

STUDI TENTANG SISTEM KERJA PARALEL GENERATOR SINKRON 471 MVA PADA PLTU UBP SURALAYA, SERANG, BANTEN

Catur Teguh Wibowo Aji¹, Ir. Muhammad Suyanto.,MT², Subandi.,ST.MT³
^[1,2,3]Jurusan Teknik Elektro, IST AKPRIND Yogyakarta
Jl. Kalisahak 28 Komplek Balapan Tromol Pos 45 Yogyakarta 55222
Telp. (0274)563029 E-mail : Caturteguhwiwowaaji@yahoo.co.id

INTISARI

Dalam menunjang akan ketersediaannya pasokan energi listrik guna memenuhi kebutuhan akan energi listrik masyarakat baik untuk rumah tangga maupun industri, Mesin induksi membutuhkan suplai daya reaktif baik pada saat beroperasi sebagai motor maupun sebagai generator. Keterbatasan ini mampu diatasi dengan cara memparalelkan generator. Secara umum, operasi parallel generator sangat baik untuk mengatasi kebutuhan listrik atau beban yang terus meningkat. Operasi parallel generator dirasa lebih menguntungkan bagi kelangsungan pembangkit tenaga listrik dan keluaran yang dihasilkan. Bila suatu generator mendapatkan pembebanan yang melebihi kapasitasnya, maka dapat mengakibatkan generator tersebut tidak bekerja atau bahkan akan mengalami kerusakan. Untuk mengatasi kebutuhan listrik atau beban yang terus meningkat tersebut, bisa diatasi dengan menjalankan generator lain yang kemudian dioperasikan secara parallel dengan generator yang telah bekerja sebelumnya, pada satu jaringan listrik yang sama, Generator yang digunakan pada UBP PLTU Suralaya adalah generator sinkron Sebuah generator dapat dihubungkan ke dalam sistem maka ada beberapa persyaratan yang harus dipenuhi diantaranya : Tegangan Terminal Harus Sama, Frekuensi Harus Sama, dan Urutan fasanya Harus Sama.

Kata kunci : Kurva kapabilitas, Sistem Eksitasi, Syarat paralel

PENDAHULUAN

Imbas dari perubahan zaman yang mayoritas produk yang diproduksi dalam pengoperasiannya menggunakan pasokan listrik dan hal ini berdampak pada sektor pasokan cadangan listrik, dalam produksi tenaga listrik salah satu pendukung dalam ketersediaannya energi listrik untuk jangka waktu mendatang dengan memparalelkan dua buah generator atau lebih untuk dapat menghasilkan pasokan energi listrik yang cukup untuk kebutuhan pasar.

Secara umum, operasi parallel generator sangat baik untuk mengatasi kebutuhan listrik atau beban yang terus meningkat. Operasi parallel generator dirasa lebih menguntungkan bagi kelangsungan pembangkit tenaga listrik dan keluaran yang dihasilkan.

Apabila generator mendapatkan pembebanan melebihi kapasitasnya, maka dapat mengakibatkan generator tersebut tidak bekerja atau bahkan akan mengalami kerusakan. Untuk mengatasi kebutuhan listrik atau beban yang terus meningkat tersebut, dapat diatasi dengan menjalankan generator lain yang kemudian dioperasikan secara parallel dengan generator yang telah bekerja sebelumnya, pada satu jaringan listrik yang sama.

Salah satu keuntungan dari penggabungan dua generator atau lebih dalam suatu jaringan listrik adalah jika salah satu generator mengalami gangguan, maka generator tersebut dapat dihentikan dan beban dialihkan pada kinerja generator lain, sehingga pemutusan aliran listrik secara total bisa dihindari.

LANDASAN TEORI

Sebuah generator dapat terhubung ke dalam sistem maka ada beberapa persyaratan yang harus dipenuhi untuk menjaga generator agar bekerja seperti halnya generator, bukan menjadi motor. Syarat-syarat yang harus dipenuhi sebelum terhubung ke sistem diantaranya : (Djiteng M : 1990)

1. Tegangan Terminal Harus Sama.

Hal ini dimaksudkan agar tidak terjadi kerusakan pada aspek mekanis generator. Perbedaan tegangan akan menimbulkan loncatan bunga api sehingga dapat merusak transformator.

2. Frekuensi Harus Sama

Sebelum proses sinkronisasi dilakukan, generator harus diputar sedemikian rupa sehingga frekuensi tegangan outputnya sama dengan frekuensi sistem. Namun untuk memastikan fungsi kerja mesin tersebut adalah sebagai generator.

3. Urutan fasanya Harus Sama

Beda fasa antara incoming generator dan busbar harus sama dengan nol. Apabila hal ini tidak dipenuhi maka akan terjadi kerusakan pada saat sebuah generator diparalelkan ke jaringan.



