

## SINKRONISASI GENERATOR 3 PHASA DENGAN KAPASITAS DAYA 511 KVA DAN 820 KVA YANG BERBEBAN DI PT UNGARAN SARI GARMENTS

**Gellen Twin Agiantoro\* dan Moh Toni Prasetyo**

Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Semarang  
Jl. Kasipah no 10-12 Semarang, 50254

\*Email: twingellen99@gmail.com

### Abstrak

*Sinkronisasi Generator Tiga Phasa yang digunakan pada dunia industri bertujuan sebagai pengganti sumber energi listrik yang berasal dari PLN pada saat terjadi pemadaman listrik agar produksi yang sedang berlangsung tetap terjaga dan berjalan dengan lancar. PT Ungaran Sari Garments adalah perusahaan garments yang menerapkan konsep Sinkronisasi Generator Tiga Phasa secara manual dengan dua buah generator yang disinkronkan secara paralel. Sinkronisasi Generator harus sesuai dengan metode penyinkronan dengan baik dan benar agar generator yang disinkronkan secara paralel tidak mengalami kerusakan yang berakibat fatal.*

*Kata kunci : Sinkronisasi generator, generator tiga phasa, paralel, metode penyinkronan*

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Generator merupakan suatu alat yang dapat mengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Energi mekanik diperoleh dari panas, air, uap dll. Dengan perkembangan teknologi yang semakin canggih serta maju, menuntut bangsa Indonesia untuk dapat menguasai guna menunjang pembangunan yang sedang berlangsung di Indonesia. Sektor industri dengan segala kemampuan teknologinya menjadi prioritas bangsa kita sebagai sarana dalam mewujudkan masyarakat adil dan makmur yang berkesinambungan.

Sistem daya elektrikal utamanya terdiri dari sebuah generator. Jalur transmisi dan distribusi beban. Dalam banyak kasus dibutuhkan untuk menghubungkan lebih dari satu generator ke sistem. Beberapa keuntungan untuk memakai sistem multi generator secara paralel termasuk untuk menambah kehandalan, meningkatkan kapasitas, fleksibel dan efisien. Sistem operasi generator paralel dapat menambah efisiensi yang tinggi terhadap beban (Colak I, 2013).

Ketika menghubungkan sebuah generator yang saling berhubungan ke dalam sistem yang berisi banyak generator, tegangan, phasa dan frekuensi ke terminal harus disamakan satu dengan yang lainnya. Generator akan rusak jika generator dioperasikan terpisah dari sistem tersebut. Oleh karena itu perangkat sinkronisasi mempunyai peran yang penting dalam sinkronisasi generator.

### 1.2. Dasar Teori

#### 1.2.1. Generator Sinkron

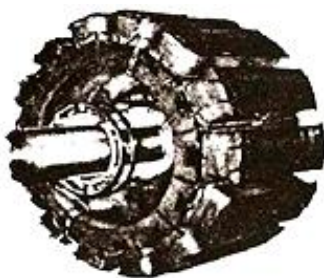
Arus bolak-balik (AC) generator biasanya disebut sebagai sinkron generator atau alternator. Sebuah mesin sinkron, apakah itu adalah generator atau motor, beroperasi dikecepatan sinkron, yaitu, pada kecepatan di mana medan magnet yang diciptakan oleh kumpulan kumparan berputar. Seperti yang ditunjukkan pada persamaan di bawah ini dimana untuk sinkron kecepatan  $N$ , diputar per menit (rpm) (Bhag dkk, 2001)

$$N = 120 f / P \quad (2.1) \tag{1}$$

Dimana  $f$  adalah frekuensi dalam hertz (Hz) dan  $P$  adalah jumlah kutub di mesin. Dengandemikian, untuk generator sinkron 4-tiang untuk menghasilkan listrik pada 50 Hz, kecepatan rotasi harus 1.500 rpm. Di sisi lain, motor sinkron 4-tiang yang beroperasi dari sumber 50-Hz berjalan pada 1500 rpm. Prinsip kerja generator sinkron adalah menggunakan prinsip induksi elektromagnetik dimana disini rotor berlaku sebagai kumparan medan (yang menghasilkan medan magnet) dan akan menginduksi stator sebagai kumparan jangkar yang akan menghasilkan energi listrik. Pada belitan rotor diberi arus eksitasi DC yang akan menciptakan medan magnet. (Stone dan Greg, 2004)

