

# SINKRONISASI DUA GENERATOR 0,8 KW PADA LAB. PROTEKSI POLITEKNIK NEGERI LHOKSEUMAWE

Fiqih Maulana Akbar Hasibuan<sup>1</sup>, Radhiah<sup>2</sup>, Subhan<sup>3</sup>

Program Studi Teknologi Rekayasa Pembangkit Energi, Jurusan Teknik Elektro  
Politeknik Negeri Lhokseumawe

E-mail : [fiqhmaulanaakbar5@gmail.com](mailto:fiqhmaulanaakbar5@gmail.com)

**Abstrak**— Generator merupakan sebuah alat untuk mengubah energi mekanik menjadi energi listrik melalui proses induksi elektromagnetik yang digunakan untuk membangkitkan tenaga listrik. Generator diharapkan dapat bekerja secara stabil pada tegangan dan frekuensi yang dihasilkan sehingga dapat mensuplai tenaga listrik. Ketidakstabilan pada generator akan berpengaruh terhadap beban yang ditanggung oleh generator tersebut. Tujuan penelitian ini adalah Untuk mengetahui penjumlahan serta pembagian daya generator satu dan dua pada pembebanan *resistive*. Metode penelitian yang dilakukan adalah riset laboratorium dalam proses sinkronisasi generator 0,8 Kw dimana hasil data diperoleh dengan melakukan pengujian secara langsung di Laboratorium proteksi. Berdasarkan hasil pengujian, penjumlahan daya generator satu dan generator dua pada pembebanan *resistive* pada proses sinkronisasi adalah 193 watt. Pembagian daya pada generator satu dan generator dua dengan pembebanan *resistive* dilakukan secara bersama yaitu 29 watt dengan prosentase 50% di setiap generator. Tujuannya yaitu untuk menjaga kestabilan tenaga listrik serta sebagai proteksi jika terjadi kenaikan dan penurunan beban.

**Kata kunci** : Generator, Sinkronisasi, Beban, Daya, Listrik

## I. PENDAHULUAN

Di era industri seperti sekarang ini, listrik adalah salah komponen yang sangat penting bagi perusahaan, terutama perusahaan yang bergerak pada bidang industri. Oleh karena itu, untuk membangkitkan energi listrik diperlukan generator. Generator atau yang biasa juga disebut alternator merupakan sebuah alat untuk mengubah energi mekanik menjadi energi listrik melalui proses induksi elektromagnetik. Secara umum, generator yang digunakan untuk membangkitkan tenaga listrik ialah jenis generator sinkron.

Dikatakan generator sinkron karena jumlah putaran rotornya sama dengan jumlah putaran medan magnet pada stator. Generator diharapkan dapat bekerja secara stabil pada tegangan dan frekuensi yang dihasilkan sehingga dapat mensuplai tenaga listrik. Ketidakstabilan pada generator itu sendiri akan berpengaruh terhadap beban yang ditanggung oleh generator tersebut.

Oleh karena itu untuk, untuk melayani beban listrik pada saat terjadi beban puncak, biasanya dilakukan pengoperasian generator secara paralel. Karena, bila hanya satu generator saja yang beroperasi, maka generator tersebut harus mempunyai kapasitas besar yang mampu melayani saat terjadi beban puncak. Hal ini tentunya akan mengurangi efisiensi pada generator tersebut.

Untuk memparalelkan beberapa generator, tentunya ada syarat dan ketentuan tertentu yang harus dipenuhi. Hal ini disebabkan oleh generator yang akan bekerja lebih dari satu. Sehingga diperlukan keselarasan agar generator bekerja secara optimal dan dapat beroperasi seperti yang di harapkan.

Dalam proses sinkronisasi sebuah generator, tentu selalu ada resiko kegagalan yang yang bisa terjadi kapan saja. Oleh karena itu, untuk mengurangi resiko saat proses sinkronisasi pada generator, diperlukan peralatan proteksi

agar tidak merusak atau mengurangi kinerja dari generator tersebut.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Tinjauan Umum Generator Sinkron

Generator arus bolak-balik (AC) atau disebut dengan alternator adalah suatu peralatan yang berfungsi untuk mengkonversi energi mekanik (gerak) menjadi energi listrik (elektrik) dengan perantara induksi medan magnet. Perubahan energi ini terjadi karena adanya perubahan medan magnet pada kumparan jangkar (tempat terbangkitnya tegangan pada generator).