Gambar 1 generator PLTU UBP Suralaya

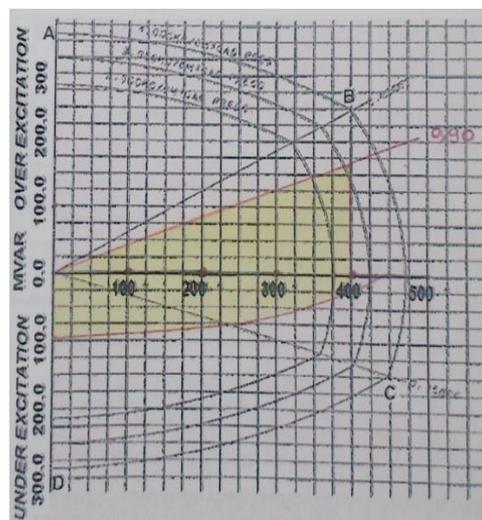
Kurva Kapabilitas

Kurva kapabilitas merupakan suatu diagram yang menggambarkan operasi generator pada keadaan normal yang dihubungkan ke suatu sistem *infinite bus*. Kurva kapabilitas membatasi daya generator pada saat generator beroperasi. Adapun daya yang dibatasi adalah daya reaktif. Pada saat generator melayani beban induktif maka generator akan menyuplai daya reaktif ke beban

(over excitation). Pada saat generator melayani beban kapasitif maka generator akan menyerap daya reaktif (*under excitation*).

Batasan operasi dari daya reaktif berhubungan dengan sistem pendingin dari generator. Kurva kapabilitas yang berhubungan dengan sistem pendinginan dibagi menjadi 3 bagian, yaitu :

- batas pemanasan rotor (**rotor heating limit**)
- batas pemanasan stator (**stator heating limit**)
- batas pemanasan inti (**core heating limit**)



Gambar 2 Kurva Kapabilitas

Batasan daerah operasi generator :

1. A – B batas panas rotor (*rotorheatinglimited*)
2. B – C batas panas stator (*statorheatinglimited*)
3. C – D batas panas ujung inti stator (*coreendheatinglimited*)

Berikut merupakan penjelasan dari batasan daerah operasi generator diatas:

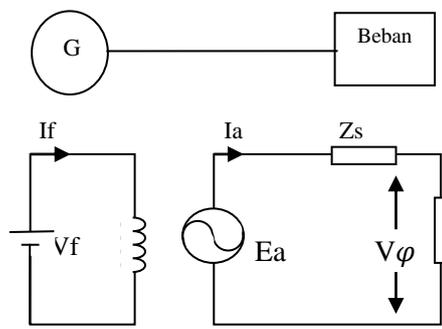
A – B batas panas rotor berhubungan dengan batas maksimum arus eksitasi, kemudian hal tersebut juga dipengaruhi oleh besarnya faktor daya.

B – C batas panas stator berhubungan dengan arus eksitasi yang rendah, karena pada daerah tersebut arus eksitasi akan semakin rendah.

C – D batas panas ujung inti stator berhubungan dengan batas minimum arus eksitasi, pada daerah tersebut arus eksitasi sangat rendah, menyebabkan fluks rotor berkurang, maka fluks rotor dan stator tidak seimbang.

Sistem Eksitasi pada Generator Beroperasi Sendiri.

Perubahan besar arus eksitasi pada sebuah generator sinkron yang beroperasi sendiri akan mempengaruhi besar tegangan keluaran generator sinkron. Perubahan putaran rotor (dengan merubah daya penggerak mula) pada dasarnya berfungsi sebagai pengatur frekuensi listrik. Tetapi perlu dicatat bahwa perubahan putaran juga mengubah tegangan generator sehingga pengaturan putaran dan arus eksitasi harus benar-benar dikoordinasi agar bisa didapatkan nilai output yang diinginkan. Rangkaian generator yang beroperasi sendiri:



Gambar 3 ilustrasi rangkaian generator beroperasi sendiri.

Dari rangkaian di atas berlaku persamaan:

$$E_a = V_\phi + I_a Z_s \quad \dots\dots (1)$$

$$V_\phi = I_a Z_l \quad \dots\dots (2)$$

Karena R_s bernilai kecil, maka $Z_s = X_s$ dan persamaan diatas menjadi:

$$E_a = V_\phi + j I_a X_s \quad \dots\dots (3)$$

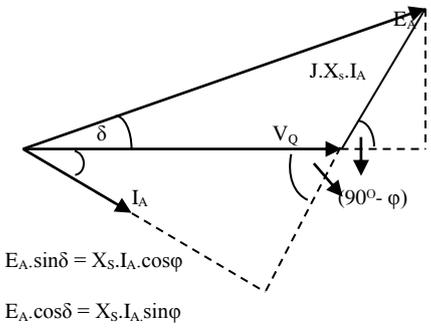
Karena pada kenyataannya, suatu sistem transmisi saluran panjang, dimana pusat pembangkit terletak jauh dari pusat beban mengakibatkan tegangan di ujung jaringan akan mengalami penurunan. Tegangan ini akan semakin menurun bila beban bersifat induktif. Walaupun generator pada pusat pembangkit tidak merasakan penurunan tegangan tersebut. Oleh karena itu, diperlukan penambahan arus eksitasi untuk menaikkan daya reaktif sehingga tegangan di pusat beban menjadi normal kembali. Dalam hal ini tegangan keluaran pada generator juga mengalami kenaikan.

