

## ANALISIS PENGARUH PEMASANGAN KOMPENSATOR JARINGAN TERHADAP GENERATOR SINKRON DAN SUMBER LISTRIK PLN

Satriani Said<sup>1)</sup>, Sulhan Bone<sup>2)</sup>

<sup>1,2)</sup> Dosen Jurusan Teknik Listrik Politeknik Negeri Ujung Pandang

### ABSTRACT

This research aims to analyze the effect of network compensator installation in PLN's synch generator and electricity source. Voltage compensator in general occurred in medium and long network or in specific installation (STATCOM) in network which always had voltage drop. Installation of network compensator will result on network parameter changes, such as stability of system voltage, system power factor, frequency, electricity generator velocity rotation and excitation generator system. Reactive power is used to keep power factor and voltage stability. The problem with voltage stability in the operation of PLN's synch generator and electricity source will be felt if the load is inductive. When installing network compensator, reactive power supply is not only originated from synch generator but also from medium and long network capacitor and (STATCOM). If the value of reactive power load and inductive is below reactive power in synch generator, then the needs for reactive power supplies is fulfilled, but if the capacitor is fix value, then the reactive power supplied to load remains constant. The excess of capacitive reactive power in parallel work of reactive power will increase the voltage in electricity generator system. But if in shortage of reactive power then it will decrease the voltage in generator system. So, certain equipment must be used to supply inductive reactive power to fulfill the needs of load and network capacitor installation, if reactive power is fulfilled this automatically the voltage will be stable. One of the solutions generally used to cope with the problem of excessive compensator installation is by using automatic controller of generator excitation and automatic controller of generator rotation velocity. This automatic controller has an ability to control the amount of excitation generator current and controller of generator rotation velocity so it could follow the rhythm of load sudden changes or excessive compensator installation. The result collected before STATCOM installation shows that load L and C really affect reactive power (Q (VAR)), source frequency value below standard frequency and velocity of generator rotation changed in the source side of synch generator, whilst in the source side of PLN, frequency relatively stable with 50Hz. After the installation of STATCOM in distribution network shows that load L and C really affect reactive power (Q (VAR)) valued negative (Capacitive), system voltage above standard voltage 220 V, source frequency value below standard frequency and velocity of generator rotation changed in the source side of synch generator, whilst in the source side of PLN, frequency relatively stable with 50 Hz and reactive power Q valued positive.

**Keyword:** *Compensator, Synch Generator, PLN Source, Automatic Network Parameter Controller.*

### 1. PENDAHULUAN

Kinerja suatu saluran transmisi, khususnya jarak menengah dan yang lebih panjang, dapat ditingkatkan dengan *reactive compensation* (kompensasi reaktif) baik secara seri maupun parallel. *Series compensation* terdiri dari kapasitor bank (STATCOM) yang ditempatkan secara seri di setiap fase konduktor dari suatu saluran. *Shunt compensation* terkait dengan penempatan induktor dari setiap fase saluran ke netral untuk mengurangi pengaruh perubahan tegangan, perubahan frekuensi dan perubahan kinerja system pembangkit tenaga listrik dan mengurangi perubahan pada sisi penerima terhadap perubahan beban.

Salah satu keunggulan dari generator sinkron selain dapat menghasilkan daya aktif (P) juga dapat menghasilkan daya reaktif (Q). Hal ini yang mendasari bahwa kerja parallel perlu dilakukan. Kerja parallel pada sistem akan bermanfaat karena selain dapat bersama-sama menyuplai daya aktif ke beban, generator induksi juga tercukupi dengan adanya pasokan daya reaktif yang dihasilkan oleh generator sinkron. Kekurangannya adalah saat beban bersifat induktif, maka generator sinkron akan dibebani daya reaktif sangat besar karena juga harus menyuplai daya reaktif dari generator induksi. Kekurangan itulah yang menjadi dasar mengapa pemasangan suatu sumber yang dapat menghasilkan daya reaktif selain dari generator sinkron.

