

Analisis Penstabilan Tegangan Output Generator Induksi 3 Fasa

Rachmat Sutjipto^{a)}, Epiwardi^{a)}, Tresna Umar Syamsuri^{a)}

(Artikel diterima: Januari 2023, direvisi: Februari 2023)

Abstract: One of the alternative generators in supplying electrical energy is a 3-phase generator made from a 3-phase slip ring induction motor, after which the rotor winding is supplied with a DC source and rotated using a prime mover. The problem arises because of the large % voltage regulation of a 3-phase generator when it is under load. This is because the induction generator has a relatively larger voltage loss when loaded with a certain load compared to a 3-phase synchronous generator. To overcome these conditions, there are several ways that can be used to stabilize the voltage from the generator, namely: setting the excitation current from the generator, setting the connection on the rotor windings (using 2 windings or using 3 rotor windings) and a combination of the two steps above. . Based on the results of experiments that have been carried out, it is known that the method of stabilizing the output voltage by setting the rotor winding connection is less effective than setting the excitation current because it turns out that the results of changing the output voltage are not too significant compared to changing the generator excitation current. In addition, it is also known that the stabilization of the output voltage from an inductive load will require a DC voltage that is greater than when under a resistive load because of the large difference in losses.

Keyword : Indction generator, Generator, 3 phase, Voltage, 3 phase induction generation

1. PENDAHULUAN

Dari beberapa pengetesan (*Open Circuit Test, Short Circuit Test dan Load Test*) sebuah motor induksi slip ring 3 fasa yang telah dimodifikasi menjadi generator induksi 3 fasa, dapat diketahui bahwa motor induksi slip ring 3 fasa layak difungsikan sebagai generator induksi 3 fasa karena memiliki konstruksi dan karakteristik kerja seperti generator sinkron 3 fasa. Dari semua percobaan yang telah dilaksanakan, diketahui bahwa generator induksi 3 fasa tersebut mempunyai kelemahan dalam regulasi tegangannya saat generator induksi tersebut berbeban. Dilihat dari keterangan di atas maka harus ada upaya untuk memperbaiki tegangan output dari generator induksi 3 fasa tersebut agar beban dari generator tersebut mendapatkan tegangan yang stabil. Untuk mengatasi kondisi tersebut, maka secara teoritis ada beberapa hal yang dapat dilaksanakan antara lain :

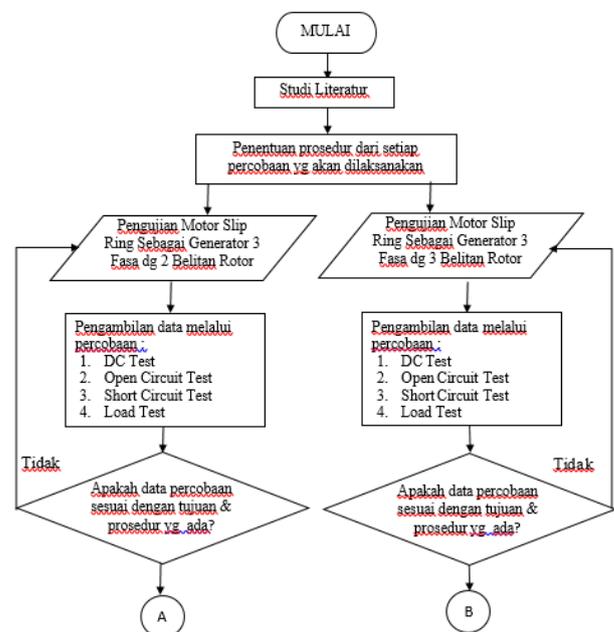
1. Pengaturan arus eksitasi dari generator untuk mengkompensasi besarnya penurunan tegangan output generator dengan tetap menggunakan hanya 2 belitan rotor yang ada.
2. Perbaikan rugi tegangan dari generator dengan perubahan koneksi pada 3 buah belitan rotor generator induksi 3 fasa yang ada dengan cara mengkonfigurasi hubungan-hubungan dari belita rotor tersebut sehingga diketahui hubungan yang paling efektif dan optimal dalam mengalirkan arus di belitan rotor.
3. Gabungan dari kedua langkah di atas, yaitu seluruh ketiga belitan di rotor dipakai dalam operasi generator induksi

dan sekaligus pengaturan arus eksitasi untuk menstabilkan tegangan output generator induksi.

