibutuhkan beban (I_a), semakin besar arus beban maka sistem eksitasi generator akan terus menambah pasokan arus eksitasi (I_f) sesuai dengan persamaan berikut :

$$E_a - I_a \cdot R_a - I_f \cdot R_f = 0$$

Sehingga E_a pada generator dengan penguat sendiri yaitu :

$$E_a = I_f R_f + I_a R_a$$

Tetapi berbeda apabila beban yang ditopang terdapat beban kapasitif (C) yang bersifat menghasilkan daya reaktif, sehingga dapat diamati bahwa naiknya tegangan terminal pada generator berbeban resistif-kapasitif (R-C) ketika arus armatur (I_a) semakin besar disebabkan oleh adanya kompensasi daya reaktif dari kapasitor yang semakin besar karena kapasitor yang dirangkai parallel ditambah dengan adanya penguatan yang terus bertambah besar karena terpengaruh bertambah besarnya arus beban (I_a), sehingga pada generator berbeban resistif-kapasitif (R-C) terjadi penguatan yang lebih besar sebab arus eksitasi (I_f) mengalir semakin besar ditambah adanya kompensasi kapasitif dari kapasitor kepada beban resistif (R) yang juga semakin besar sehingga tegangan terminal (V_t) pada generator naik (*rising voltage*).

Kapasitor yang dirangkai parallel akan menyebabkan kapasitas kapasitansinya semakin besar sehingga dapat mengkompensai daya reaktif semakin besar. Beban kapasitif murni (C) pada dasarnya tidak mempengaruhi kecepatan putar (n) generator, yang mempengaruhi kecepatan putar generator adalah adanya beban resistif (R) yang bertambah besar sehingga menurunkan kecepatan putar (n) generator.

Sistem penguatan/eksitasi sendiri (*self excitation*) akan menyesuaikan besar beban yang ditopang generator berdasarkan besarnya arus armatur/beban (I_a) yang mengalir karena arus eksitasi diambil dari keluaran generator itu sendiri sehingga sangat tergantung pada besar arus armatur/beban (I_a), semakin besar beban yang ditopang maka arus armatur yang mengalir akan semakin besar sehingga penguatan

akan semakin besar untuk menjaga agar tegangan terminal (V_t) generator tetap stabil pada tegangan nominal generator yaitu 220-230 Volt.

4.6 Karakteristik Generator Sinkron AC Satu Fasa Terhadap Perubahan Kecepatan Putar (n)

Percobaan generator sinkron satu fasa pada kecepatan putar yang berubah ini menggunakan beban berupa lampu pijar dengan besar daya tetap yakni 750 Watt. Arus eksitasi (I_f) dijaga tetap dengan perubahan kecepatan putar yang dapat dilihat pada tabel 4.9 percobaan berikut :

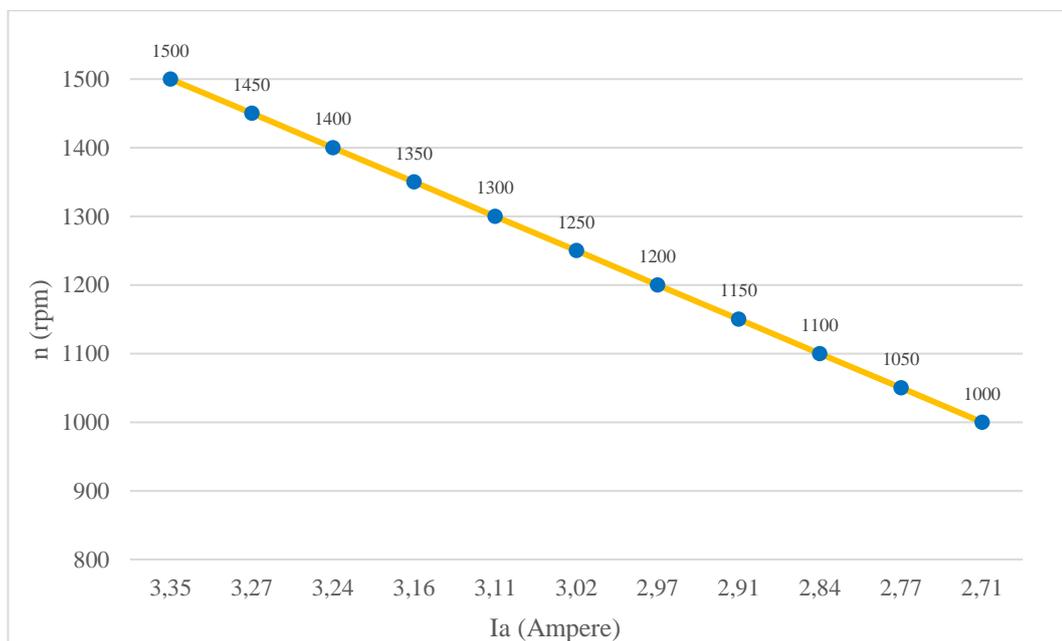
Tabel 4.9 Data Hasil Percobaan Karakteristik Generator Sinkron AC Satu Fasa Terhadap Perubahan Kecepatan Putar (n)