Dikatakan generator sinkron karena jumlah putaran rotornya sama dengan jumlah putaran medan magnet pada stator. Kecepatan sinkron dihasilkan dari kecepatan putar rotor dengan kutub-kutub magnet yang berputar dengan kecepatan yang sama dengan medan putar pada stator. Kumparan medan pada generator sinkron terletak pada rotornya sedangkan kumparan jangkarnya terletak pada stator. [1]

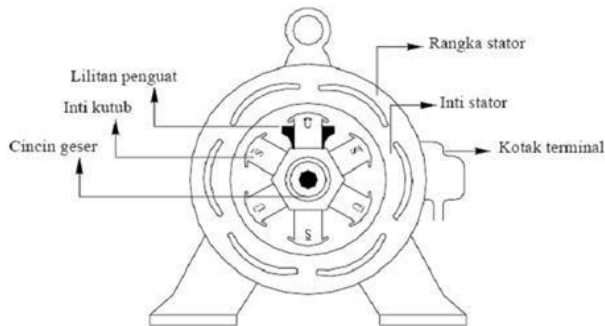


Gambar. 1 Generator Sinkron

## B. Konstruksi Generator Sinkron

Secara umum dikatakan generator sinkron karena jumlah putaran rotornya sama dengan jumlah putaran medan magnet pada stator. Keduanya merupakan rangkaian magnetik yang berbentuk simetris dan silindris. Selain itu generator sinkron memiliki celah udara ruang antara stator dan rotor yang berfungsi sebagai tempat terjadinya fluksi atau induksi energi listrik dari rotor ke stator. Adapun konstruksi generator AC adalah sebagai berikut:

1. Rangka stator terbuat dari besi tuang, yang merupakan rumah stator tersebut.
2. Stator, Stator adalah bagian yang diam. Memiliki alur-alur sebagai tempat meletakkan lilitan stator. Lilitan stator berfungsi sebagai tempat GGL (Gaya Gerak Listrik) induksi.
3. Rotor, Rotor adalah bagian yang berputar, pada bagian ini terdapat kutub kutub magnet dengan lilitannya yang dialiri arus searah, melewati cincin geser dan sikat-sikat.
4. Cincin geser, terbuat dari bahan kuningan atau tembaga yang dipasang pada poros dengan memakai bahan isolasi. Slip ring ini berputar bersama sama dengan poros dan rotor.
5. Generator penguat, Generator penguat merupakan generator arus searah yang dipakai sebagai sumber arus.



Gambar. 2 Kontruksi Generator Sinkron

## C. Prinsip Kerja Generator Sinkron

Perbedaan prinsip antara generator DC dengan generator AC adalah untuk generator DC, kumparan jangkar ada pada bagian rotor dan terletak di antara kutub-kutub magnet yang tetap di tempat, diputar oleh tenaga mekanik. Pada generator sinkron, konstruksinya sebaliknya, yaitu kumparan jangkar disebut juga kumparan stator karena berada pada tempat yang tetap, sedangkan kumparan rotor bersama-sama dengan kutub magnet diputar oleh tenaga mekanik.

Prinsip generator ini secara sederhana dapat dijelaskan bahwa tegangan akan diinduksikan pada konduktor apabila konduktor tersebut bergerak pada medan magnet sehingga memotong garis-garis gaya. Hukum tangan kanan berlaku pada generator dimana menyebutkan bahwa terdapat hubungan antara penghantar bergerak, arah medan magnet,

dan arah resultan dari aliran arus yang terinduksi. Apabila ibu jari menunjukkan arah gerakan penghantar, telunjuk menunjukkan arah fluks, jari tengah menunjukkan arah aliran elektron yang terinduksi. Hukum ini juga berlaku apabila magnet sebagai pengganti penghantar yang digerakkan

Prinsip kerja dari generator sesuai dengan hukum Lens, yaitu arus listrik yang diberikan pada stator akan menimbulkan momen elektromagnetik yang bersifat melawan putaran rotor sehingga menimbulkan EMF pada kumparan rotor. Tegangan EMF ini akan menghasilkan suatu arus jangkar. Jadi diesel sebagai prime mover akan memutar rotor generator, kemudian rotor diberi eksitasi agar menimbulkan medan magnet yang berpotongan dengan konduktor pada stator dan menghasilkan tegangan pada stator. Karena terdapat dua kutub yang berbeda yaitu utara dan selatan, maka pada  $90^\circ$  pertama akan dihasilkan tegangan maksimum positif dan pada sudut  $270^\circ$  kedua akan dihasilkan tegangan maksimum negatif. [2]

Ini terjadi secara terus menerus/continue. Bentuk tegangan seperti ini lebih dikenal sebagai fungsi tegangan bolak-balik. Prinsip kerja dari generator sinkron dapat dinyatakan sebagai berikut :

1. Rotor disuplai dengan arus DC  $I_f$  yang kemudian menghasilkan fluks magnet  $\phi_f$
2. Rotor digerakkan oleh turbin dengan kecepatan konstan sebesar  $n_s$ .
3. Garis gaya magnet bergerak menginduksi kumparan pada stator.
4. Frekuensi dari tegangan generator tergantung dari kecepatan putaran rotor yang dapat dinyatakan dengan persamaan :

$$n = \frac{120 f}{p} \quad (1)$$

Dimana:

$n$  = Kecepatan putar rotor (rpm)

$p$  = Jumlah kutub rotor

$f$  = frekuensi (Hz)