Berdasarkan keterangan di atas maka diketahui bagaimana cara mengatasi rugi tegangan (*drop voltage*) dari generator induksi 3 fasa dengan menggunakan beberapa langkah tersebut di atas sehingga didapatkan tegangan output yang lebih stabil

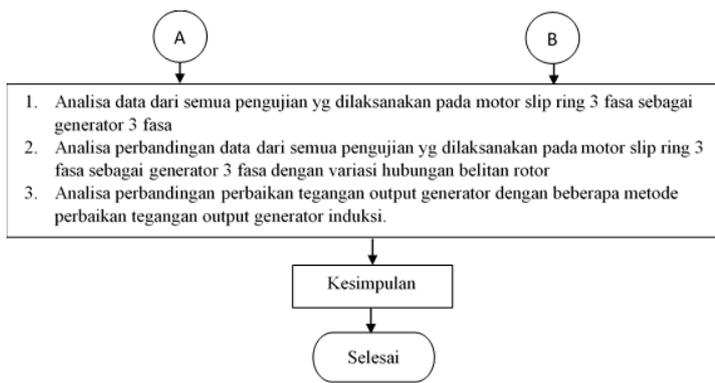
2. METODE PENELITIAN

Dalam melakukan penyusunan penelitian ini, proses pengambilan data dilaksanakan melalui observasi di didapat dari pengujian motor rotor lilit (slip ring) 3 fasa sebagai generator induksi 3 fasa di Laboratorium Mesin Listrik Gedung AK Politeknik Negeri Malang melalui suatu proses pengujian dan pengumpulan data melalui percobaan tidak berbeban , hubung singkat dan berbeban serta DC Test . Untuk memperjelas proses pengerjaan dari penelitian ini maka digunakan diagram alir / flowchart sebagai berikut :



*Korespondensi: rachmat.sutjipto@polinema.ac.id

a)Prodi Teknik Listrik, Jurusan Teknik Elektro, Polinema.
Jalan Soekarno-Hatta No. 9 Malang 65141



Gambar 2.1. Flow Chart Penelitian

3 Belitan ($I_m = 2,1 A$)		2 Belitan ($I_m = 1,83A$)	
Nr (rpm)	V out (V)	Nr (rpm)	V out (V)
0	0	0	0
1006	149	1003	144
1095	160	1103	160
1202	174	1200	178
1250	182	1252	182
1303	196	1309	195
1345	200	1354	200
1400	205	1405	205
1442	210	1455	210

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Proses Pembangkitan Tegangan Output Pada Motor Slipring Sebagai Generator 3 Fasa

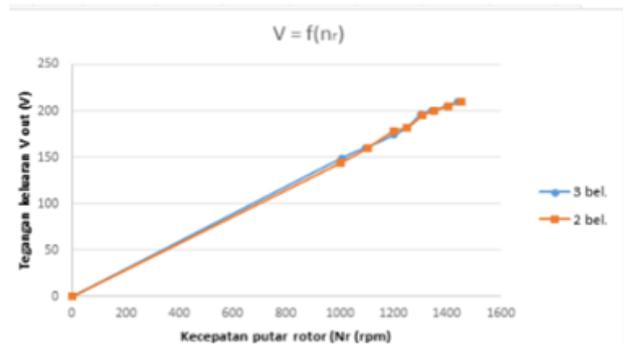
Seperti generator pada umumnya, saat motor slip ring 3 fasa difungsikan sebagai generator induksi 3 fasa maka akan timbul tegangan output di belitan stator saat rotor dari generator tersebut diputar dengan *prime mover* dan diberikan tegangan DC baik saat menggunakan 2 belitan rotor atau 3 belitan rotor. Hal ini dikarenakan pada kedua jenis konfigurasi tersebut sudah timbul rangkaian tertutup sehingga arus eksitasi akan mengalir pada belitan rotor dan akan menimbulkan medan magnet di belitan rotor. Jika belitan rotor tersebut diputar dengan *prime mover* maka akan menimbulkan tegangan seperti tersebut pada persamaan persamaan [1] : (Chapman,2012:197) :

$$e = c.n \phi \quad (3-1)$$

3.2. Analisa Pengujian Tanpa Beban (Open Circuit) dari Generator Induksi

Pengujian Tanpa Beban dilaksanakan sebanyak 2 kali yaitu dengan kecepatan bervariasi dan arus eksitasi konstan serta kecepatan tetap dan arus eksitasi yang divariasikan pada konfigurasi 2 dan 3 belitan rotor. Percobaan pertama dilaksanakan dengan kecepatan yang tetap (1500 rpm) dan arus eksitasi yang divariasikan, sedangkan percobaan kedua dilaksanakan dengan arus eksitasi yang tetap dan kecepatan yang divariasikan. Kedua percobaan ini digunakan untuk membuktikan pengaruh arus eksitasi dan kecepatan terhadap tegangan induksi yang dihasilkan oleh generator baik saat 2 belitan rotor dipergunakan maupun saat menggunakan 3 belitan rotor.