### 1.2.2. Konstruksi Generator Sinkron

Dalam semua generator bolak-balik medan diletakkan pada bagian yang berputar atau rotor, dan lilitan jangkar pada bagian yang diam atau stator dari mesin. Medan yang berputar dicatu/dieksitasi dengan arus searah melalui cincin slip dan sikat-sikat, atau melalui hubungan kabel langsung antara medan dan penyearah yang berputar jika digunakan sistem eksitasi tanpa sikat-sikat (brushless). Ada dua jenis yang berbeda dari struktur medan generator sinkron, yaitu tipe kutub-sepatu (salient) dan silinder. Rotor tipe kutub-sepatu Generator kepesatan rendah yang digerakkan oleh mesin diesel atau turbin air mempunyai rotor dengan kutub medan yang menonjol atau kutub medan sepatu seperti rotor yang ditunjukkan dalam gambar 1. (Lister, 1993)



**Gambar 1. Rotor kutub sepatu untuk generator sinkron kepesatan rendah**

Generator kepesatan tinggi atau tipe turbo mempunyai rotor silinder seperti yang ditunjukkan dalam gambar 3. Rotor yang ditunjukkan pada gambar 2 dirancang untuk bekerja pada 3000 rpm. Konstruksi silinder penting dalam mesin kepesatan tinggi karena tipe kutub sepatu sukar dibuat untuk menahan tekanan pada kepesatan tinggi. Generator sinkron dengan konstruksi rotor silinder digerakkan oleh turbin uap atau gas. (Lister, 1993)



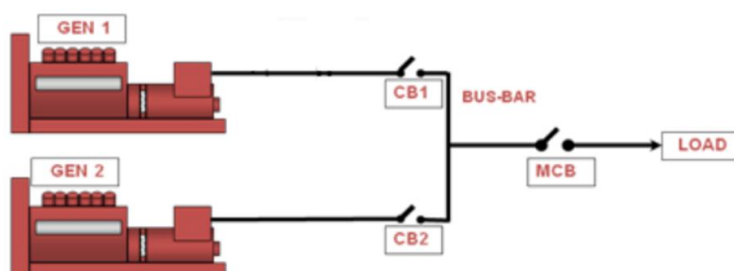
**Gambar 2. Rotor tipe silinder untuk generatorsinkron 3000 rpm**

### 1.2.3. Memparalelkan Generator

Sebelum dua generator sinkron diparalelkan harus dipenuhi beberapa syarat – syarat berikut ini:

1. Urutan fasanya harus sama
2. Sudut fasanya harus sama
3. Tegangannya harus sefase
4. Frekuensinya harus sama

Jika dua generator beroperasi dan persyaratan ini dipenuhi maka dikatakan dalam keadaan sinkron (Generac, 2006) di Gambar 3.



**Gambar 3. Pengkoneksian dua generator secara parallel (Wijaya Sandi, 2017)**

Untuk menggambarkan definisi sinkronisasi dengan menggunakan fungsi volt, komponen yang disediakan oleh generator tersebut adalah sebagai berikut :

$$V = A \cos (\omega t + \Theta) \tag{2}$$

Jika tegangan dari generator pertama adalah  $A \cos (\omega t + \Theta 1)$  dan tegangan dari generator kedua adalah  $A \cos (\omega t + \Theta 2)$ , kemudian jika dengan menghubungkan dua generator dalam satu bus. Komponen tegangan masing - masing harus sama seperti yang disebutkan dalam definisi di atas yang menyiratkan bahwa : ( Reimert, Donald, 2006)