Generator (3 fasa) yang melayani beban dengan daya aktif P dan daya reaktif Q yang besarnya adalah

$$P_{out} = 3 \cdot V_{ph} \cdot I_{ph} \cdot \cos \phi = 3 \cdot V_\phi \cdot I_A \cdot \cos \phi \quad (3\text{fasa}) \dots\dots\dots (4)$$

$$Q_{out} = 3 \cdot V_{ph} \cdot I_{ph} \cdot \sin \phi = 3 \cdot V_\phi \cdot I_A \cdot \sin \phi \quad (3\text{fasa}) \dots\dots\dots (5)$$

Berikut gambar 2.14 diagram fasor sebuah generator yang sedang melayani beban (dengan mengabaikan R_s):



$$E_a \cdot \sin \delta = X_s \cdot I_A \cdot \cos \phi$$

$$E_a \cdot \cos \delta = X_s \cdot I_A \cdot \sin \phi$$

Gambar 4 Diagram fasor generator berbeban

Persamaan dari diagram fasor diatas: Maka:

$$P_{out} = 3V_\phi \cdot I_A \cdot \cos \phi = \frac{3 \cdot V_\phi \cdot E_a}{X_s} \sin \delta$$

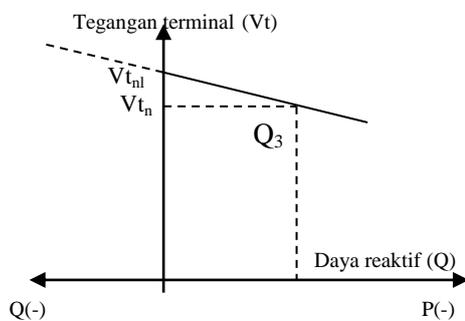
$$Q_{out} = 3V_\phi \cdot I_A \cdot \sin \phi = \frac{3 \cdot V_\phi \cdot E_a}{X_s} \cos \delta$$

Bila generator dilengkapi dengan AVR, maka V_ϕ akan konstan dan apabila X_s juga konstan, maka P_{out} sebanding dengan $E_a \cdot \sin \delta$ dan Q_{out} sebanding dengan $E_a \cdot \cos \delta$.

Sistem Eksitasi Pada Generator Beroperasi Paralel

Bila Generator beroperasi paralel dengan satu atau lebih generator lain, perubahan besar arus eksitasi akan mengubah besar daya reaktif yang disuplai generator dan sekaligus merubah tegangan sistem paralel. Perubahan putaran akan mengubah besar daya aktif (daya nyata) yang disuplai generator dan sekaligus merubah frekuensi sistem paralel. Bila arus eksitasi salah satu generator diperbesar, maka akan memperbesar daya reaktif yang disuplai oleh generator itu dan selanjutnya akan memperbesar tegangan sistem, dan sebaliknya. Bila daya penggerak rotor salah satu generator diperbesar, maka akan memperbesar daya aktif yang disuplai oleh generator itu dan selanjutnya akan memperbesar frekuensi sistem, dan sebaliknya.

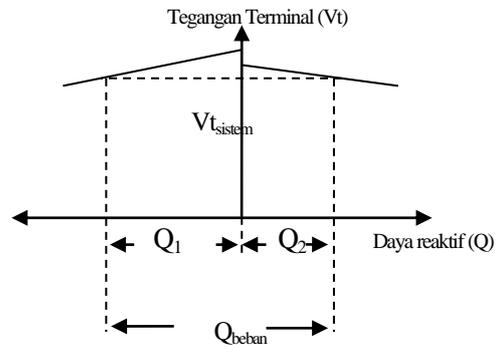
Untuk membantu memahami kerja paralel, dibuatlah diagram rumah frekuensi generator vs daya aktif yang dibangkitkan seperti gambar berikut:



Gambar 5 Diagram Rumah Sebuah Generator

Apabila beban induktif pada generator bertambah, maka tegangan terminal generator akan turun, sebaliknya bila beban kapasitif pada generator bertambah, maka tegangan terminal generator akan naik. Sebenarnya karakteristik Tegangan terminal vs daya reaktif tidaklah berbentuk linier, tetapi AVR generator dilengkapi dengan pengaturan yang membuat karakteristiknya ini menjadi linier.

Sewaktu 2 generator beroperasi paralel, daya reaktif total yang disuplai ke beban merupakan penjumlahan dari daya reaktif yang disuplai oleh masing-masing generator ($Q_{\text{beban}} = Q_1 + Q_2$)



Gambar 6 Diagram Rumah Dua Generator Bekerja Paralel

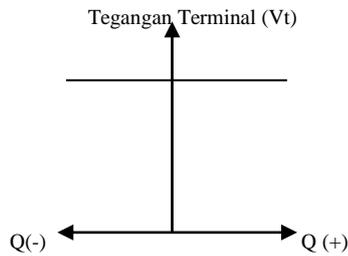
Apabila terjadi penambahan gambar diatas daya reaktif ke beban ($Q_{\text{beban}} > Q_{\text{beban}}$) maka $Q_{\text{beban}'} > Q_1 + Q_2$ maka tegangan sistem akan turun sampai tercapai kondisi $Q_{\text{beban}'} = Q_1 + Q_2$.

Apabila salah satu arus medan generator diperbesar (misalkan generator 1), maka kurva diagram rumah generator itu akan bergeser vertikal ke atas, sehingga ($Q_{\text{beban}} < Q_1 + Q_2$). Kondisi ini tidak stabil, sehingga frekuensi sistem akan naik sampai ($Q_{\text{beban}} = Q_1 + Q_2$). kondisi ini hanya bisa terjadi apabila $Q_1 > Q_2$. Hal ini juga berlaku sebaliknya.