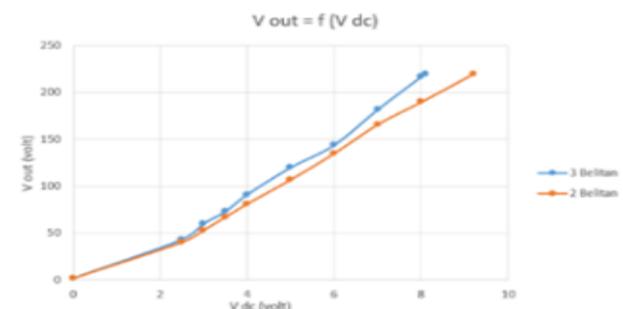
Tabel 3.1 Data Percobaan Tanpa Beban 1 (Arus Eksitasi Konstan dan Kecepatan Bervariasi) Pada 2 Konfigurasi Belitan Rotor (2 dan 3 Belitan)



Gambar 3.1 : Grafik V output = f(Nr) Generator Induksi dengan 2 dan 3 Belitan Rotor

Tabel 3.2 Data Percobaan Tanpa Beban 2 (Arus Eksitasi Bervariasi dan Kecepatan Konstan) Pada 2 Konfigurasi Belitan Rotor (2 dan 3 Belitan)

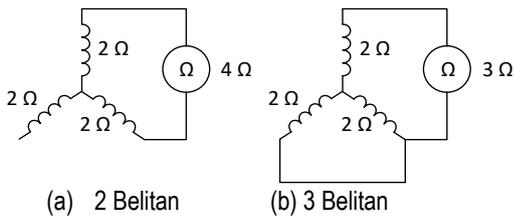
Rotor 3 Belitan				Rotor 2 Belitan			
Vdc (V)	I_m (A)	Vout (V)	T (Nm)	Vdc (V)	I_m (A)	Vout (V)	T (Nm)
0	0	1,5	0,2	0	0	1,5	0,2
2,5	0,4	43	0,2	2,5	0,35	40	0,2
3	0,59	60	0,21	3	0,46	53	0,21
3,5	0,72	73	0,22	3,5	0,56	67	0,21
4	0,85	91	0,24	4	0,68	81	0,22
5	1,15	120	0,3	5	0,9	107	0,3
6	1,46	144	0,35	6	1,02	135	0,31
7	1,77	182	0,4	7	1,36	166	0,39
8	2,06	217	0,4	8	1,57	190	0,4
8,1	2,1	220	0,41	9,2	1,84	220	0,41



Gambar Gambar 3.2 : Grafik V output = f(Vdc) Generator Induksi dengan 2 dan 3 Belitan Rotor

Dari table data dan grafik data di atas diketahui bahwa arus eksitasi dan kecepatan generator induksi akan mempengaruhi besarnya tegangan output yang dihasilkan oleh generator induksi. Semakin besar tegangan DC eksitasi maka arus eksitasi (I_m) akan semakin besar juga sehingga tegangan output akan semakin besar. Hal yang sama juga terjadi saat kecepatan divariasikan dimana jika kecepatan generator semakin besar maka tegangan output juga akan semakin besar pula. Hal ini sesuai dengan persamaan (1) bahwa arus eksitasi dan kecepatan generator akan mempengaruhi besarnya tegangan induksi dari generator dan berimbang akan naiknya tegangan output.

Dari data tabel di atas juga diketahui bahwa terdapat perbedaan tegangan yang dihasilkan (V_{out}) antara penggunaan 2 belitan dengan 3 belitan rotor pada besar tegangan eksitasi yang sama. Untuk menghasilkan besar arus eksitasi yang sama maka untuk konfigurasi 2 belitan rotor akan membutuhkan tegangan DC yang lebih besar dibandingkan konfigurasi 3 belitan. Hal ini sesuai dengan hukum Ohm ($V = I \times R$) yaitu pada tegangan eksitasi yang sama dan semakin besar tahanan dari belitan maka akan menghasilkan arus eksitasi yang lebih kecil dikarenakan tahanan total konfigurasi 2 belitan lebih besar dibandingkan konfigurasi 3 belitan, seperti terlihat pada gambar 3.3 di bawah ini.