$$A \cos (\omega t + \Theta 1) = A \cos (\omega t + \Theta 2) \tag{3}$$

Dari persamaan di atas, didapatkan

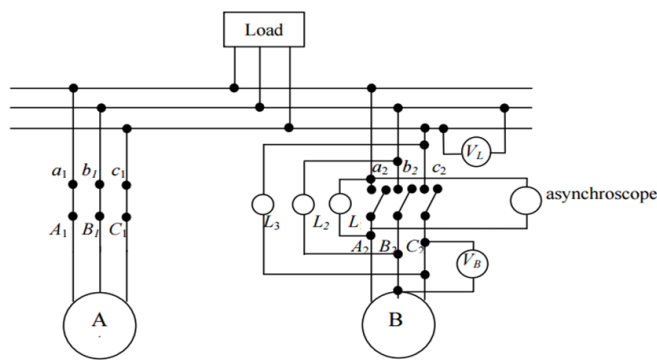
- $A 1 = A 2$             amplitude
- $\omega 1 = \omega 2 \rightarrow$      $f 1 = f 2$  frekuensi
- $\Theta 1 = \Theta 2$             phase

## 2. METODOLOGI

### 2.1. Manual Sinkronisasi

Pada Sinkronisasi Generator di PT Ungaran Sari Garments dengan kapasitas daya sebesar 511 kVA dan 820 kVA menggunakan tiga lampu terhubung seperti fase pemutus terbuka dan dua voltmeter yang mengukur tegangan pembangkit pertama, dan yang lain untuk mengukur tegangan generator kedua untuk memenuhi kondisi pertama paralelisasi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.

Kondisi lain yang sesuai dengan urutan fase, oposisi tegangan, dan frekuensi dapat ditentukan dengan menggunakan lampu pijar. Lampu akan menyala maksimum ketika generator keluar dari fase (180 perpindahan) dan akan padam ketika dua tegangan berada di fase (nol derajat perpindahan) dengan besaran yang identik. ( Reimert, Donald, 2006)



**Gambar 4. Diagram Pengkawatan Sinkronisasi Generator secara Manual**

Tabel 1 adalah data pengaman utama tiap panel distribusi gedung di PT Ungaran Sari Garments :

**Tabel 1. Pengaman utama tiap panel distribusi gedung**

Nomor	Unit	Pengaman Panel Distribusi	Total Beban ( kVA )
1	Pringapus 1	800 A	176
2	Pringapus 2	800 A	176
3	Pringapus 3	800 A	176
4	Pringapus 4	250 A	55
5	Pringapus 5	1250 A	375
Total beban secara keseluruhan			958

Pada PT Ungaran Sari Garments memiliki dua buah generator yang dapat disinkronkan secara paralel yang berfungsi sebagai cadangan sumber energi listrik ketika sumber listrik dari PLN sedang dalam keadaan pemadaman sehingga proses produksi tetap berjalan dengan lancar. Tabel 2 adalah spesifikasi dari dua generator dengan kapasitas daya 511 kVA dan 820 kVA.

**Tabel 2. Spesifikasi Genset kapasitas daya 511 kVA dan 820 kVA**

No.	Description	Genset 511 kVA		Genset 820 kVA	
		Prime	Standby	Prime	Standby
1	Year of Manufacture	2001		2009	
2	Application	Prime		Prime	
3	Rated Power kW	409	461	656	720
4	Rated Power kVA	511	576	820	900
5	Rated Current (0,8 pf)	774	872	1246	1367
6	Voltage	220 / 380 V		220 / 380 V	
7	Frequency	50 Hz		50 Hz	
8	Rotating Speed	1500 rpm		1500 rpm	
9	Battery Volts	24 V DC		24 V DC	
10	Control System	Detector		PCC 3201	
11	Site Actitude Before Derate	1000 mASL		1525 Masl	
12	Site Amb Temp Before Derate	40 °C		40 °C	
13	Genset max mass ( kg )			7100	

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada sistem sinkronisasi Generator secara paralel terdapat kaidah baku dalam mensinkronkan secara baik dan benar yang bertujuan agar saat melakukan penyinkronan generator tidak mengalami suatu kegagalan yang diakibatkan oleh pembebanan yang berlebih dari kapasitas daya generator yang disinkronkan secara paralel. Tabel 3 menjelaskan kapasitas daya secara keseluruhan berdasarkan perhitungan *Load Sharing* pada Generator untuk membebani beban keseluruhan di PT Ungaran Sari Garment.