Sistem Eksitasi Pada Generator Beroperasi Paralel dengan Infinite bus

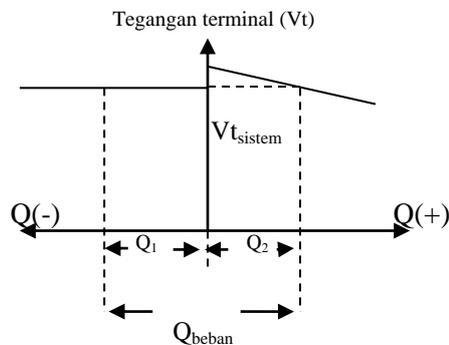
Apabila sebuah generator diparalel dengan sistem yang sangat besar (*infinite bus*), maka frekuensi dan tegangan sistem selalu konstan. Perubahan besar arus eksitasi dan daya penggerak rotor generator itu praktis tidak akan mengubah tegangan dan frekuensi sistem. Maka Pengaturan besar arus eksitasi hanya akan mengubah besar daya reaktif dan pengaturan daya penggerak rotor hanya mengubah besar daya aktif.

Untuk diagram rumah *infinite bus* adalah sebagai berikut :



Gambar 7 Diagram Rumah *Infinite bus*

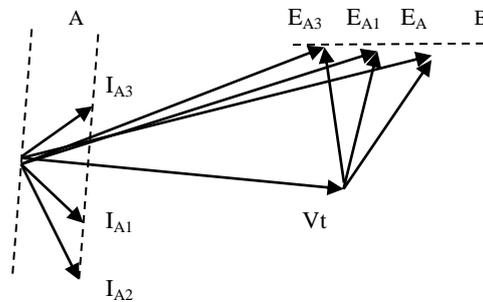
Bila sebuah generator paralel dengan *infinite bus*, diagram rumahnya adalah seperti pada gambar dibawah ini:



Gambar 8 Diagram Rumah Sebuah Generator Paralel Dengan *Infinite bus*

Perhatikan gambar diatas apabila terjadi penambahan daya reaktif ke beban ($Q_{beban}' > Q_{beban}$), maka $Q_{beban}' > Q_1 + Q_2$, tetapi daya reaktif yang disuplai oleh generator adalah tetap selama besar arus medannya tetap. Tambahan suplai daya reaktif ke beban ini dilakukan oleh *infinite bus* (sampai $Q_{beban}' < Q_1 + Q_2$) dan tegangan terminal sistem tidak berubah. Sehingga pada akhirnya daya reaktif yang disuplai *infinite bus* menjadi lebih besar sedangkan daya reaktif oleh generator tetap. Apabila salah satu arus medan generator diperbesar, maka kurva diagram rumah generator itu akan bergeser vertikal ke atas, sehingga daya reaktif yang disuplai oleh generator bertambah ($Q_{beban} < Q_1 + Q_2$). Kondisi ini tidak stabil, sehingga *infinite bus* akan mengurangi suplai daya reaktifnya sampai tegangan terminal sistem akan naik sampai $(Q_{beban} - Q_1 + Q_2)$. Hal ini juga berlaku sebaliknya.

Peristiwa ini juga bisa dilihat pada diagram fasor sebuah generator yang paralel dengan *infinite bus* seperti gambar berikut ini:



Gambar 9 Diagram Fasor Sebuah Generator Paralel Dengan *Infinite bus*

Misalkan kondisi awal generator itu adalah melayani beban dengan arus jangkar sebesar I_{a1} . Dengan frekuensi sistem yang konstan selama paralel dengan *infinite bus*, apabila set point *governor* pada generator ini tidak berubah, maka daya aktif yang disuplai generator juga konstan sehingga besar $I_A \cos \phi$ dan $E_A \cdot \sin \delta$ juga harus konstan. Gambar diatas pada garis A adalah menyatakan letak kedudukan I_{A1} , jika besar $I_A \cos \phi$ konstan, sedangkan garis B adalah menyatakan letak kedudukan E_A , jika besar $E_A \cdot \sin \delta$ konstan. Apabila arus medan generator ini diperbesar, maka panjang vektor E_A juga akan bertambah. Pertambahan ini selalu mengikuti garis B menjadi E_{A2} sehingga I_a akan bergeser sepanjang garis A menjadi I_{A2} . Dengan pergeseran menjadi I_{A2} ini, daya reaktif yang disuplai generator menjadi bertambah karena besar $I_a \sin \phi$ menjadi lebih besar dengan adanya pergeseran ini. Demikian juga apabila arus medan diperkecil, maka I_A akan bergeser sehingga daya reaktif yang disuplai generator menjadi berkurang. Apabila arus medan terlalu kecil, maka arus jangkar akan bergeser menjadi I_{A3} dan dalam hal ini, generator menjadi menyerap daya reaktif.

METODOLOGI

Bahan yang digunakan dalam melaksanakan penelitian ini adalah data

dari salah satu perusahaan pembangkitan energi listrik terkemuka di Indonesia, pada penelitian ini data di ambil dari PT.INDONESIA POWER UBP Suralaya yang bertempat di desa Suralaya, kecamatan pulo Merak, Serang, Banten. 120km kearah barat dari Jakarta menuju pelabuhan Ferry Merak, dan 7km kearah utara dari Pelabuhan Merak.