## D. Persyaratan Paralel Generator

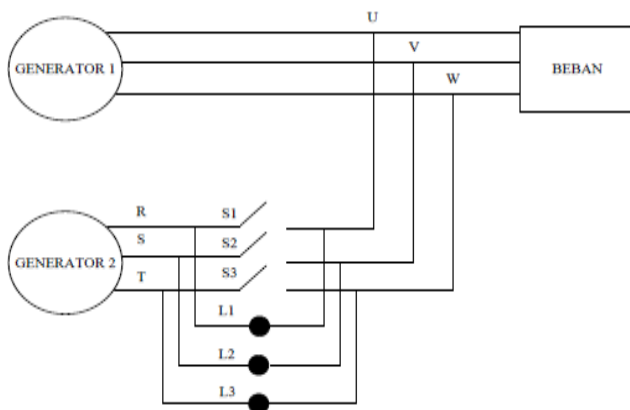
Adapun syarat yang harus dipenuhi dalam melakukan penyinkronan alternator ini ialah :

1. Tegangan kedua alternator harus sama  
Dimana tegangan generator (yang akan diparalel) dengan tegangan sistem jaringan harus sama besarnya (nilainya). Pengaturan tegangan generator tersebut harus diatur dengan mengatur arus eksitasinya. Pada saat generator bekerja paralel, perubahan arus eksitasi akan merubah faktor daya.
2. Frekuensi kedua alternator harus sama  
Frekuensi generator dan frekuensi sistem harus sama. Untuk menyamakannya, maka putaran generator harus diatur, yaitu dengan cara mengatur katup governor (aliran uap masuk turbin).
3. Mempunyai urutan dan sudut fasa yang sama

Urutan fasa dan sudut fasa generator sinkron yang akan di paralelkan harus sama, sebab jika adanya perbedaan fasa maka akan tidak dapat dilakukan penyinkronan. Mempunyai sudut fasa yang sama bisa diartikan, kedua fasa dari 2 Generator mempunyai sudut fasa yang berhimpit sama atau 0 derajat. Dengan kata lain urutan fasa dari generator yang diparalelkan harus sama dengan fasa pada sistem (busbar).[3]

#### E. Metode Paralel Antar Dua Generator Sinkron

Dalam memparalelkan generator, metode yang sering digunakan untuk melihat apakah telah terjadi sinkronisasi ialah dengan metode lampu sinkronisasi, dimana fungsi lampu ini sebagai indikator bahwa kedua generator dapat diparalelkan dengan sistem infinite bus. Ada beberapa metode lampu sinkronisasi yang dapat digunakan untuk mengetahui keadaan telah sinkron pada pengoperasian paralel antar generator sinkron yaitu Metode Lampu Sinkronisasi Hubungan Gelap.[4]



Gambar. 3 Metode Lampu Sinkronisasi Hubungan Gelap

Dalam metode ini, prinsipnya ialah menghubungkan antara ketiga fasa, yaitu R dengan U, S dengan V, T dengan W seperti yang terlihat pada gambar diatas. Jika rangkaian paralel benar (urutan fasanya sama) maka lampu L1, L2 dan L3 akan gelap secara bersamaan. Pada saat lampu nyala terang maka beda phasanya besar, dan jika lampunya redup maka beda phasanya kecil. tidak berkedip lagi (L2 dan L3 terang) dan lampu L1 padam berarti  $FG_1 = FG_2$  dan  $E_1 = E_2$ .

Dalam metode penyinkronan pada kedua generator ini menggunakan lampu sinkronisasi, bila keadaan tegangan dan putaran tiap generator dengan urutan fasa jaringan busbar dengan generator belum sama, maka kondisi lampu L1, L2 dan L3 akan berputar cepat yang menandakan fasa tiap generator belum sama seperti pada gambar 2.14.a. Namun jika frekuensi dan tegangan masing-masing generator telah sama maka kondisi lampu akan semakin lambat berputar dan kondisi L1 padam dan kondisi L2 dan L3 terang karena semua urutan fasa jaringan dengan urutan

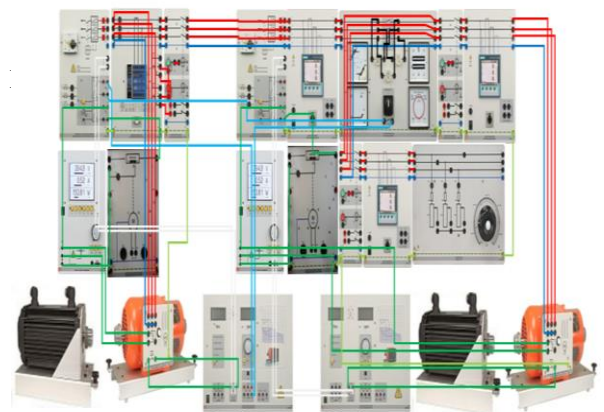
fasa generator telah saling berhimpit sehingga dikatakan telah sinkron.[5]

### III. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan Laboratorium Proteksi Politeknik Negeri Lhoseumawe. Dengan waktu penelitian selama 2 Minggu terhitung dari tanggal 16 Agustus sampai 25 Agustus 2021.