Pada operasi parallel generator sinkron dan sumber listrik PLN jika dibebani dengan beban yang bersifat induktif, maka akan menurunkan keandalan (frekuensi) dan stabilitas tegangan. Hal ini juga yang menjadi kekurangan dari kinerja parallel generator sinkron dan sumber listrik PLN. Salah satu caranya adalah memasang kapasitor yang sedianya difungsikan untuk menyuplai daya reaktif kapasitif dan mungkin bisa menyuplai sistem apabila bersifat induktif. Sistem itu selalu berubah tidak menentu dan daya reaktif yang dimintapun juga berubah, sedangkan pasokan daya reaktif yang dilakukan oleh kapasitor bersifat *fix* (beban

<sup>1</sup> Korespondensi : Satriani Said, Telp 081244315151, aksansubarjo@yahoo.co.id

berapapun, maka nilai daya reaktif yang di hasilkan sesuai rating). Apabila sistem itu bersifat tetap, maka tidak menjadi masalah, namun apabila sistem tersebut berubah-ubah maka hal itu yang akan menimbulkan masalah. Pada dasarnya daya reaktif digunakan untuk mempertahankan frekuensi, faktor daya dan kestabilan tegangan. Untuk masalah factor daya dan kestabilan tegangan pada pengoperasian kerja paralel generator sinkron dan sumber listrik PLN akan sangat terasa apabila pembebanan itu bersifat induktif. Saat pemasangan kapasitor, suplai daya reaktif itu tak hanya berasal dari generator sinkron saja namun juga dari kapasitor bank dan kompensator jaringan. Apabila nilai daya reaktif load dan induksi ini masih di bawah daya reaktif pada genarator sinkron dan kapasitor, maka kebutuhan akan pasukan daya reaktif terpenuhi, akan tetapi jika terjadi daya reaktif kapasitif berlebihan yang diakibatkan oleh pemasangan kompensator jaringan (STATCOM) dan ditambah dengan kejadian kompensator jaringan pada jaringan menengah dan jaringan panjang. maka daya reaktif kapasitif ini akan mempengaruhi system pembangkit sendiri dan system pembangkit tenaga yang di suplai oleh PLN. Kelebihan daya reaktif kapasitif pada jaringan listrik ini akan menaikkan tegangan dan frekuensi pada sistem pembangkitan sehingga dapat menyebabkan kerusakan peralatan listrik konsumen dan system pembangkit tenaga listrik itu sendiri. Untuk itu harus digunakan suatu alat untuk mengatur secara otomatis kinerja suatu pembangkit tenaga listrik dan kompensator jaringan (STATCOM) agar bisa mengikuti permintaan beban. Jika daya reaktif sudah terpenuhi maka otomatis tegangan dan frekuensi akan menjadi lebih stabil. Salah satu solusi yang sering digunakan untuk mengatasi masalah daya reaktif kapasitif adalah dengan menggunakan otomatis eksitasi dan pengatur kecepatan putar pembangkit tenaga listrik. Automtisasi kompensator daya reaktif kapasitif memiliki kemampuan untuk mengatur besarnya arus eksitasi dan kecepatan putar pembangkit dan dapat bersifat fleksibel tergantung pada kondisi beban yang bekerja.

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah: Analisis pengaruh pemasangan kompensator jaringan terhadap kestabilan tegangan sistem, factor daya system, frekuensi dan kecepatan putar generator sinkron sendiri dan sumber listrik PLN. Analisis pengaruh pemasangan Automatis Eksitasi pembangkit terhadap kestabilan tegangan sistem, factor daya system, frekuensi dan kecepatan putar generator sinkron dan sumber listrik PLN pada kondisi beban yang bekerja., Analisis pengaruh pemasangan Automatis Pengatur Kcepatan Putar system pembangkit terhadap kestabilan tegangan sistem, factor daya system, frekuensi dan kecepatan putar generator sinkron dan sumber listrik PLN pada kondisi beban yang bekerja.

Hasil penelitian diharapkan dapat menganalisis pengaruh pemasangan kompensator jaringan terhadap sumber generator sinkron dan sumber listrik PLN. Kompesator jaringan listrik pada umumnya terjadi pada jaringan menengah dan panjang atau pemasangan khusus (STATCOM) pada jaringan yang sering mengalami penurunan tegangan. Pemasangan kompensator jaringan ini akan mengakibatkan terjadinya perubahan parameter jaringan seperti kestabilan tegangan sistem, factor daya system, frekuensi, kecepatan putar pembangkit listrik dan system eksitasi pembangkit.