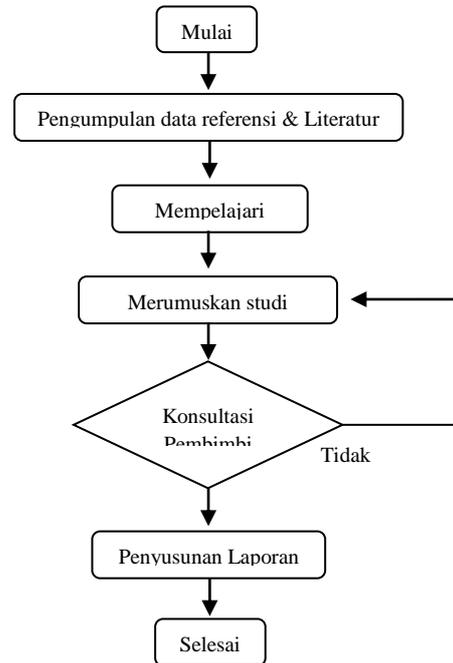
Teknik Pengambilan Data

Pengambilan sampel data dalam penelitian ini dilakukan dengan proporsive sampling, yaitu dengan kriteria:

- Hanya menggunakan Data Frekuensi berdasarkan waktu pada turbin generator operasi harian unit II dan unit III selama 24 jam.
- Periode pengamatan diambil dari data pada bulan November 2013.
- Data ini terdiri dari 2 generator dengan kapasitas sama yaitu generator unit II dan generator unit III PLTU UBP Suralaya dengan masa pengamatan selama satu hari (24jam).

Diagram Alir Penyusunan Skripsi

Dibawah ini merupakan diagram alir proses penyusunan skripsi yang dilakukan dimulai dari observasi perusahaan, setelah mendapatkan ijin penelitian dari perusahaan yang bersangkutan, dilanjutkan dengan pengambilan data, mempelajari data, merumuskan masalah, sampai dengan penyusunan laporan.



Data Tabel Analisa

Data generator unit II PLTU UBP Suralaya hari jum'at tanggal 01 November 2013.

Tabel 1 Operasi generator pada hari Jum'at tanggal 01 November 2013 Generator unit II.

Waktu	Frekuensi (Hz)	Kecepatan (rpm)
00.00	50	3000
01.00	50	3000
02.00	50	3000
03.00	50	3000
04.00	50	3000
05.00	50	3000
06.00	50	3000
07.00	50	3000
08.00	49,8	2988
09.00	49,9	2994
10.00	49,9	2994
11.00	50	3000
12.00	49,9	2994
13.00	49,9	2994
14.00	50	3000
15.00	50	3000
16.00	50	3000
17.00	50	3000
18.00	50	3000
19.00	49,8	2988
20.00	49,9	2994
21.00	50	3000
22.00	50	3000
23.00	50	3000

Data generator unit III PLTU UBP Suralaya hari jum'at tanggal 01 November 2013.

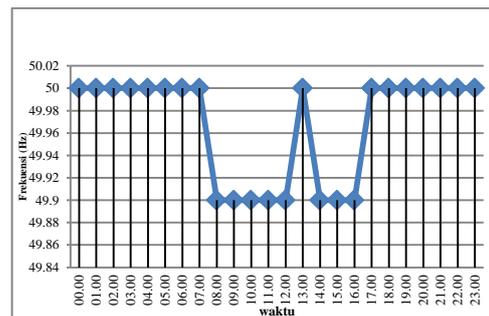
Tabel 2 Operasi generator pada hari Jum'at tanggal 01 November 2013 Generator unit III.

Waktu	Frekuensi (Hz)	Kecepatan (rpm)
00.00	50	3000
01.00	50	3000
02.00	50	3000
03.00	50	3000
04.00	50	3000
05.00	50	3000
06.00	50	3000
07.00	50	3000
08.00	49,9	2994
09.00	49,9	2994
10.00	49,9	2994
11.00	49,9	2994
12.00	49,9	2994
13.00	50	3000
14.00	49,9	2994
15.00	49,9	2994
16.00	49,9	2994
17.00	50	3000
18.00	50	3000
19.00	50	3000
20.00	50	3000
21.00	50	3000
22.00	50	3000
23.00	50	3000

Dari data generator II dapat terlihat bahwa frekuensi yang terjadi tidak lebih dari 1% sehingga generator II memenuhi syarat untuk sinkron.

Generator unit III PLTU UBP Suralaya

Dari data pada Tabel 2 dapat digambarkan kedalam grafik frekuensi terhadap waktu seperti dibawah ini:

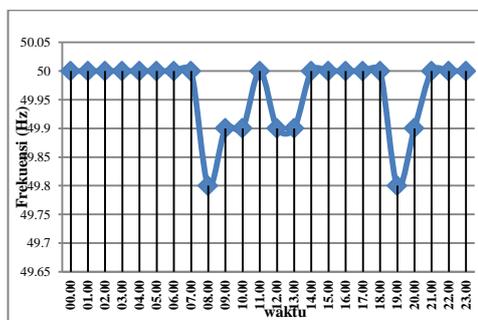


Grafik 2 frekuensi berbanding terhadap waktu

PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini data diperoleh dari salah satu perusahaan pembangkitan energi listrik terkemuka di Indonesia PT.INDONESIA POWER UBP Suralaya yang bertempat di desa Suralaya, kecamatan pulo Merak, Serang, Banten. Dengan dua buah generator yaitu generator II dan generator III pada tanggal 01 November 2013.

