e - ISSN: 2615 – 2169
p - ISSN: 2654 - 4296

Unjuk Kerja Sistem Kontrol Sinkron Genset

Ario Teguh Witjaksono[1]
[1]Program Studi Teknik Elektro, Universitas Islam Kalimantan M A B
[1]Ario.teguhw@gmail.com

Abstrak - Genset merupakan sumber daya listrik cadangan untuk menggantikan aliran listrik pada saat PLN padam, suplai daya listrik dari genset sangat dibutuhkan untuk menggantikan sementara suplai daya listrik dari PLN. Pemakaian satu genset dengan kapasitas daya yang besar dapat diganti dengan beberapa genset dengan kapasitas daya yang lebih kecil, dengan melalui proses sinkron genset yaitu menggabungkan beberapa buah genset menjadi satu sistem untuk mendapatkan total daya dari genset-genset tersebut.Pada industri atau gedung yang membutuhkan suplai daya dalam jumlah yang besar, biasanya mereka memakai tidak hanya satu genset dengan daya yang besar, tetapi mereka memakai beberapa genset dengan kapasitas daya yang lebih kecil. Ini dikarenakan apabila beban yang dipakai kecil, tidak semua genset jalan sehingga bisa mengefisiensi bahan bakar. Selain itu yang lebih penting adalah perawatannya bisa dilakukan secara bergantian dan tidak terlalu khawatir tiba-tiba PLN padam.Konsumsi bahan bakar solar pada saat waktu beban puncak selama 4 (empat) jam dengan beban fluktuatif dihotel Novotel Banjarbaru dengan menggunakan sistem sinkronisasi genset sebesar 525.5 liter

Kata Kunci : ***Sinkron, Generator, Syarat Sinkron, effisien, Daya***

I. PENDAHULUAN

Genset merupakan salah satu pembangkit listrik yang menggunakan mesin diesel, dimana sering digunakan sebagai back-up listrik di perkantoran, rumah sakit, industri, mall dan lainlain.Karena berfungsi sebagai *back-up*, maka kapasitas daya genset umumnya harus sama dengan kapasitas listrik yang di suplai dari PLN. Pada industri atau gedung yang membutuhkan suplai daya dalam jumlah yang besar, biasanya memakai tidak hanya satu genset dengan daya yang besar, tetapi memakai beberapa genset dengan kapasitas daya yang lebih kecil.

Pemakaian beberapa genset tidak bisa langsung digabung di panel induk, tetapi harus melalui proses sinkronisasi. Pada proses sinkronisasi ini, tegangan, urutan fasa, frekuensi dan sudut fasa harus disamakan terlebih dahulu untuk semua genset yang akan disinkron. Pada proses sinkronisasi, banyak hal yang harus diperhatikan. Salah satunya adalah jangan sampai genset berubah fungsi sebagai motor karena adanya aliran daya ke arah genset.

Sinkronisasi Genset adalah bentuk penggabungan dua atau lebih sumber listrik untuk memperoleh suatu sumber listrik yang lebih besar. Dalam proses sinkronisasi secara umum yang sering ditemui adalah sinkronisasi antara genset dengan genset baik yang memiliki kapasitas yang sama maupun berbeda. Pada panel sinkron terdapat modul sinkron genset (proses otomatis) yang dapat mengakomodasikan kebutuhan sinkronisasi genset, berikut load sharing, synchrinizing, auto start stop dan lain-lain (Dison Mintuno Andarbeni. 2010).

Adapun syarat-syarat dalam pengoperasian genset secara paralel atau sinkron "*Synchronizing Generator*" (Setya Ardhi. 2015) adalah sebagai berikut : 1. Besar tegangan kerja (Voltage) masing-masing generator, 2. Urutan phase masing-masing generator (Arah Phase). 3. Frekuensi (Hertz) masing-masing generator. 4. Sudut phase masing-masing generator.