#### A. Rangkaian Percobaan

Rangkaian percobaan penelitian mengenai sinkronisasi dua generator sinkron dapat dilihat seperti pada gambar 4.



Gambar. 4 Rancangan percobaan

Prosedur untuk melakukan pengujian seperti pada gambar 4 adalah sebagai berikut:

1. Nyalakan semua alat pengujian
2. Atur Servo Machine Test pada mode synchronization dan speed control
3. Putar generator pada kecepatan ratingnya atau 1500 rpm
4. Hidupkan arus eksitasi pada modul universal power supply
5. Atur frekuensi dan voltage generator sama dengan frekuensi dan tegangan sistem dengan menyesuaikan kecepatan generator
6. Cek urutan fasa generator dengan urutan fasa pada sistem
7. Cek rotasi fasa dengan melihat keadaan lampu sinkroskop, apabila rotasi fasa beda maka keadaan sinkroskop akan berbeda dengan metode yang dipasang. Maka untuk menyatakannya tukar salah satu fasa generator
8. Lakukan penyesuaian pada sudut fasa dengan melihat keadaan pada sinkroskop
9. Pada saat sinkroskop menunjukkan lampu hijau, tutup saklar sinkronisasi
10. Pada servo machine test otomatis berubah mode ke torque control

11. Atur torsi generator sehingga tidak ada daya balik pada generator.

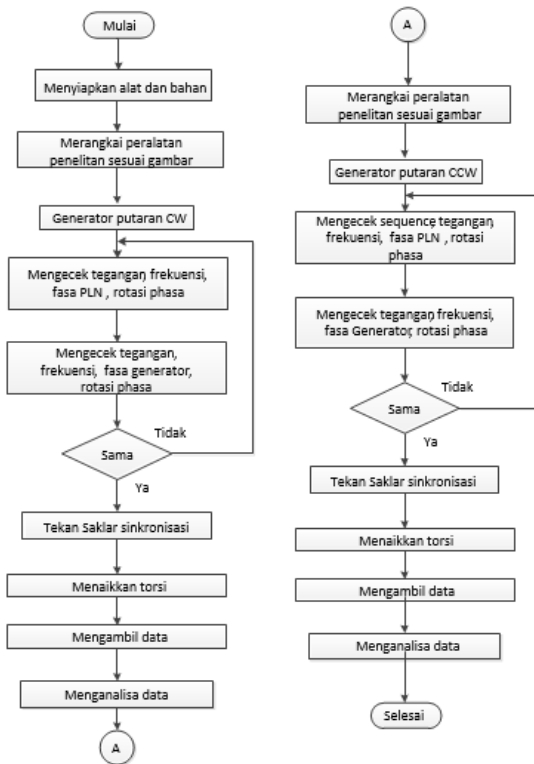
**B. Metode Pengukuran**

Metode pengukuran yang digunakan penulis pada pengujian ini adalah dengan menggunakan alat ukur tiga fasa yang di sambungkan dengan kabel LAN untuk mencatat hasil pengukuran menggunakan software Scada PowerLab. Keuntungan menggunakan Scada PowerLab ini adalah bisa mempermudah untuk melakukan pengukuran dengan jumlah alat ukur yang banyak karena hasil dari alat ukur tersebut bisa dilihat pada komputer.

**C. Metode Analisis Data**

Metode analisis yang digunakan oleh penulis pada pembahasan ini dengan memparalelkan sumber listrik 3 fasa dua generator sinkron 0.8 kW yang mengikuti syarat-syarat pengoperasian sinkronisasi. Kemudian dihubungkan dengan alat ukur untuk mengukur daya suplai dari PLN, alat ukur untuk mengukur daya suplai generator dan alat ukur di beban untuk mengukur daya total yang di suplai pada beban baik dalam keadaan putaran CW dan CCW. Kemudian hasil data yang di dapatkan dianalisa dan ditampilkan dalam bentuk graphic. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada flow chart penelitian gambar 5.

Metode analisa yang dilakukan dalam penelitian ini dapat digambarkan berdasarkan gambar *flow chart* dibawah ini :



Gambar. 5 Flowchart Penelitian

**IV. HASIL DAN PEMBAHASAN**

**A. Analisis Hasil Pengujian Generator Sinkron Tanpa Beban dan Berbeban**

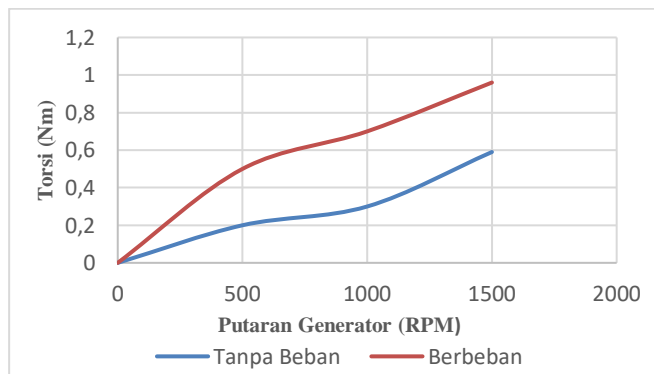
Pengujian generator sinkron ini dilakukan di Laboratorium Proteksi, Politeknik Negeri Lhokseumawe. Pengujian yang dilakukan pada kondisi generator sinkron tanpa beban dan berbeban. Beban generator yang terpasang adalah 3 buah lampu pijar dengan daya masing-masing adalah 15 W. Data hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 1 dibawah ini:

Tabel 1  
Data Hasil Pengujian Generator Tanpa Beban Dan Berbeban

Generator		Tanpa Beban	Berbeban
Tegangan (Volt)	V <sub>L1-2</sub>	385	380
	V <sub>L2-3</sub>	385	381
	V <sub>L3-1</sub>	382	379
	V <sub>L1-N</sub>	221	219
	V <sub>L2-N</sub>	222	219
	V <sub>L3-N</sub>	222	220
Arus (Ampere)	I <sub>L1</sub>	0	0,09
	I <sub>L2</sub>	0	0,08
	I <sub>L3</sub>	0	0,08
Daya Semu (VA)	S <sub>L1</sub>	0	19
	S <sub>L2</sub>	0	19
	S <sub>L3</sub>	0	17
	S <sub>tot</sub>	0	54
Daya Aktif (Watt)	P <sub>L1</sub>	0	-19
	P <sub>L2</sub>	0	-18
	P <sub>L3</sub>	0	-17
	P <sub>tot</sub>	0	-54

Generator		Tanpa Beban	Berbeban
Daya Reaktif (VAR)	QL1	0	1
	QL2	0	-2
	QL3	0	0
	Qtot	0	1
Faktor Daya (PF)	PFL1	-1	1
	PFL2	-1	1
	PFL3	-1	1
	PFtot	-1	1
Frekuensi (Hz)		50	50
Torsi (Nm)		0,59	0,96
Speed (RPM)		1500	1500

Berdasarkan data hasil pengujian generator sinkron tanpa beban dan berbeban, maka dapat dianalisa bahwa pada kondisi generator tanpa beban, besarnya torsi yang dibutuhkan untuk memutar generator yaitu 0,59 Nm pada putaran maksimal 1500 RPM. Sedangkan pada saat generator dibebani dengan 3 buah lampu pijar, torsi yang dibutuhkan untuk memutar generator yaitu 0,96 Nm pada putaran maksimal 1500 RPM. Parameter tegangan generator tanpa beban dan berbeban berada pada kondisi tegangan kerjanya yaitu 380 V (tegangan line-line) dan 220 V (tegangan line-netral). Daya keluaran yang disuplai oleh generator dengan beban lampu pijar yaitu 54 Watt dengan arus 0,08 A dan PF = 1. Pada kondisi berbeban, generator menghasilkan daya reaktif sebesar 1 VAR. Untuk lebih jelas pengujian generator sinkron tanpa beban dan berbeban dapat dilihat pada grafik dibawah ini:



Gambar. 6 Grafik Putaran generator Tanpa Beban Dan Berbeban Fungsi Torsi

### B. Analisis Hasil Pengujian Dua Generator yang Akan Disinkronisasi

Dalam penelitian ini, untuk pengukuran debit air dilakukan sebanyak 4 kali untuk mendapatkan debit rencana sehingga memudahkan penulis untuk membuat perencanaan konstruksi sipil. Untuk data hasil pengukuran debit air dapat dilihat pada Tabel 2 dibawah ini.

Tabel 2  
Data Hasil Pengujian Dua Generator Yang Akan Disinkronisasi

Generator		G1	G2
Tegangan (Volt)	UL1-2	372	376
	UL2-3	372	375
	UL3-1	369	373
	UL1-N	214	216
	UL2-N	214	216
	UL3-N	215	216
Arus (Ampere)	IL1	0,22	0,11
	IL2	0,23	0,12
	IL3	0,23	0,12
Daya Semu (VA)	SL1	46	20
	SL2	49	22
	SL3	48	22
	Stot	143	64
Daya Aktif (Watt)	PL1	-45	-15
	PL2	-48	-18
	PL3	-47	-20
	Ptot	-140	-53
Daya Reaktif (Var)	QL1	5	3
	QL2	7	6
	QL3	4	3

	Q <sub>tot</sub>	17	12
Faktor Daya	PfL1	0,98	0,79
	PfL2	0,97	0,8
	PfL3	0,98	0,88
	Pftot	0,98	0,82
Frekuensi (Hz)	50	50	
Torsi (Nm)	0,96	0,75	
Speed (RPM)	1500	1498	

Berdasarkan data hasil pengujian, generator G1 dapat menghasilkan daya aktif sebesar 51 watt dengan arus 0,08 A dan tegangan 375 volt dengan PF yaitu 1. Sedangkan generator G2 menyerap daya aktif 5 watt dan daya reaktif sebesar 1 VAR dengan PF yaitu 0,88. Generator G2 belum menghasilkan arus, dikarenakan beban masih disuplai oleh generator G1. Pada kondisi ini generator G2 yang awalnya menghasilkan daya listrik berubah menjadi motor yang menyerap daya listrik karena terdapat perubahan arah daya aktif. Kondisi lainnya dibuktikan dimana tegangan G1 yaitu 375 volt lebih rendah dari tegangan pada G2 yaitu 385 Volt, hal ini mengakibatkan PF bersifat kapasitif sehingga menghasilkan daya reaktif pada G2 serta akan terjadi reverse power (membalikkan tenaga).