Generator unit II PLTU UBP Suralaya



Grafik 1 frekuensi berbanding terhadap waktu

Menurut standarisasi Frekuensi yang digunakan di Indonesia menggunakan standard 50Hz. Dengan Variasi frekuensi tidak melebihi $\pm 1\%$ dari 50 Hz menurut Standar Nasional Indonesia (SNI) 04-1922-2002, yaitu 49,5-50Hz atau 2970-3030rpm.

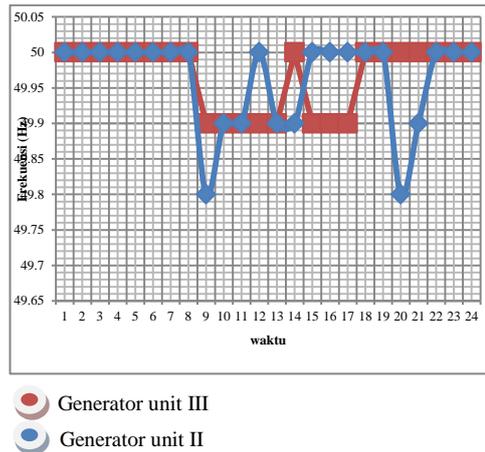
Bila frekuensi menyimpang dari 50Hz., maka jam listrik pada putaran motor akan berubah sehingga untuk peralatan yang presisi perubahan ini dapat mengakibatkan terganggunya operasi alat. Batas waktu penyimpangan yang diperbolehkan dan tidak menimbulkan pengaruh adalah selama 10 detik. Jika jumlah pembangkitan MW melebihi kebutuhan pelanggan (konsumen) maka kelebihan energi ini menaikkan putaran rotor semua turbin generator yang terhubung ke sistem sehingga frekuensi naik, sebaliknya bila kebutuhan beban pelanggan lebih besar dari MW yang dibangkitkan, maka semua turbin generator putarannya berkurang sehingga frekuensinya turun.

Dari data perhitungan diatas terlihat bahwa pada Tabel 1 dan Tabel 2 memenuhi syarat untuk sinkron terhadap jaringan. Hal ini berdasar pada standart Frekuensi yang digunakan di Indonesia

yaitu 50Hz. Dengan Variasi frekuensi tidak melebihi $\pm 1\%$ dari 50 Hz.

Kerja parallel generator unit II dengan unit III PLTU UBP Suralaya

Kondisi saat parallel generator unit II dan unit III ditunjukkan pada grafik sebagai berikut:



Grafik 3 frekuensi berbanding waktu parallel generator Unit II & unit III

Pada Grafik diatas menjelaskan bahwa kondisi sinkron generator II dan generator III masih dalam batas toleransi standart frekuensi $\pm 1\%$ sehingga grafik diatas menunjukkan generator II dan generator III adalah sinkron.

Jika frekuensi lebih dari $\pm 1\%$ artinya diluar standart frekuensi yang berlaku di Indonesia maka dapat dihitung dengan membuktikan rumus sebagai berikut:

Dengan memisalkan $f = 49,4$ Hz, maka:

$F = 49,4$ Hz (frekuensi)
 $P = 2$ (jumlah kutup)
 Maka $N_s = \dots?$

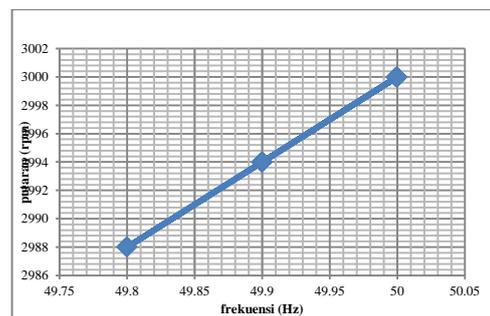
$$N_s = \frac{120 \cdot f}{p} = \frac{120 \cdot 49,4}{2} = 2964 \text{ rpm}$$

Jadi kecepatan yang dihasilkan pada frekuensi 49,4 Hz adalah 2964rpm, sedangkan untuk standar variasi frekuensi maksimal $\pm 1\%$ dari 50Hz

adalah 2970 rpm sehingga menurut standart frekuensi yang berlaku di Indonesia tidak dapat melakukan proses sinkronisasi terhadap sistem jaringan.

Grafik frekuensi terhadap putaran generator unit II

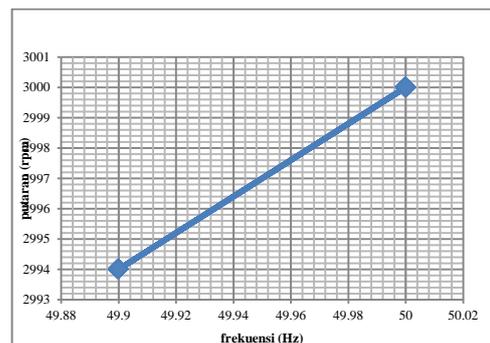
Berikut merupakan grafik frekuensi terhadap putaran generator unit II PLTU UBP Suralaya dari data pada tabel 1.