Gambar 3.3 Konfigurasi Variasi Belitan Rotor

Dari gambar 3.3 di atas dapat diketahui bahwa besarnya tahanan total dari konfigurasi 2 belitan adalah 4Ω dan tahanan total dari konfigurasi 3 belitan adalah 3Ω . Dari data-data tersebut diketahui bahwa dengan besar tegangan eksitasi yang sama maka dihasilkan arus eksitasi yang berbeda.

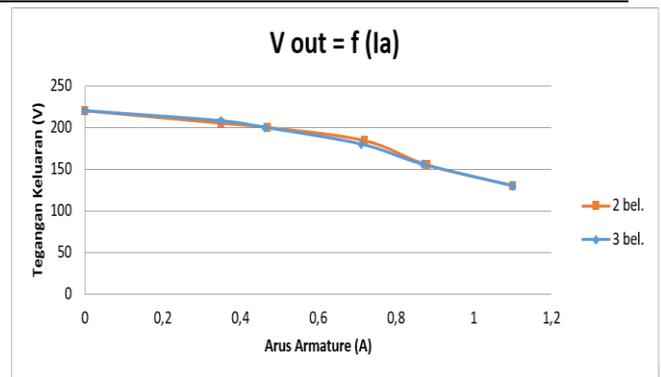
3.3. Analisa Pengujian Berbeban (Load Test)

Tujuan dari percobaan pembebanan untuk mengetahui perubahan tegangan keluaran dan daya keluaran terhadap perubahan beban dengan kecepatan putar rotor konstan (1500 rpm).

3.3.1 Beban Resistif

Tabel 3.3. Hasil Pengujian Untuk Konfigurasi 2 & 3 Belitan Rotor Dengan Beban Resistif

Tap Beban	Konfigurasi 2 Belitan Rotor					Konfigurasi 3 Belitan Rotor				
	T_m (Nm)	V_{DC} (V)	I_a (A)	V_{out} (V)	% Regulasi Tegangan (%)	T_m (Nm)	V_{DC} (V)	I_a (A)	V_{out} (V)	% Regulasi Tegangan (%)
0	0,4	8,7	0	220	1	0,5	8	0	220	1
1	1,2	8,7	0,35	205	1	1,1	7,8	0,35	208	1
2	1,4	8,9	0,47	200	1	1,3	7,8	0,46	200	1
3	1,7	9	0,72	184	1	1,6	8	0,71	180	1
4	1,76	8,9	0,88	155	1	1,8	7,9	0,87	156	1
5	1,62	8,9	1,1	130	1	1,6	7,9	1,1	130	1



Gambar 3.4. Tabel dan Grafik Pengujian Berbeban Resistif Terhadap Pengaruh Tegangan

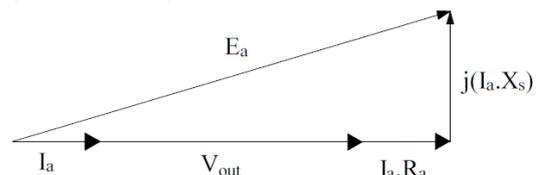
Berdasarkan dari tabel 3.3 dan grafik pada gambar 3.4 diketahui bahwa saat generator dengan 2 belitan atau 3 belitan dan dibebani dengan beban yang semakin besar maka nilai arus armaturenya akan semakin besar dan semakin kecil nilai tegangan keluaran. Hal ini sesuai dengan persamaan [1] : (Chapman 2012:201) :

$$V_{out} = E_a - I_a (R_a + jX_s) \tag{3-2}$$

Dari persamaan ini, diketahui bahwa nilai arus jangkar (I_a) akan berbanding terbalik terhadap nilai tegangan keluarannya (V_{out}) yaitu semakin besar beban maka semakin besar I_a dan V_{out} nya akan semakin kecil. Hal ini dikarenakan semakin besarnya rugi tegangan ($I_a (R_a + jX_s)$) dan hal ini berimbang semakin besar pula besarnya regulasi tegangan dari generator. Besarnya regulasi tegangan ditentukan dari persamaan sebagai berikut : [1] : (Chapman 2012:216):

$$\% \text{Regulasi Tegangan} = \frac{V_{NL} - V_{out}}{V_{NL}} \times 100\% \tag{3-3}$$