Apabila nilai daya reaktif load dan induksi ini masih di bawah daya reaktif pada genarator sinkron dan kapasitor, maka kebutuhan akan pasukan daya reaktif terpenuhi, akan tetapi jika karena kapasitor bersifat *fix value*, maka daya reaktif yang di suplai ke beban hanya bernilai tetap selamanya. Kelebihan daya reaktif kapasitif pada kerja paralel daya reaktif akan menaikkan tegangan pada sistem pembangkit tenaga listrik. Namun apabila kekurangan daya reaktif maka akan menurunkan tegangan pada sistem pembangkit tersebut. Untuk itu harus digunakan suatu alat untuk menyuplai daya reaktif induktif agar bisa mengikuti permintaan beban dan pemasangan kapasitor jaringan. Jika daya reaktif sudah terpenuhi maka otomatis tegangan akan menjadi lebih stabil. Salah satu solusi yang sering digunakan untuk mengatasi masalah pemasangan kompenastor yang berlebih adalah dengan menggunakan pengatur eksitasi pembangkit secara otomatis dan pengatur kecepatan putar pembangkit secara otomatis. Pengatur otomatis ini memiliki kemampuan untuk mengatur besarnya arus eksitasi pembangkit dan pengatur kecepatan putar pembangkit sehingga dapat mengikuti irama atau ayunan perubahan beban secara tiba-tiba atau pemasangan kompensator yang berlebih.

## 2. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental. Pada penelitian ini ditempatkan variable pengumpulan data meliputi frekuensi system, factor daya system, tegangan system dan kecepatan putar generator. sedangkan variabel bebasnya yaitu beban resistif R dan beban induktif L serta kapasitor Bank C. Pengumpulan data dilakukan terhadap frekuensi system, factor daya system, tegangan system dan kecepatan putar generator terhadap berbagai variasi beban resistif dan beban resistif induktif serta pemasangan kapasitor bank sebagai acuan dalam proses pengiriman daya akrif dan reaktif dari generator sinkron dan variasi berbagai beban. Menganalisis pengaruh pemasangan kompensator jaringan terhadap

sumber generator sinkron dan sumber listrik PLN. Kompesator jaringan listrik pada umumnya terjadi pada jaringan menengah dan panjang atau pemasangan khusus (STATCOM) pada jaringan yang sering mengalami penurunan tegangan. Pemasangan kompensator jaringan ini akan mengakibatkan terjadinya perubahan parameter jaringan seperti kestabilan tegangan sistem, factor daya system, frekuensi, kecepatan putar pembangkit listrik dan system eksitasi pembangkit.

Data teknis peralatan dan alat ukur yang dipakai ialah modul power system, modul power meter dan multimeter, serta generator sinkron. Modul power system digunakan sebagai simulator power system sebagai sumber listrik (generator dan sumber PLN), model jaringan distribusi / transmisi, dan beban variasi resistif, induktif dan kapasitif. Modul power meter dipakai pada percobaan ini adalah PM800. Power meter ini digunakan untuk mengukur daya, factor daya dan frekuensi system. Multimeter yang digunakan pada pengukuran ini adalah multimeter digital (elektronik) yang dapat digunakan untuk mengukur arus dan tegangan.

Generator sinkron adalah mesin listrik yang digunakan untuk mengubah energi mekanik (gerak) menjadi energi listrik dengan perantara induksi medan magnet. Perubahan energi ini terjadi karena adanya pergerakan relatif antara medan magnet dengan kumparan generator. Alternator ini disebut generator sinkron (sinkron = serempak) karena kecepatan perputaran medan magnet yang terjadi sama dengan kecepatan perputaran rotor generator. Alternator ini menghasilkan energi listrik bolak balik (*alternating current, AC*) dan biasa diproduksi untuk menghasilkan listrik AC 1-fasa atau 3-fasa.

### 3. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

#### Simulator Sumber Pembangkit Generator Sinkron dan PLN

Sumber pembangkit tenaga listrik yang digunakan pada penelitian ini adalah generator sinkron 1,2 Kva 220 V/380 V sumber PLN 220 V/ 380 V , 50 Hz seperti ditunjukkan pada Gambar 1. Sinkronisasi antara sumber generator sinkron dan sumber PLN akan dilaksanakan jika memenuhi syarat : tegangan sama, frekuensi sama, urutan fasa sama dan sudut urutan fasa sama.