Grafik 4 frekuensi terhadap putaran generator unit II

Frekuensi terhadap putaran generator unit III PLTU UBP Suralaya

Berikut merupakan grafik frekuensi terhadap putaran generator unit II PLTU UBP Suralaya dari data pada Tabel 2

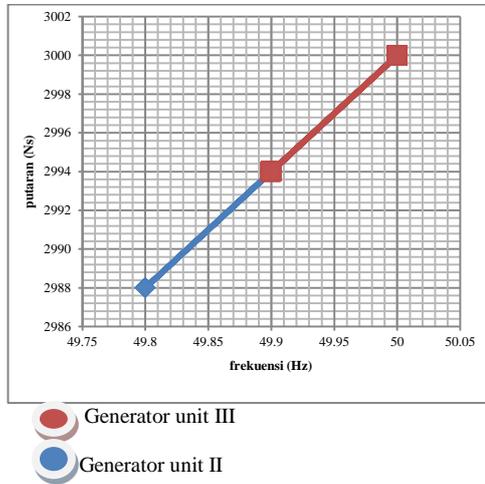


Grafik 5 frekuensi terhadap putaran generator unit III

Kondisi saat parallel generator dilihat dari segi frekuensi terhadap putaran generator unit II dengan unit III PLTU UBP Suralaya

Berikut merupakan grafik frekuensi terhadap putaran generator dalam kondisi parallel unit II dengan

generator unit III PLTU UBP Suralaya dari data pada Tabel 1 dan Tabel 2.

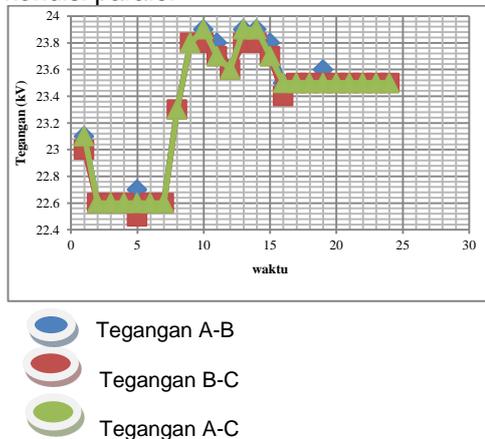


Grafik 6 kondisi parallel frekuensi terhadap putaran generator unit II dengan unit III

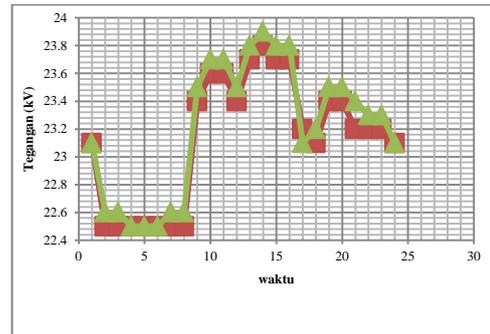
pada gambar grafik 4 dan 5 menunjukkan frekuensi terhadap putaran pada kondisi sinkron dengan standar toleransi $\pm 1\%$ Dan pada gambar grafik 6 dapat terlihat bahwa kondisi sinkron dua buah generator yaitu generator unit 02 dengan generator unit 03 adalah linear.

Tegangan terhadap waktu

Berikut merupakan grafik tegangan terhadap waktu generator unit II dan generator unit III PLTU UBP Suralaya, Serang, Banten pada saat kondisi paralel



Grafik 7 Tegangan terhadap waktu generator unit II PLTU UBP Suralaya



Tegangan A-B
Tegangan B-C
Tegangan A-C

Grafik 8 Tegangan terhadap waktu generator unit III PLTU UBP Suralaya

Syarat sinkron generator antara lain tegangan, frekuensi, dan urutan fasanya harus sama. Dalam grafik 7 dan 8 menunjukkan generator II dan generator III saat terjadi paralel. dari data 1 dan data 2 terlihat bahwa generator II dan generator III dapat melakukan sinkronisasi, hal ini berdasarkan standar kerja dari generator itu sendiri yaitu minimal 22,5kV dan maksimal 25kV dan berdasarkan pada tabel data 3.2 dan 3.3 selama 24 jam terhitung dari pukul 00.00 samapai dengan pukul 23.00 tidak ada tegangan yang melebihi standar kerja generator II dan III baik minimal maupun maksimal kerja generator dengan kata lain generator tersebut dapat melakukan proses sinkronisasi

Urutan Fasa

Dalam proses paralel generator urutan fasa merupakan syarat wajib yang harus dipenuhi untuk dapat melakukan proses paralel generator, Untuk menyamakannya tegangan fasa generator harus diatur, yaitu dengan cara mengatur kecepatan generator dengan katup governor hal ini dilakukan jika tegangan keluaran antar fase generator berbeda yakni tegangan antar fasa berada lebih atau kurang dari standar kerja generator II dan generator III yaitu minimal 22,5 kV dan maksimal 25 kV.