II. METODE PENELITIAN

e - ISSN: 2615 – 2169
p - ISSN: 2654 - 4296

Penelitian ini menggunakan jenis Penelitian Studi Kasus (*Case Studies*) yang menghasilkan data untuk selanjutnya dianalisis menggunakan teori. Dengan tahapan sebagai berikut:

a. Menentukan Lokasi dan Waktu Penelitian
Lokasi Penelitian di Lab. Teknik Elektro Universitas Islam Kalimantan Muhammad Arsyad Al Banjari Banjarmasin dan Hotel Novotel Banjarbaru Kalimatan Selatan

b. Pengumpulan Data
1. Data Sekunder
Adalah data yang diperoleh atau dikumpulkan peneliti dari berbagai sumber yang telah ada (peneliti sebagai tangan kedua). Data sekunder dapat diperoleh dari berbagai sumber seperti Biro Pusat Statistik (BPS), buku, laporan, jurnal, dan lain-lain.
2. Data Primer
Adalah data yang diperoleh atau dikumpulkan oleh peneliti secara langsung dari sumber datanya. Data primer disebut juga sebagai data asli atau data baru yang memiliki sifat *up to date*.

Dalam melakukan penelitian ini diperlukan panel synchroun 2 x 500 kVA. Panel synchroun ini adalah panel untuk mengabungkan 2 daya genset yaitu 2 unit genset 500 kVA menjadi daya paling maksimal sampai 1000 kVA. Panel ini menggunakan modul DEEP SEA. Panel ini dapat mengatur pembagian daya genset secara otomatis (power management) sehingga ketika beban yang kurang dari nominal yang ditentukan, maka genset cukup menyala satu saja, ketika beban yang lebih dari nominal yang ditentukan maka akan memanggil genset yang satu lagi. Hal ini berguna untuk menghemat BBM sehingga tidak perlu dua genset berjalan bersamaan jikalau beban masih dapat ditangani oleh satu genset.

Tabel 1 Spesifikasi Genset

Genset 1
Generator Stamford

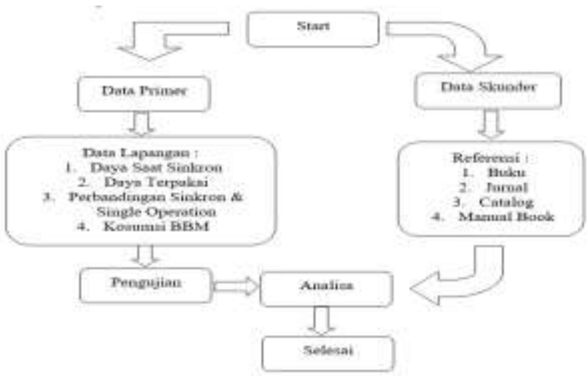
SERIAL NUMBER	X17E223632		DUTY	CONTINUOUS (S1)
FRAME/CORE	HC,144E1		EXCITATION VOLTAGE V	40
FREQUENCY	50 HZ	60 HZ	EXCITATION CURRENT A	2,2
RPM	1500	1800	INSULATION CLASS	CLASS H
VOLTAGE	400	440	AMBIENT TEMPERATURE	40 °C
BASE RATING kVA	500	600	TEMPERATURE RISE	125 K
BASE RATING kW	400	480	THERMAL CLASSIFICATION	180 (H)
AMPERES BR	759,88	828,13	ENCLOSURE	IP23
PHASE	3		STARTING WINDING	311
PF	0,8		STATOR CONNECTION	SERIES STAR
AVR	MX341		MOUNTING TYPE	IMB15
WEIGHT kg	1177,6		COOLING METHOD	IC01

Genset 2
Generator Stamford

SERIAL NUMBER	X17E225161		DUTY	CONTINUOUS (S1)
FRAME/CORE	HC 144E1		EXCITATION VOLTAGE V	40
FREQUENCY	50 HZ	60 HZ	EXCITATION CURRENT A	2,2
RPM	1500	1800	INSULATION CLASS	CLASS H
VOLTAGE	400	440	AMBIENT TEMPERATURE	40 °C
BASE RATING kVA	500	600	TEMPERATURE RISE	125 K
BASE RATING kW	400	480	THERMAL CLASSIFICATION	180 (H)
AMPERES BR	759,88	828,13	ENCLOSURE	IP23
PHASE	3		STARTING WINDING	311
PF	0,8		STATOR CONNECTION	SERIES STAR
AVR	MX341		MOUNTING TYPE	IMB15
WEIGHT kg	1177,6		COOLING METHOD	IC01