**Tabel 3. Perhitungan Kapasitas Daya keseluruhan berdasarkan Load Sharing**

Nomor	Genset ( kVA )	Load Sharing	Total Daya
1	820	80%	656
2	511	80%	409
Total Daya Keseluruhan setelah diparalel			1065

Fungsi dari *Load Sharing* pada Generator adalah untuk mengetahui pembebanan terhadap generator dimana mengacu pada kapasitas daya yang dihasilkan secara maksimal sehingga ketika penyinkronan generator paralel tidak mengalami suatu kerusakan yang dapat berakibat fatal. Untuk penyinkronan Generator dimulai dari Generator dengan kapasitas daya 820 kVA yang telah melalui *Load Sharing* sehingga pembebanan terhadap generator tersebut meliputi tiga gedung. Penyinkronan dilakukan secara bertahap dengan menyalakan satu generator terlebih dahulu untuk pembebanan yang telah dianjurkan agar tidak terjadi kerusakan terhadap generator. Setelah Generator pertama dinyalakan, tahap selanjutnya yaitu menyalakan generator kedua dengan kapasitas daya sebesar 511 kVA dengan *Load Sharing* sebesar 409 kVA yang kemudian disinkronkan secara paralel. Pada penyinkronan terhadap dua generator tersebut, nilai tegangan, frekuensi, urutan fasa dan sudut fasa sudah sama yang berbeda hanya pada kapasitas daya per masing - masing generator. Dengan adanya penyinkronan generator, maka seluruh pembebanan

pada area kerja di PT Ungaran Sari Garment dapat terpenuhi secara maksimal sehingga seluruh area produksi dapat berjalan dengan lancar.

#### **4. KESIMPULAN**

Dalam melakukan sinkronisasi Generator secara paralel harus memperhatikan kaidah yang baku yang meliputi frekuensi, tegangan, urutan fasa dan sudut fasa harus sama agar tidak terjadi kegagalan dalam penyinkronkan generator yang dapat berakibat fatal. Pada Generator yang terdapat di PT Ungaran Sari Garments semua aspek yang meliputi kaidah dalam menyinkronkan Generator sudah tercapai akan tetapi kapasitas daya dari kedua generator berbeda. Meski kaidah tersebut sudah mencukupi semua aspek, akan tetapi pembebanan terhadap suatu generator dalam menyinkronkan secara paralel harus memperhatikan maksimal kapasitas daya pada generator secara *Load Sharing*. Apabila tidak dilakukan sebagaimana mestinya, maka generator akan memikul kelebihan pembebanan yang dapat mengakibatkan generator rusak sehingga dalam penyinkronan tersebut terjadi kelebihan beban yang menyebabkan kegagalan dalam menyinkronkan generator. Dengan memperhatikan kapasitas daya per generator dan penyinkronan generator secara paralel dengan cara menghidupkan satu per satu sesuai dengan kapasitas daya generator terhadap pembebanan maka penyinkronan akan berjalan dengan lancar sehingga pembebanan terhadap semua area kerja di PT Ungaran Sari Garment terpenuhi.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- Abu Generac, (2006), Power Systems Inc, *Generator Paralleling-Technical Perspective*, In USA.
- Bhag S. Guru, Hiiseyin R. Hiziroglu, "Electric Machinery and Transformers", Oxford University Press, New York, In USA, 2001.
- C. Stone. Greg, (2004), "*Recent Important Changes in IEEE Motor and Generator Winding Insulation Diagnostic Testing Standards*", IEEE Fellow, Iris Power Engineering, 1 Westside Drive Unit 2 Toronto, Canada, PCIC – XX.
- Colak I., Synchronous Machines, (2003), Seckin Press, In Ankara-Turkish.
- Eugene C. Lister (1993), "*Mesin dan Rangkaian Listrik Edisi VI*", Jakarta : Erlangga.
- Reimert, Donald., (2006) "*Protective Relay for Power Generation System*", CRC Press, New York, In USA.
- Wijaya, Sandi. (2017). *Analisis Perangkat Sinkronisasi Otomatis Untuk Dual Generator Elektrik Berdasarkan Protokol CAN (Controller Area Network)*. Semarang: Universitas Muhammadiyah Semarang.