### C. Analisis Hasil Pengujian Dua Generator yang Telah Disinkronisasi

Pengujian dilakukan pada kondisi generator satu (G1) dan generator dua (G2) telah dilakukan sinkronisasi dimana kedua generator sudah dapat menghasilkan daya keluaran masing masing. Data hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3  
Data Hasil Pengujian Dua Generator Yang Telah Disinkronisasi

Generator		G1	G2
Tegangan (Volt)	U <sub>L1-2</sub>	372	376
	U <sub>L2-3</sub>	372	375
	U <sub>L3-1</sub>	369	373
	U <sub>L1-N</sub>	214	216
	U <sub>L2-N</sub>	214	216
	U <sub>L3-N</sub>	215	216

Arus (Ampere)	I <sub>L1</sub>	0,22	0,11
	I <sub>L2</sub>	0,23	0,12
	I <sub>L3</sub>	0,23	0,12
Daya Semu (VA)	S <sub>L1</sub>	46	20
	S <sub>L2</sub>	49	22
	S <sub>L3</sub>	48	22
	S <sub>tot</sub>	143	64
Daya Aktif (Watt)	P <sub>L1</sub>	-45	-15
	P <sub>L2</sub>	-48	-18
	P <sub>L3</sub>	-47	-20
	P <sub>tot</sub>	-140	-53
Daya Reaktif (Var)	Q <sub>L1</sub>	5	3
	Q <sub>L2</sub>	7	6
	Q <sub>L3</sub>	4	3
	Q <sub>tot</sub>	17	12
Faktor Daya	PfL1	0,98	0,79
	PfL2	0,97	0,8
	PfL3	0,98	0,88
	Pftot	0,98	0,82
Frekuensi (Hz)	50	50	
Torsi (Nm)	0,96	0,75	
Speed (RPM)	1500	1498	

Berdasarkan data hasil pengujian, generator G1 dapat menghasilkan daya aktif sebesar 140 watt dengan arus 0,23 A dan daya reaktif sebesar 17 VAR dengan PF yaitu 0,98. Sedangkan generator G2 menghasilkan daya aktif 53 watt dan daya reaktif sebesar 12 VAR dengan PF yaitu 0,88. Pada kondisi ini, total daya generator G1 dan generator G2 yaitu

$$\begin{aligned}
 P_{total} &= P_{G1} + P_{G2} \\
 P_{total} &= 140 \text{ Watt} + 53 \text{ Watt} \\
 P_{total} &= 193 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

**D. Analisis Hasil Pengujian Generator Yang Telah Disinkronisasi Dengan Pengaturan Daya Keluarannya**

Pengujian dilakukan pada kondisi generator satu (G1) dan generator dua (G2) telah dilakukan sinkronisasi dimana generator G2 akan dilakukan pengaturan daya keluarannya. Pengujian dilakukan bertahap dengan pengaturan daya keluaran generator G2 dari 16 Watt, 22 Watt dan 29 Watt. Beban yang terpasang yaitu 3 buah lampu pijar dengan daya masing masing 15 W. Data hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 4, 5 dan 6 berikut.

Tabel 4  
Data Hasil Pengujian Dua Generator Yang Disinkronisasi Dengan Pengaturan Daya 16 Watt

Generator		G1	G2
Tegangan (Volt)	U <sub>L1-2</sub>	381	383
	U <sub>L2-3</sub>	380	382
	U <sub>L3-1</sub>	378	382
	U <sub>L1-N</sub>	219	220
	U <sub>L2-N</sub>	219	220
	U <sub>L3-N</sub>	220	221
Arus (Ampere)	I <sub>L1</sub>	0,06	0,05
	I <sub>L2</sub>	0,07	0,04
	I <sub>L3</sub>	0,07	0,03
Daya Semu (VA)	S <sub>L1</sub>	13	10
	S <sub>L2</sub>	15	9
	S <sub>L3</sub>	15	7
	S <sub>tot</sub>	43	26
Daya Aktif (Watt)	P <sub>L1</sub>	-12	8
	P <sub>L2</sub>	-13	5
	P <sub>L3</sub>	-13	3
	P <sub>tot</sub>	-38	16
	Q <sub>L1</sub>	0	0

Daya Reaktif (Var)	Q <sub>L2</sub>	1,00	4
	Q <sub>L3</sub>	-1,00	-1
	Q <sub>tot</sub>	0	3
Faktor Daya	PfL1	0,88	0,78
	PfL2	0,89	0,56
	PfL3	0,89	0,40
	Pftot	0,89	0,6
Frekuensi (Hz)		50	50
Torsi (Nm)		0,84	0,79
Speed (RPM)		1500	1498