Selain itu saat generator berbeban resistif, maka arus armature (I_a) akan sefasa dengan tegangan keluaran (V_{out}) sehingga generator tersebut harus membangkitkan tegangan induksi (E_a) yang lebih besar dibandingkan tegangan keluaran (V_{out}) seperti ditunjukkan pada vector pada gambar 3.5. [1] : (Chapman 2012:204)



Gambar 3.5 : Diagram fasor pada kondisi berbeban resistif

Dari gambar vector di atas maka dijadikan suatu persamaan untuk mengetahui besarnya GGL induksi yang dibangkitkan sebagai berikut :

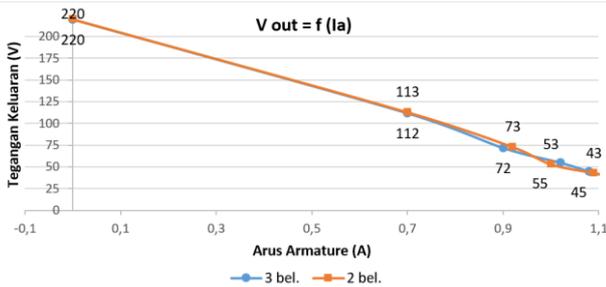
$$E_a = \sqrt{(V_{out} + (I_a \cdot R_a))^2 + (I_a \cdot X_s)^2} \tag{3-4}$$

Jadi dapat diketahui bahwa saat diberikan beban dengan arus armature sebesar 0,35 A maka tegangan GGL induksi yang dihasilkan adalah sebesar 211,61 dan tegangan keluaran (V_{out}) sebesar 208 V sehingga besarnya selisih tegangannya adalah sebesar 3,61 V. Besarnya selisih tegangan (rugi tegangan) ini dipengaruhi oleh adanya reaktansi sinkron dan resistansi armature dari generator tersebut.

3.3.2 Beban Induktif

Tabel 3.4 Hasil Pengujian Untuk Konfigurasi 2 & 3 Belitan Rotor Dengan Beban Induktif

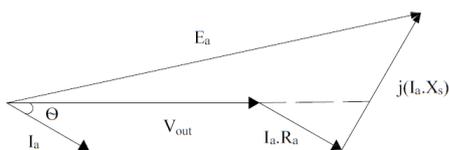
Tap Beban	Konfigurasi 2 Belitan Rotor						Konfigurasi 3 Belitan Rotor					
	T _{in} (Nm)	V _{DC} (V)	I _a (A)	V _{out} (V)	Cos θ	% Regulasi Tegangan (%)	T _{in} (Nm)	V _{DC} (V)	I _a (A)	V _{out} (V)	Cos θ	% Regulasi Tegangan (%)
0	0,4	9,6	0	220	0	0	0,4	8	0	220	1	0
1	0,3	9,3	0,7	113	0,37	48,6%	0,2	7,98	0,7	112	0,37	49
2	0,3	9,2	0,92	73	0,28	66,8%	0,2	7,98	0,9	72	0,28	67,2
3	0,3	9	1	53	0,31	75,9%	0,2	7,98	1,02	55	0,26	75
4	0,3	9	1,09	43	0,34	80,5%	0,2	7,98	1,08	45	0,26	79,5
5	0,3	9,2	1,15	35	0,41	84,1%	0,2	7,98	1,15	35	0,31	84,1



Gambar 3.6 : Grafik Perbandingan Beban Induktif Terhadap Pengaruh Tegangan Antara Variasi 2 Belitan Dan 3 Belitan

Berdasarkan dari tabel 3.4 dan grafik gambar 3.6 dapat diketahui bahwa saat generator (dengan 2 belitan atau 3 belitan rotor) dibebani maka semakin besar bebannya, semakin besar pula nilai arus armaturenya (I_a) tetapi semakin turun nilai tegangan keluarannya (V_{out}). Dari grafik dan tabel juga diketahui bahwa saat diberi beban pertama maka tegangan output akan mengalami penurunan tegangan yang sangat besar karena saat kondisi tanpa beban (tap 0) maka V_{out}nya sebesar 220 V sedangkan pada tap 1 besarnya tegangannya sebesar 113 V. Hal ini disebabkan rugi tegangan pada reaksi sinkron (X_s), resistansi armature (R_a), dan reaktansi fluks bocor (X_L) dimana semakin besar dari beban maka rugi tegangan akan semakin besar. Besar dari rugi tegangan dapat dihitung melalui persamaan (3-5) dan hasil regulasi tegangannya dapat dilihat pada Tabel 3.4.