Kecepatan Putar (n) : 1500 rpm

Frekuensi : 50 Hz

No.	Kecepatan Putar (Rpm)	P (Watt)	V_t (Volt)	I_a (Ampere)	Freq (Hz)	$\text{Cos } \varphi$
1	1500	772,0	230,2	3,35	50,0	1
2	1450	727,0	222,1	3,27	48,3	1
3	1400	700,0	215,2	3,24	46,6	1
4	1350	658,0	208,1	3,16	44,9	1
5	1300	627,0	200,5	3,11	43,3	1
6	1250	584,0	192,9	3,02	41,7	1
7	1200	550,0	184,7	2,97	39,9	1
8	1150	514,0	178,0	2,91	38,4	1
9	1100	480,0	170,2	2,84	36,7	1
10	1050	452,0	163,2	2,77	35,1	1
11	1000	415,0	154,0	2,71	33,4	1

Dari tabel 4.9 data hasil percobaan untuk mengetahui akibat dari perubahan kecepatan putar generator diatas, arus eksitasi (I_f) dan besar daya beban (P) dijaga tetap 2 Ampere sesuai arus eksitasi pada spesifikasi generator dan besar daya beban yang dipasang tetap yaitu 750 Watt, kecepatan putar (n) diturunkan secara konstan untuk mengetahui akibat dari perubahan kecepatan putar generator sehingga didapatkan kurva karakteristik generator yang akan membandingkan kecepatan putar generator (n) terhadap arus beban (I_a) yang ditopang generator untuk mengetahui karakteristik generator sinkron satu fasa apabila terjadi perubahan kecepatan putar. Kurva karakteristik dan analisis karakteristik generator sinkron satu fasa terhadap perubahan kecepatan putar generator dapat dilihat pada gambar 4.17 kurva perbandingan berikut :



Gambar 4.17 Kurva Perbandingan Kecepatan Putar Generator Terhadap Arus Beban Pada Penguat Tetap dan Beban Tetap

Dari gambar 4.17 kurva perbandingan kecepatan putar generator terhadap arus beban (I_a) pada penguat tetap dan beban tetap diatas dapat dilihat bahwa kecepatan putar generator akan mempengaruhi besarnya arus beban (I_a), apabila kecepatan putar generator turun akan menyebabkan penurunan arus beban (I_a) yang akhirnya akan mengakibatkan tegangan terminal (V_t) juga turun. Hal tersebut terjadi karena kecepatan putar generator sinkron mempengaruhi tegangan armatur (E_a) generator sesuai persamaan berikut :