Tabel 2. Alat dan bahan yang digunakan

No	Deskripsi	merk	type	QTY	unit
1	Box panel	lokal	210 x 80 x 80 CM	3	buah
2	Digital Multi meter	Schneider	METSEPM5100	1	pcs
3	Auto Syncronizer & Auto load sharing Module	Deep Sea	DSE 7510	2	pcs
4	Relay AC 220 volt	Schneider	RPM21P7	4	pcs
5	Relay DC 24 volt	Schneider	RPM21BD	20	pcs
6	Socket Relay	Schneider	RPZF2	24	pcs
7	Pilot Lamp	Schneider	XB4EVB*MP	18	pcs
8	Controller	Schneider	Zelio SR3B261BD	1	pcs
9	Selector switch 3 posisi (spring return)	Schneider	XB5AD53	2	pcs
10	Selector Auto Off Manual	Chint & Steiner	CA 10	1	pcs
11	Emergency Stop Button	Schneider	XB4BS542	3	pcs
12	CT Ampere	C.I.C	ICCUT800 (800/5A)	6	pcs
13	CT Ampere	C.I.C	ICCYTM20 (2000/5A)	6	pcs
14	Busbar	Import	CU 2000 Amp	1	Lots
15	MCB 1 pole 10 Ampere	Schneider	A9N61508	24	pcs
16	ACB 4 pole 800 Amp	Schneider	NW08H14F2EH	2	unit
17	ACB 3 pole 1600 Amp	Schneider	NW16H13F2EH	1	unit
18	Motorize drive (Accesoris ACB)	Schneider	MCH 47306	3	unit
19	Closing Release (Accesoris ACB)	Schneider	XF 47353	3	unit
20	Under Voltage Release (Accesoris ACB)	Schneider	MN 47383	3	unit
21	Wiring control & Accesoris			1	Lots



Gambar 1. Diagram Alir

c. Analisa dan Hasil Data
Berdasarkan dengan data dilapangan bahwa di Hotel Novotel Banjarbaru Kalimatan Selatan menggunakan dua unit genset dengan kode G1 dan G2. Genset ini digunakan untuk aplikasi *standby* dan *back-up* suplai ke beban jika terjadi pemadaman listrik oleh PLN.

Untuk genset G1 sudah disetting setiap jam 17.55 akan hidup secara automatis tetapi belum mesupply daya ke gedung hotel dikarenakan breaker masih

e - ISSN: 2615 – 2169
p - ISSN: 2654 - 4296

dalam posisi open, settingan ini dilakukan untuk menghidarinya kondisi *blackout* pada saat terjadi perpindahan sumber daya listrik.

Dan pada saat jadwal beban puncak diantara jam 18.00 sampai dengan jam 22.00 maka terjadi penggantian sumber daya listrik dari PLN ke genset tanpa adanya *blackout* (pemadaman)

Genset dengan kode G1 sudah hidup terlebih dahulu sebelum terjadi penggantian sumber daya listrik dari PLN ke diesel, dan jika diesel dengan kode G1 tidak dapat melayani kebutuhan daya beban (beban sudah 70% dari kapasitas daya genset) maka dia akan memanggil genset dengan kode G2 untuk digunakan sumber daya tambahan.

Settingan sistem sinkron yang dilakukan disini adalah jika daya beban melebihi 70% dari kapasitas genset yang digunakan maka 2 (dua) buah genset akan hidup secara bersamaan untuk dapat melayani kebutuhan daya beban hotel dan apabila pemakaian daya mulai berkurang menjadi 65% dari kapasitas 1 (satu) unit genset maka salah satu genset akan mati, sehingga cukup 1 (satu) genset saja yang hidup untuk memenuhi kebutuhan daya beban hotel.

Dengan sistem yang seperti ini maka supply daya genset digunakan sesuai dengan kebutuhan beban yang diperlukan sehingga tidak terjadi keborosan pada bahan bakar dan menambah masa usia genset karena tidak terus-terusan bekerja.