Pada tabel 3.4 menunjukkan bahwa rugi tegangan sangat besar. Hal ini ditunjukkan saat beban pertama dimasukkan maka besar dari rugi tegangan tersebut sebesar 48,6 % karena pada saat beban induktif dipengaruhi oleh cos φ dimana cos φ tersebut bersifat *lagging* yang mengakibatkan semakin besarnya nilai daya reaktifnya. Pada beban induktif, arus armature (I_a) akan tertinggal dari tegangan keluarannya (V_{out}) sehingga tegangan induksi (E_a) yang dihasilkan lebih besar dibandingkan saat berbeban resistif seperti terlihat pada gambar 3.6.



Gambar 3.6 : Diagram Fasor Pada Beban Induktif

Sehingga besar dari tegangan induksi tersebut dapat dihitung melalui persamaan dengan diambil contoh pada saat diberikan beban pertama maka hasil perhitungan sebagai berikut.

$$E_a = \sqrt{(V_{out} \cos \theta + I_a \cdot R_a)^2 + (V_{out} \sin \theta + I_a \cdot X_s)^2} \quad (3-5)$$

$$= \sqrt{(112 \cdot 0,37 + (0,7 \cdot 2,5))^2 + (112 \cdot 0,93 + 0,7 \cdot 96,95)^2}$$

$$= 117,36 \text{ V}$$

Sehingga pada saat tap beban pertama dengan besar arus armature (I_a) sebesar 0,7 A dan tegangan keluaran (V_{out}) sebesar 112 V maka besar dari tegangan induksinya (E_a) adalah sebesar 117,36 V dan besarnya selisih antara tegangan keluaran (V_{out}) dengan tegangan induksi (E_a) sebesar 5,36 V.

3.4. Analisa Perbandingan Motor Induksi Slip Ring Menjadi Generator Induksi Pada 2 Belitan Rotor Dengan 3 Belitan Rotor Pada Pengujian Berbeban

Pada pengujian berbeban dibagi menjadi dua jenis beban yaitu beban resistif dan beban induktif. Pada pengujian ini dilakukan dengan cara yang sama pada variasi 2 belitan seperti pada 3 belitan. Akan tetapi, besar dari arus eksitasi bernilai berbeda untuk mendapatkan tegangan tanpa beban 220 V yaitu pada 2 belitan sebesar 1,83 A dan pada 3 belitan sebesar 2,1 A, sedangkan kecepatan diatur konstan 1500 rpm..

Dari table 3.3 dan gambar 3.4 diketahui bahwa ketika pada tap beban resistif yang sama maka besar V_{out} dari kedua variasi konfigurasi dari belitan rotor tersebut adalah hampir sama. Selisih dari variasi konfigurasi dari belitan rotor tidak terlampau besar, misal pada tap beban ke 3 selisih V_{out} dari kedua konfigurasi tersebut hanya 4 volt. Hal ini menyebabkan besarnya regulasi tegangan dari kedua variasi konfigurasi belitan juga hampir sama seperti terlihat pada Tabel 3.3, misal : pada tap beban ke 4, besarnya selisih regulasi tegangan hanya 0,5 %.

Pada pengujian beban induktif terlihat pada Tabel 3.4, untuk konfigurasi 2 belitan rotor, generator diputar pada kecepatan yang konstan yaitu sebesar 1500 rpm dan diberikan arus sebesar 1,83 A. sedangkan untuk konfigurasi 3 belitan diberikan arus sebesar 2,1 A.

Dari table 3.4 dan gambar 3.6 diketahui bahwa ketika generator dibebani induktif, maka kedua konfigurasi belitan rotor akan memiliki besarnya tegangan keluaran (V_{out}) yang hampir sama. Selisih terbesar dari kedua variasi tersebut sebesar 2 V dan hal ini berakibat besarnya regulasi tegangannya juga hampir sama seperti terlihat pada table 4.8, misal saat tap beban ke 3 maka konfigurasi 2 belitan akan menghasilkan regulasi tegangan sebesar 75.9% sedangkan pada hubungan konfigurasi 3 belitan sebesar 75%.

3.5. Analisa Penstabilan Tegangan Generator

3.5.1. Analisa Penstabilan Tegangan Generator Dengan Variasi Konfigurasi Belitan Rotor.

Berdasarkan analisa di atas maka dapat diketahui bahwa penstabilan tegangan output dari generator 3 fasa kurang dimungkinkan menggunakan pengaturan konfigurasi dari belitan rotor dari 2 belitan menjadi 3 belitan karena pengaturan konfigurasi belitan tidak banyak mempengaruhi besarnya tegangan output secara signifikan. Hal ini bisa dilihat pada table 3.3. & table 3.4 bahwa perbedaan % regulasi tegangan diantara kedua konfigurasi tidak terlampau signifikan sehingga jika terjadi perubahan konfigurasi dari 2 belitan ke 3 belitan tidak akan mengakibatkan perubahan yang signifikan pada tegangan output.