Table 3 a.Data generator II

Jam	Tegangan		
	A-B	B-C	A-C
00.00	23,1	23	23,1
01.00	22,6	22,6	22,6
02.00	22,6	22,6	22,6
03.00	22,6	22,6	22,6
04.00	22,7	22,5	22,6
05.00	22,6	22,6	22,6
06.00	22,6	22,6	22,6
07.00	23,3	23,3	23,3
08.00	23,8	23,8	23,8
09.00	23,9	23,8	23,9
10.00	23,8	23,7	23,7
11.00	23,6	23,6	23,6
12.00	23,9	23,8	23,9
13.00	23,9	23,8	23,9
14.00	23,8	23,7	23,7
15.00	23,5	23,4	23,5
16.00	23,5	23,5	23,5
17.00	23,5	23,5	23,5
18.00	23,6	23,5	23,5
19.00	23,5	23,5	23,5
20.00	23,5	23,5	23,5
21.00	23,5	23,5	23,5
22.00	23,5	23,5	23,5
23.00	23,5	23,5	23,5

Table 3 b.Data generator III

jam	Tegangan		
	A-B	B-C	A-C
00.00	23,1	23,1	23,1
01.00	22,5	22,5	22,6
02.00	22,5	22,5	22,6
03.00	22,5	22,5	22,5
04.00	22,5	22,5	22,5
05.00	22,5	22,5	22,5
06.00	22,5	22,5	22,6
07.00	22,5	22,5	22,6
08.00	23,4	23,4	23,5
09.00	23,6	23,6	23,7
10.00	23,6	23,6	23,7
11.00	23,4	23,4	23,5
12.00	23,7	23,7	23,8
13.00	23,8	23,8	23,9
14.00	23,7	23,7	23,8
15.00	23,7	23,7	23,8
16.00	23,2	23,2	23,1
17.00	23,1	23,1	23,2
18.00	23,4	23,4	23,5
19.00	23,4	23,4	23,5
20.00	23,2	23,2	23,4
21.00	23,2	23,2	23,3
22.00	23,2	23,2	23,3
23.00	23,1	23,1	23,1

Dari tegangan fasa A-B generator II terhadap tegangan fasa A-B generator III, tegangan fasa B-C generator II terhadap tegangan fasa B-C generator III, tegangan A-C generator II terhadap tegangan fasa A-C generator III.

Dari penjabaran tentang syarat wajib yang harus dipenuhi sebelum dilakukannya proses sinkronisasi generator dapat dilihat bahwa generator II dan generator III PLTU UBP Suralaya telah memenuhi syarat parallel generator dengan tidak melebihi syarat standar

toleransi frekuensi generator yaitu $\pm 1\%$ dan tidak mengalami kekurangan maupun kelebihan daripada tegangan generator dengan standar kerja generator minimal 22,5 kV dan maksimal 25 kV, dan dilanjutkan dengan urutan fasa kedua generator yaitu fasa A-B dengan fasa A-B, fasa B-C dengan fasa B-C, dan fasa A-C dengan fasa A-C. maka kedua generator tersebut telah memenuhi syarat untuk melakukan proses parallel guna menunjang ketersediaannya pasokan listrik kepada konsumen berhubung pembangkitan energi listrik berbahan bakar batubara merupakan pemasok energi listrik utama.

KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan yang telah dijabarkan mengenai sistim kerja parallel generator sinkron 471 MVA pada pembangkit listrik tenaga uap unit bisnis pembangkitan Suralaya, Serang, Banten maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Dalam proses sinkronisasi generator, indonesia menggunakan standar toleransi variasi sebesar $\pm 1\%$ yang harus dipenuhi guna menunjang hasil produksi.
2. Syarat wajib untuk sinkronisasi generator harus mengacu kepada standar yang diterapkan di Indonesia untuk 50Hz dengan variasi $\pm 1\%$ yaitu 2970-3030rpm, apabila melebihi dari variasi standar tersebut maka akan mengakibatkan terganggunya operasi alat.
3. Setelah ketiga unsur tersebut terpenuhi dengan berdasar pada standar nasional yang diterapkan di Indonesia tentang standar variasi tegangan yaitu $\pm 1\%$ maka sinkronisasi generator telah siap dilakukan.
4. Dari hasil pembahasan terhadap data kerja paralel generator di PT.INDONESIA POWER Suralaya yang dipadukan dengan standar variasi yang digunakan di indonesia yaitu $\pm 1\%$ dapat dipastikan generator telah memenuhi persyaratan untuk sinkron.

DAFTAR PUSTAKA

- Gawande, S.P., & Porate, K. B. (2009). *Review of Parallel operation of Synchronous Generator and Induction Generator for stability*. Second international conference on Emerging Trends in Engineering and Technology, ICETET-09.
- J.P Holman, 1985, *Metoda Pengukuran Teknik*, Edisi 4, Jakarta.
- PLN, Volume TD5, *Protection&Metering Turbine Control Systems*, Suralaya, Banten.
- PLN, Volume TD3, *Brunshless Excitation System For Steam-Turbine Generators*, Suralaya, Banten.
- PUIL, 2000, *Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000*, Edisi 4, Jakarta.
- Sugiyantoro, B., 1999, *Hand Out Generator Sinkron*, Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Tiyono, 1999, *Mesin Listrik I: Prinsip Generator*, Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Tiyono, 1999, *Mesin Listrik I: Generator parallel*, Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- William D.Stevenson, 1984, *Analisis Sistem Jaringan Listrik*, Edisi 4, Jakarta Pusat.