Dan setelah jadwal beban puncak sudah terlewati maka supply daya listrik akan masuk ke sistem panel ATS *(Autmatic Trasfer Switch)* yang merupakan interkoneksi antara supply listrik dari PLN dan supply daya dari genset. Pada saat supply daya listrik PLN masuk kejaringan listrik gedung hotel maka secara automatis supply listrik dari genset terputus sehingga pada sistem panel sinkron akan membaca tidak ada beban yang terpakai oleh genset.

Dan secara automatis juga karena tidak ada beban yang terpakai maka genset akan mati dan genset kembali berfungsi sebagai backup atau sumber daya listrik cadangan.

III. DATA HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

1. Kinerja Sistem Kontrol Sinkron Genset di Hotel Novotel Banjarbaru.

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, kinerja unjuk sistem kontrol sinkron genset bekerja secara proporsional yaitu berdasarkan beban yang digunakan. Genset akan hidup untuk mensupply daya listrik menyesuaikan daya beban yang dipakai, selama daya beban yang dipakai dibawah 70% dari beban kapasitas 1 (satu) unit genset, maka hanya 1 (satu) unit genset saja yang hidup dan bila daya beban mencapai 70% dari kapasitas genset, maka 2 (dua) unit genset yang hidup dan jika beban kembali turun dibawah 70% maka salah satu unit genset akan mati dan begitu seterusnya.

Tabel 3 Hasil pengukuran beban saat jam beban puncak pada G1

Genset 01						
Time	Daya G1 (kW)	Arus G1 (Amp)	Tegangan G1 (Volt)		Frekuensi (Hz)	Cos Phi
			L - N	L - L		
18.00	200	287,96	230	401	50,00	0,98
18.30	212	306,00	230	400	50,00	0,98
19.00	236	340,64	230	400	49,90	0,98
19.30	184	266,91	228	398	49,90	0,98
20.00	232	336,54	229	398	49,80	0,98
20.30	244	353,07	228	399	49,80	0,98
21.00	292	422,52	229	399	49,80	0,98
21.30	304	439,88	230	399	49,90	0,98
22.00	268	385,86	230	401	50,00	0,98

Tabel 4 Hasil pengukuran beban saat jam beban puncak pada G2

e - ISSN: 2615 – 2169
p - ISSN: 2654 - 4296

Genset 02						
Time	Daya (kW)	Arus (Amp)	Tegangan (Volt) L - N	L - L	Frekuensi (Hz)	Cos Phi
18.00	-	-	-	-	-	-
18.30	-	-	-	-	-	-
19.00	-	-	-	-	-	-
19.30	183	263,60	225	401	49,90	0,98
20.00	231	334,02	224	399	49,80	0,98
20.30	243	351,30	224	399	49,80	0,98
21.00	291	421,46	226	398	49,80	0,98
21.30	302	438,78	225	398	49,90	0,98
22.00	267	384,89	229,00	400	50,00	0,98

Gambar 2 Grafik pada saat sinkron

2. Perbedaan Penggunaan Sinkron Genset 2 x 500 kVA dengan 1 x 1000 kVA Terhadap Konsumsi Bahan Bakar

Sinkron genset adalah memparalelkan kerja dua buah genset atau lebih untuk mendapatkan daya sebesar jumlah generator tersebut dengan syarat syarat yang telah ditentukan. Sedangkan single operation hanya menggunakan satu unit genset yang lebih besar dengan jumlah daya yang sama dengan sinkron genset.

Daya yang dihasilkan pada saat sinkron adalah sebesar jumlah total daya genset yang diparalelkan Misalnya kita memperalel 2 (dua) genset sebesar 500 kVA maka saat disinkronkan kita akan mendapatkan daya total dari genset tersebut yaitu 2 x 500 kVA = 1000 kVA

Tabel 5 Perbedaan sinkron genset sama single operation

Sistem Sinkron Genset 2 x 500 kVA	Singel Operation 1 x 1000 kVA
- Investasi genset secara berkala menyesuaikan kebutuhan beban yang digunakan - Diperlukan panel sistem sinkron - Maintenance genset bisa dilakukan secara bergantian sehingga masih ada backup supply tegangan bila terjadi pemadaman listrik - Biaya spare part lebih murah karena daya genset lebih kecil - Bisa digunakan secara bergantian sehingga usia genset bisa lebih lama - BBM yang digunakan untuk genset sesuai dengan kebutuhan daya yang terpakai	- Investasi daya genset langsung besar sesuai dengan perhitungan total daya - Tidak memerlukan tambahan panel - Saat terjadi maintenance genset tidak ada backup daya, sehingga bila terjadi pemadaman listrik maka supply listrik akan terganggu - Biaya spare part cenderung lebih mahal - Backup supply daya tunggal sehingga usia genset sesuai dengan lamanya genset dipakai - BBM yang digunakan sesuai dengan kapasitas genset yang digunakan