Walaupun demikian, seperti terlihat table 3.3 & 3.4 diketahui pula bahwa konfigurasi 2 belitan membutuhkan tegangan DC eksitasi lebih besar dibandingkan dengan konfigurasi 3 belitan pada besar arus beban (I_a) yang sama. Hal ini dikarenakan besarnya impedansi yang lebih besar saat 2 belitan dibandingkan saat 3 belitan sehingga rugi tegangan eksitasi akan lebih besar pada 2 belitan dibandingkan saat 3 belitan sehingga menyebabkan arus eksitasi pada 3 belitan lebih besar dibandingkan 2 belitan.

3.5.2 Analisa Penstabilan Tegangan Generator Dengan Variasi Konfigurasi Belitan Rotor dan Tegangan Eksitasi

Untuk mendapatkan kestabilan dari tegangan output generator 3 fasa maka cara yang relatif lebih tepat adalah dengan cara pengaturan arus eksitasi pada kedua jenis konfigurasi belitan rotor. Hal ini bisa dilihat pada hasil percobaan *open circuit* pada tabel 3.1 dan 3.2 dimana perubahan arus eksitasi dan kecepatan generator dapat merubah besarnya tegangan output generator yaitu jika arus eksitasi dinaikkan maka tegangan output dari generator akan naik sehingga bisa mengkompensasi rugi tegangan yang diakibatkan adanya perubahan beban pada generator seperti yang terlihat pada tabel 3.3 & 3.4 dimana jika beban dinaikkan maka tegangan output akan turun. Hal yang sama dapat dilihat pada tabel 3.5 dan tabel 3.6, bahwa saat besar beban resistif atau beban induktif dinaikkan maka dengan menaikkan tegangan eksitasi (V_{DC}) maka arus eksitasi akan bertambah besar sehingga bisa menstabilkan tegangan output dari generator 3 fasa.

Kenaikan besarnya arus eksitasi (I_f) juga akan berakibat naiknya daya yang ditransfer dari generator ke beban karena dengan naiknya arus eksitasi (I_f) akan berakibat naiknya arus jangkar (I_a) yang mengalir ke beban. Dengan naiknya arus jangkar dan tegangan output maka daya output dari generator yang digunakan untuk mensuplai beban akan menjadi lebih besar sekaligus menstabilkan tegangan output generator 3 fasa.

Pada tabel 3.5 dan tabel 3.6 diketahui juga bahwa konfigurasi 2 belitan rotor akan membutuhkan besar tegangan eksitasi (V_{DC}) yang lebih besar dibandingkan saat konfigurasi 3 belitan rotor. Demikian pula, diketahui juga bahwa beban induktif membutuhkan tegangan eksitasi yang lebih besar untuk menstabilkan tegangan outputnya pada semua konfigurasi belitan rotor. Perbedaan besar tegangan eksitasi tersebut lebih disebabkan oleh perbedaan tahanan & reaktansi sinkron dari kedua konfigurasi belitan tersebut seperti yang telah dijelaskan pada analisa percobaan-percobaan sebelumnya.

Tabel 3.5 Penstabilan Tegangan Dengan Pengaturan Tegangan Eksitasi Beban Resistif

3 Belitan										
No	I_a	T	I_m	VDC	V out	I_a	T	I_m	VDC	V out
1	0	0,4	2,1	8,7	220					
2	0,33	1	2,1	8,6	203	0,36	1,2	2,25	9	220
3	0,45	1,2	2,1	8,4	200	0,5	1,4	2,35	9,4	220
4	0,68	1,5	2,1	8,4	178	0,86	2,4	2,66	10,3	220

2 Belitan										
No	I_a	T	I_m	VDC	V out	I_a	T	I_m	VDC	V out
1	0	0,4	1,87	9,7	220					
2	0,34	1,2	1,87	9,6	205	0,36	1,2	1,92	10	220
3	0,46	1,3	1,87	9,6	201	0,49	1,5	2,24	10,1	220
4	0,7	1,6	1,87	9,6	180	0,85	2,4	2,3	11,3	220