Tabel 5  
Data Hasil Pengujian Dua Generator Yang Disinkronisasi Dengan Pengaturan Daya 22 Watt

Generator		G1	G2
Tegangan (Volt)	U <sub>L1-2</sub>	378	383
	U <sub>L2-3</sub>	378	382
	U <sub>L3-1</sub>	376	380
	U <sub>L1-N</sub>	217	220
	U <sub>L2-N</sub>	218	220
	U <sub>L3-N</sub>	218	221
Arus (Ampere)	I <sub>L1</sub>	0,05	0,06
	I <sub>L2</sub>	0,06	0,05
	I <sub>L3</sub>	0,06	0,04
Daya Semu (VA)	S <sub>L1</sub>	11	12
	S <sub>L2</sub>	13	10
	S <sub>L3</sub>	13	8
	S <sub>tot</sub>	37	31
Daya Aktif (Watt)	P <sub>L1</sub>	-9	10
	P <sub>L2</sub>	-12	7

	P <sub>L3</sub>	-11	5
	P <sub>tot</sub>	-32	22
Daya Reaktif (Var)	Q <sub>L1</sub>	1	-1
	Q <sub>L2</sub>	2	4
	Q <sub>L3</sub>	0	-1
	Q <sub>tot</sub>	3	2
Faktor Daya	PfL1	0,83	0,83
	PfL2	0,86	0,71
	PfL3	0,89	0,58
	Pftot	0,86	0,72
Frekuensi (Hz)		50	50
Torsi (Nm)		0,79	0,84
Speed (RPM)		1500	1498

Tabel 6  
Data Hasil Pengujian Dua Generator Yang Disinkronisasi Dengan Pengaturan Daya 29 Watt

Generator		G1	G2
Tegangan (Volt)	U <sub>L1-2</sub>	378	383
	U <sub>L2-3</sub>	378	382
	U <sub>L3-1</sub>	376	380
	U <sub>L1-N</sub>	217	220
	U <sub>L2-N</sub>	218	220
	U <sub>L3-N</sub>	218	221
Arus (Ampere)	I <sub>L1</sub>	0,05	0,06
	I <sub>L2</sub>	0,06	0,06
	I <sub>L3</sub>	0,05	0,04
Daya Semu (VA)	S <sub>L1</sub>	11	14
	S <sub>L2</sub>	13	12
	S <sub>L3</sub>	12	10

	S <sub>tot</sub>	35	36
Daya Aktif (Watt)	P <sub>L1</sub>	-8	12
	P <sub>L2</sub>	-10	9
	P <sub>L3</sub>	-10	7
	P <sub>tot</sub>	-29	29
Daya Reaktif (Var)	Q <sub>L1</sub>	-1	-1
	Q <sub>L2</sub>	0	3
	Q <sub>L3</sub>	-2	-2
	Q <sub>tot</sub>	-3	-1
Faktor Daya	PfL1	0,78	0,87
	PfL2	0,83	0,76
	PfL3	0,85	0,73
	Pftot	0,82	0,80
Frekuensi (Hz)		50	50
Torsi (Nm)		0,74	0,98
Speed (RPM)		1500	1498

Berdasarkan data hasil pengujian, Pada pengaturan daya keluaran G2 sebesar 16 Watt, generator G1 menyuplai daya aktif sebesar 38. Maka jumlah total daya keluaran yang disuplai ke beban yaitu:

$$\begin{aligned}
 P_{total} &= P_{G1} + P_{G2} \\
 P_{total} &= 38 \text{ Watt} + 16 \text{ Watt} \\
 P_{total} &= 54 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

Jika dihitung dalam prosentase, maka generator G1 dan generator G2 masing masing akan menyuplai daya ke beban yaitu:

$$\begin{aligned}
 \% P_{G1} &= \frac{P_{G1}}{P_{Total}} \times 100\% & \% P_{G2} &= \frac{P_{G2}}{P_{Total}} \times 100\% \\
 \% P_{G1} &= \frac{38}{54} \times 100\% & \% P_{G2} &= \frac{16}{54} \times 100\% \\
 P_{G1} &= 70,37\% & P_{G2} &= 29,63\%
 \end{aligned}$$

Pada pengaturan daya keluaran G2 sebesar 22 Watt, generator G1 menyuplai daya aktif sebesar 32. Maka jumlah total daya keluaran yang disuplai ke beban yaitu:

$$\begin{aligned}
 P_{total} &= P_{G1} + P_{G2} \\
 P_{total} &= 32 \text{ Watt} + 22 \text{ Watt} \\
 P_{total} &= 54 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$



Jika dihitung dalam prosentase, maka generator G1 dan generator G2 masing masing akan menyuplai daya ke beban yaitu:

$$\begin{aligned} \% P_{G1} &= \frac{P_{G1}}{P_{Total}} \times 100\% & \% P_{G2} &= \frac{P_{G2}}{P_{Total}} \times 100\% \\ \% P_{G1} &= \frac{32}{54} \times 100\% & \% P_{G2} &= \frac{22}{54} \times 100\% \\ P_{G1} &= 59,26 \% & P_{G2} &= 40,74 \% \end{aligned}$$