Dengan menggunakan sistem kontrol sinkron genset maka genset yang hidup berdasarkan besarnya beban yang terpakai, sehingga lebih efisien dalam penggunaan genset dan hal ini akan berbanding lurus dengan penggunaan bahan bakar dan usia genset.

Perhitungan konsumsi bahan bakar solar:

Apabila daya yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan beban selama 4 jam secara fluktuatif sebesar 800 kW dengan rincian beban 1.5 jam range beban 0 sampai 280 kW (Beban 70% dari kapasitas 1 (satu) unit genset) maka hanya menggunakan 1 (satu) unit genset saja dan 2.5 jam range beban 281 kW sampai 800 kW maka dengan menggunakan sistem sinkron yaitu menggunakan 2 (dua) unit genset. Maka bahan bakar yang diperlukan selama 4 jam tersebut dengan sistem sinkron sebesar :

0.21 x 500 x 1.5 = 157.5 liter
0.21 x 2 x 500 x 2.5 = 525 liter

Total bahan bakar yang diperlukan selama 4 jam tersebut adalah 682.5 liter. Dibandingkan dengan menggunakan hanya 1 (satu) unit genset sebesar 1000 kVA dengan beban dan waktu penggunaan yang sama maka bahan bakar yang diperlukan adalah :

0.21 x 1000 x 4 = 840 liter

Bila dalam satu hari atau 1 x 24 jam dikarenakan jam beban puncak listrik dan genset harus dalam posisi siap sinkron selama 4 jam dengan beban fluktuatif, maka dapat dilihat seperti tabel 4.4.

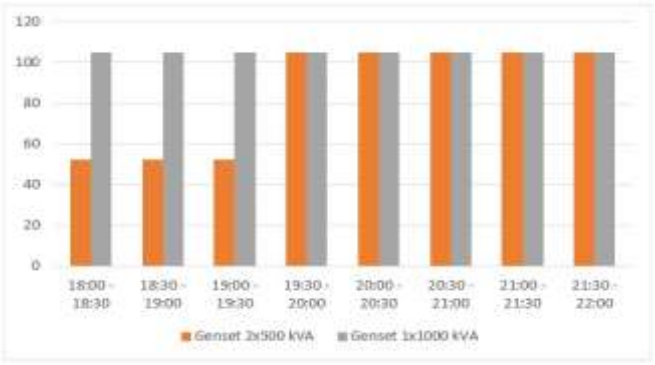
e - ISSN: 2615 – 2169
p - ISSN: 2654 - 4296

Tabel 6 Sistem sinkron genset 2 x 500 kVA

Time	Daya Genset yang Digunakan	Konsumsi BBM / Jam	Estimasi Harga Solat Industri (Rp) / Ltr	Jumlah Harga BBM (Rp)
18:00 - 18:30	1 x 500 kVA	52,5 Ltr	11.000	577.500
18:30 - 19:00	1 x 500 kVA	52,5 Ltr	11.000	577.500
19:00 - 19:30	1 x 500 kVA	52,5 Ltr	11.000	577.500
19:30 - 20:00	2 x 500 kVA	105 Ltr	11.000	1.155.000
20:00 - 20:30	2 x 500 kVA	105 Ltr	11.000	1.155.000
20:30 - 21:00	2 x 500 kVA	105 Ltr	11.000	1.155.000
21:00 - 21:30	2 x 500 kVA	105 Ltr	11.000	1.155.000
21:30 - 22:00	2 x 500 kVA	105 Ltr	11.000	1.155.000
Total bahan bakar digunakan saat jam beban puncak / hari				7.507.500