$$E_a = c.n.\phi$$

Dimana : c = Konstanta Mesin

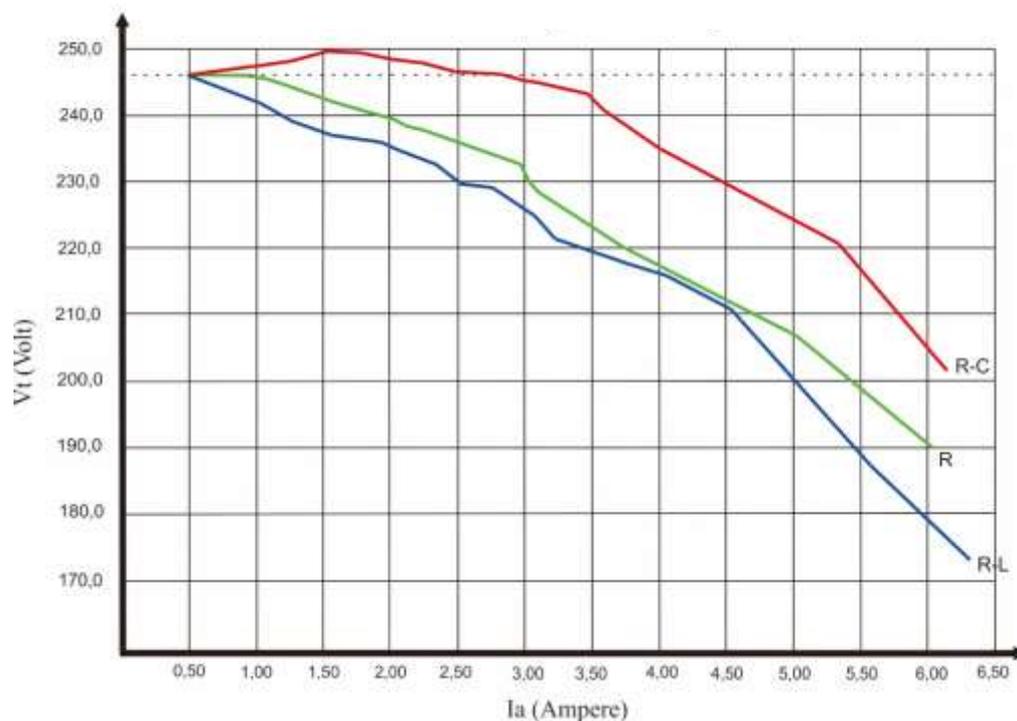
n = Kecepatan Putar Sinkron

ϕ = Fluks yang dihasilkan oleh I_f

Dari persamaan diatas terlihat bahwa kecepatan putar (n) generator berbanding lurus terhadap fluks (ϕ) yang dihasilkan pada kumparan, apabila kecepatan putar (n) generator turun maka fluks (ϕ) yang dihasilkan kumparan lebih sedikit dan menyebabkan arus armatur (I_a) yang dialirkan semakin kecil atau menurun yang berakibat pada turunnya tegangan pada terminal (V_t) generator. Sehingga pada generator sinkron kecepatan putar harus stabil atau tetap meskipun besar daya beban dan jenis beban yang ditopang generator berubah-ubah, agar frekuensi (f) dan tegangan terminal (V_t) juga stabil yakni pada 50 Hz dan 220-230 VAC.

4.7 Karakteristik Generator Sinkron AC Satu Fasa Berbeban Dengan Penguat Terpisah Pada Berbagai Faktor Daya

Dari hasil percobaan dengan berbagai faktor daya diatas didapatkan kurva karakteristik generator sinkron AC satu fasa pada berbagai faktor daya yang dapat dilihat pada gambar kurva 4.18 berikut :



Gambar 4.18 Kurva Karakteristik Generator Sinkron AC Satu Fasa Berbeban Dengan Penguat Terpisah Pada Berbagai Faktor Daya

Dari gambar 4.18 kurva karakteristik generator sinkron AC satu fasa pada berbagai faktor daya diatas, dapat dibandingkan karakteristik generator terhadap pembebanan dengan berbagai faktor daya. Pada kurva tegangan terminal generator berbeban, arus beban (I_a) yang mengalir akan semakin besar seiring bertambahnya

beban maka akan timbul impedansi sinkron (Z_s) yang menyebabkan jatuh tegangan. Jatuhnya tegangan generator disebabkan oleh adanya $I_a \cdot Z_s$ yang semakin besar dan menyebabkan tegangan terminal (V_t) generator turun. Kurva penurunan tegangan terminal (V_t) generator pada beban resistif murni (R) tidak setajam penurunan tegangan (V_t) generator seperti yang terjadi pada kurva beban resistif-induktif (R-L) karena perbedaan nilai arus armatur (I_a) yang diserap, dimana pada beban resistif-induktif (R-L) arus armatur (I_a) yang diserap lebih besar dibandingkan pada beban resistif murni (R) sehingga jatuh tegangan lebih besar dan penurunan tegangan pada beban resistif-induktif (R-L) lebih cepat atau lebih tajam. Sedangkan pada kurva tegangan terminal (V_t) generator berbeban resistif-kapasitif (R-C) terlihat tegangan terminal generator naik ketika arus armatur (I_a) kecil karena adanya kompensasi daya reaktif dan terjadinya arus balik karena arus armatur lebih kecil daripada arus yang dihasilkan kapasitor ($I_a < I_c$) sehingga armatur/jangkar mendapat tambahan aliran arus yang berasal dari kapasitor. Adanya tambahan aliran arus dari kapasitor ke jangkar itulah yang menyebabkan naiknya tegangan terminal (V_t) generator pada saat beban yang ditopang kecil, tetapi ketika beban bertambah besar dan arus armatur (I_a) juga naik maka kapasitor tidak lagi mampu mengkompensasi daya reaktif pada sistem yang menyebabkan terjadi jatuh tegangan. Jatuhnya tegangan generator disebabkan oleh adanya $I_a \cdot Z_s$ yang semakin besar sehingga menyebabkan tegangan terminal (V_t) generator turun walaupun turun tegangan yang terjadi pada generator berbeban resistif-kapasitif (R-C) tidak sebesar pada beban resistif (R) dan tidak setajam turun tegangan yang terjadi pada generator berbeban resistif-induktif (R-L) karena adanya kompensasi daya reaktif (Q) yang dihasilkan kapasitor.