Tabel 3.6. Penstabilan Tegangan Dengan Pengaturan Tegangan Eksitasi Beban Induktif

3 Belitan										
No	I_a	T	I_m	VDC	V out	I_a	T	I_m	VDC	V out
1	0	0,4	2,1	8,6	220					
2	0,45	0,4	2,1	8,4	148	0,61	0,45	2,92	11,1	220

2 Belitan										
No	I_a	T	I_m	VDC	V out	I_a	T	I_m	VDC	V out
1	0	0,41	1,83	9,3	220					
2	0,45	0,4	1,83	9,3	143	0,79	0,6	2,8	14	220

4. KESIMPULAN

Dari analisa yang telah dilaksanakan maka dapat dibuat beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Karakteristik generator khususnya karakteristik tegangan output generator dalam percobaan *Open Circuit* ternyata dipengaruhi oleh variasi hubungan belitan rotor. Walaupun begitu semua konfigurasi hubungan belitan rotor dapat dipergunakan untuk pengoperasian generator 3 fasa yang dibuat dari motor induksi 3 fasa slip ring dengan pengaturan tegangan eksitasi DC yang tepat.
2. Dengan adanya perbedaan tahanan dari belitan eksitasi generator pada konfigurasi belitan rotor yang berbeda maka sesuai simulasi yang ada diketahui bahwa pada tegangan eksitasi DC yang sama akan dihasilkan tegangan output yang berbeda untuk konfigurasi hubungan belitan rotor yang berbeda.
3. Dari dua percobaan pembebanan yang dilaksanakan maka dapat diketahui bahwa cara penstabilan tegangan output dengan pengaturan konfigurasi belitan kurang efektif dibandingkan pengaturan arus eksitasi dari generator. Hal ini dikarenakan perubahan tegangan output tidak terlampaui signifikan dibandingkan jika dilaksanakan perubahan arus eksitasi generator dengan cara merubah besarnya tegangan eksitasi.
4. Penstabilan tegangan output dari generator akan lebih efektif dengan menggunakan pengaturan belitan rotor dan pengaturan tegangan eksitasi (V_{DC}) dari belitan eksitasi seperti yang terlihat pada tabel 3.5 & tabel 3.6. Selain itu diketahui juga penstabilan tegangan output pada beban induktif membutuhkan tegangan DC yang lebih besar dibandingkan beban resistif dikarenakan rugi tegangan di beban induktif lebih besar dibandingkan beban resistif.

5. DAFTAR PUSTAKA

[1] Stephen J. Chapman, "Electric Machinery Fundamental", 5th ed, Singapore : McGraw-Hill Book Co, 2012, pp 197-218

[2] R. Sutjipto, S. Syah Wibowo, D Dhesah Kharisma, "Analisa Kelayakan Penggunaan Motor Induksi Slip Ring 3 Fasa 1500 W Sebagai Generator 3 Fasa, Prosiding Nasional Teknologi Elektro Terapan, Vol. 04,2020, pp 64-70

[3] Ayman Y. Al-Rawashdeh, "Investigation of an Induction Wound Rotor Motor to Work as a Synchronous Generator", Engineering, Technology & Applied Science Research, Vol. 9, No. 2, 2019, 4071-4074

[4] Srikanth B.S1 , Associate Prof. Anguraja R2 , Pooja Rani Khatei, "Experimental Investigation on an

- Induction Motor to Work as an Alternator”, Vol 4, Issue 5, 2013, pp 129-132
- [5] R. Sutjipto, H. Mukti K, A. Dasa Novfowan, “Kajian Pengaruh Penggunaan Kapasitor Terhadap Tegangan Output Pada SEIG (*Self-Excited Induction Generator*), Jurnal Teknik : Ilmu dan Aplikasi 1, 2014
- [6] TERCO, 1979, Electrical Machines, Laboratory Experiments, Part 1
- [7] M. Saputra, saddani Djulihenanto, and I. Fadlika, “Implementasi Kendali Tegangan Lup Tertutup Buck Converter dengan ArduinoMega,” *Elposys: Jurnal Sistem Kelistrikan*, vol. 8, no. 1, pp. 11–15, 2021,
- [8] M. Arya, I. Wardana, M. N. Hidayat, and R. A. Ananto, “Perencanaan Dan Analisis Pembangkit Listrik Hybrid PLTS 4x50 Wp dan PLTB Tipe Darrieus Kapasitas 100 Watt,” *Elposys: Jurnal Sistem Kelistrikan*, vol. 9, no. 2, pp. 81–86, 2022,