Tabel 7 Single operation genset 1 x 1000 kVA

Time	Daya Genset yang Digunakan	Konsumsi BBM / Jam	Estimasi Harga Solat Industri (Rp) / Ltr	Jumlah Harga BBM (Rp)
18:00 - 18:30	1 x 1000 kVA	105 Ltr	11.000	1.155.000
18:30 - 19:00	1 x 1000 kVA	105 Ltr	11.000	1.155.000
19:00 - 19:30	1 x 1000 kVA	105 Ltr	11.000	1.155.000
19:30 - 20:00	1 x 1000 kVA	105 Ltr	11.000	1.155.000
20:00 - 20:30	1 x 1000 kVA	105 Ltr	11.000	1.155.000
20:30 - 21:00	1 x 1000 kVA	105 Ltr	11.000	1.155.000
21:00 - 21:30	1 x 1000 kVA	105 Ltr	11.000	1.155.000
21:30 - 22:00	1 x 1000 kVA	105 Ltr	11.000	1.155.000
Total bahan bakar digunakan saat jam beban puncak / hari				9.240.000



Gambar 3 Grafik perbedaan konsumsi bahan bakar

3. Analisa Unjuk Kerja Sistem Kontrol Sinkron Genset.

a. Apabila syarat sinkron tidak terpenuhi seperti urutan phase, beda tegangan, frekuensi dan sudut phase maka tampilan layar pada alat proteksi sinkron yang berupa module deepsea akan keluar tulisan *"out off sinkron"* maka pemutus daya akan open breaker atau tidak bekerja.

b. Apabila terbalik urutan phase, beda tegangan, frekuensi dan sudut phase maka solusinya akan memeriksa secara manual pada unit – unit genset yang akan disinkron untuk bisa mendapatkan syarat-syarat sinkron, dan ini biasanya hanya terjadi pada saat perdana atau pertama kali melakukan sinkron saja.

c. Dalam penyambungan atau pemasangan kabel scun harus benar tersambung sehingga tidak akan terjadi hilangnya phase.

d. Konsumsi bahan bakar minyak bisa disetting sesuai dengan prosentase beban yang diperlukan sehingga bisa efisien dalam penggunaan bahan bakar.

IV. KESIMPULAN

1. Kinerja sistem kontrol sinkron genset di Hotel Novotel Banjarbaru sudah memenuhi syarat untuk sebuah sistem sinkron genset, dimana pada saat beban mencapai 280 kW atau 70% (Tujuh Puluh Persen) dari beban kapasitas genset maka akan memanggil genset satunya untuk hidup dan memikul beban bersama dengan sistem sinkron dan apabila bebannya berkurang maka salah satu genset akan mati secara otomatis.
2. Efisiensi bahan bakar pada genset lebih hemat menggunakan sistem sinkron genset 2 x 500 kVA. Keperluan bahan bakar solar yang digunakan untuk sistem sinkron kontrol genset 2 x 500 kVA selama 4 jam beban puncak sebanyak 525.5 liter jauh lebih efisien 314.5 liter dari genset 1 x 1000 kVA
3. Pada sistem sinkron kontrol genset syarat-syarat sinkron harus terpenuhi, apabila salah satu syarat saja tidak terpenuhi maka sistem sinkron kontrol genset tidak akan bisa berfungsi.

DAFTAR PUSTAKA

e - ISSN: 2615 – 2169
p - ISSN: 2654 - 4296

Dosen Mintuno Andarbeni, 2010. *Pengaturan dan Analisa Sistem Panel 2 Genset menggunakan module deep sea 7510,* Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana, Jakarta.

Setya Ardhi, 2015. *Dinamika Teknologi,* Jurnal Ilmiah Teknologi dan Rekayasa, Surabaya

Devadig, S.K & Murni, M. (2016). *"Motoring Protection Model Implementation and Simulations For Generator Protection.* IJREEICE, 3(8), P. 83.

Aman, M. M., 2012. *Modeling and Simulation of Reverse Power Relay for Generator Protection,* IEEE, P. 317

Masari, M.A.I.N.D.R.A. (2014)." *Studi Komparasi dari Zat Aditif Sintetik dengan Zat Aditif Alami Terhadap Pemakaian Bahan Bakar dan Emisi Gas Buang pada Mesin Genset Motor Bensin 4- Langkah.*