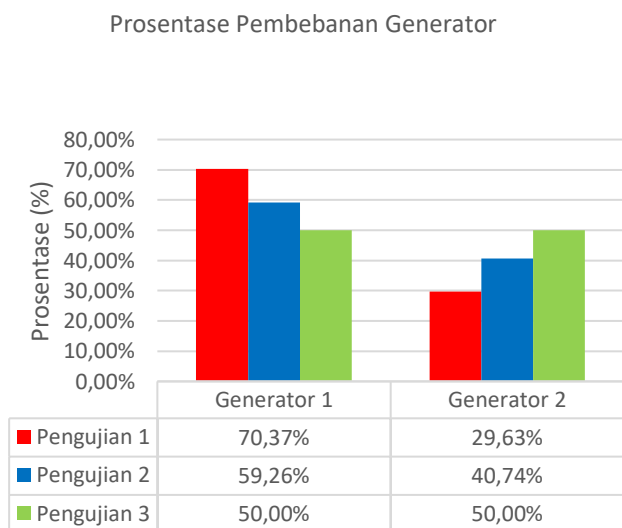
Pada pengaturan daya keluaran G2 sebesar 29 Watt, generator G1 menyuplai daya aktif sebesar 29. Maka jumlah total daya keluaran yang disuplai ke beban yaitu:

$$\begin{aligned} P_{total} &= P_{G1} + P_{G2} \\ P_{total} &= 29 \text{ Watt} + 29 \text{ Watt} \\ P_{total} &= 58 \text{ Watt} \end{aligned}$$

Jika dihitung dalam prosentase, maka generator G1 dan generator G2 masing masing akan menyuplai daya ke beban yaitu:

$$\begin{aligned} \% P_{G1} &= \frac{P_{G1}}{P_{Total}} \times 100\% & \% P_{G2} &= \frac{P_{G2}}{P_{Total}} \times 100\% \\ \% P_{G1} &= \frac{29}{58} \times 100\% & \% P_{G2} &= \frac{29}{58} \times 100\% \\ P_{G1} &= 50 \% & P_{G2} &= 50 \% \end{aligned}$$

Untuk lebih jelasnya mengenai prosentase pembebanan pada setiap generator dapat dilihat pada gambar 7 berikut ini.



Gambar. 7 Grafik Prosentase Pembebanan Pada Setiap Generator

Berdasarkan gambar 7 maka dapat dianalisa bahwa pengujian ke-1 dan ke-2, pada saat sinkron generator G1 dan G2 tidak mensuplai daya secara seimbang ke beban. G1 lebih besar menanggung pembebanan daya daripada G2 yaitu 70,37% berbanding 29,63% pada pengujian ke-1 dan 59,26% berbanding 40,74% pada pengujian ke-2. Pada pengujian ke-3, G1 dan G2 secara bersama membagi untuk pembebanan

daya yaitu sebesar 50%. Pembagian daya secara seimbang ini bertujuan untuk menjaga kestabilan tenaga listrik serta sebagai proteksi jika terjadi kenaikan/penurunan beban.

## V. KESIMPULAN

1. Penjumlahan daya generator satu dan generator dua pada pembebanan *resistive* pada proses sinkronisasi adalah 193 Watt yang bertujuan mendapatkan daya yang lebih besar dan lebih stabil untuk menerima beban yang berubah-ubah.
2. Pembagian daya pada generator satu dan generator dua dengan Pembebanan *resistive* dilakukan secara bersama yaitu 29 watt dengan prosentase 50% di setiap generator, yang bertujuan untuk menjaga kestabilan tenaga listrik serta sebagai proteksi jika terjadi kenaikan/penurunan beban.

## REFERENSI

- [1] Basofi. (2014). **Studi Pengaruh Arus Eksitasi Pada Generator Sinkron** Yang Bekerja Pararel Terhadap Perubahan Faktor Gaya. Medan: Repositori Institusi Universitas Sumatera Utara.
- [2] Pradinata, R. (2017). **Analisa Pengaruh Beban Terhadap Efisiensi Generator Di PLTG CNG Jakabaring**. Palembang: Politeknik Negeri Sriwijaya
- [3] Sitepu, M. S. (2019). **Proses Sinkronisasi Generator Berbasis Simulasi**. Repository Pertamina Univesity
- [4] Agiantoro, G. T., & Prasetyo, M. T. (2018). **Sinkronisasi Generator 3 Fasa Dengan Kapasitas Daya 511 KVA Dan 820 KVA** Yang Berbeban Di PT Ungaran Sari Garments. Prosiding SNST ke-9 , 37
- [5] Fauzi, R. I. (2017). **Sistem Sinkronisasi Generator Pada PLTMG Sematang Borang**. Palembang: eprints Repositori Software