Gambar 1. Simulator sumber pembangkit generator sinkron, PLN dan jaringan distribusi

#### Pengujian Sumber Generator Sinkron dan PLN dengan Beban R,L,C

Sumber generator sinkron dan sumber PLN, masing-masing dihubungkan dengan beban R,L,C tergabung dalam suatu simulator power system dengan beban  $R = 160 \text{ W / tingkat}$  ,  $C = 200 \text{ Var / tingkat}$  dan  $L = 200 \text{ Var / tingkat}$ . Hasil pengukuran dengan beban R,L,C berbagai tingkat ditunjukkan pada tabel 1 dan tabel 2. Pengujian dengan berbagai beban R,L,C menunjukkan bahwa beban L dan C sangat mempengaruhi daya reaktif ( $Q \text{ (VAR)}$ ), nilai frekuensi sumber di bawah frekuensi standar dan kecepatan putar generator berubah-ubah pada sisi sumber generator sinkron, sedangkan pada sisi sumber PLN frekuensi relative stabil 50 Hz.

Tabel 1 Hasil Pengukuran dengan beban R, L, dan C pada sisi Generator Sinkron

No	Beban R L,C (W/VAR)	Tegangan Gen (V)	Arus Generator (A)	Arus Eksitasi (A)	Kecepatan Putar Generator (rpm)	Frekuensi (Hz)	Cos phi	P (W)	Q (VAR)	S (VA)
1	0	220	0	0,73	1500	50	1	0	0	0
2	160/200/200	219.1	0,264	0,72	1488	49,92	0,971	167	35	173
3	320/200/200	211	0,467	0,71	1480	49,78	0,984	200	53	204
4	480/200/200	202.1	0,648	0,71	1473	49,65	0,994	388	42	391
5	160/400/200	199	0,364	0,71	1491	49,95	0,622	134	168	216
6	320/400/200	192.4	0,494	0,71	1484	49,85	0,836	237	155	284
7	480/400/200	185.4	0,639	0,71	1479	49,74	0,914	323	143	353

Tabel 2 Hasil Pengukuran dengan beban R, L, dan C pada sisi Sumber PLN

No	Beban R,L, C (W/VAR/VAR)	Tegangan (V)	Arus (A)	Frekuensi (Hz)	Cos phi	P (W)	Q (VAR)	S (VA)
1	160/200/200	224,4	0,169	49,9	0,887	106	43	120
2	320/200/200	224,3	0,379	49,9	0,973	300	55	290
3	480/200/200	224,4	0,76	50	0,984	423	63	429
4	160/400/400	224,8	0,422	50	0,636	178	215	286
5	320/400/400	225	0,681	50	0,473	221	413	469
6	480/400/400	225	0,759	50	0,880	440	235	500

**Pengujian Pemasangan Kompensator Jaringan (STATCOM)**

Sumber generator sinkron dan sumber PLN yang dihubungkan dengan beban R,L,C melalui jaringan distribusi. Jaringan distribusi dipasang kompensator jaringan (STATCOM) dan tergabung dalam suatu simulator power system dengan beban R = 160 W / tingkat , C = 200 Var / tingkat dan L = 200 Var / tingkat. Hasil pengukuran beban R,L,C dengan berbagai tingkat ditunjukkan pada tabel 3 dan tabel 4. Pengujian dengan berbagai beban R,L,C menunjukkan bahwa beban L dan C sangat mempengaruhi daya reaktif (Q (VAR)) bernilai negative (sifat kapasitif), tegangan diatas tegangan standar 220 V, nilai frekuensi sumber di bawah frekuensi standar 50 Hz dan kecepatan putar generator berubah-ubah pada sisi sumber generator sinkron, sedangkan pada sisi sumber PLN frekuensi relative stabil 50 Hz dan daya reaktif Q bernilai positif..

Tabel 3 Hasil Pengukuran pemasangan STATCOM pada sisi Generator Sinkron

No	Beban R,L, C (W/VAR/VAR)	Tegangan Gen (V)	Arus Generator (A)	Arus Eksitasi (A)	Kecepatan Putar Generator (rpm)	Frekuensi (Hz)	Cos phi	P (W)	Q (VAR)	S (VA)
1	160/200/200	225	0,103	0,71	1498	50,16	0,933	54	-11	54
2	320/200/200	225	0,102	0,71	1499	50,17	0,918	32	7	54
3	480/200/200	224,5	0,175	0,7	1495	50,13	0,93	62	-10	65
4	160/400/400	225,5	0,049	0,7	1501	50,22	0,4	29	-17	41
5	320/400/400	225,5	0,071	0,7	1500	50,21	0,472	30	-19	44
6	480/400/400	225,5	0,70	0,7	1500	50,18	0,798	54	-23	62

Tabel 4 Hasil Pengukuran pemasangan STATCOM pada sisi Sumber PLN

No	Beban R,L, C (W/VAR/VAR)	Tegangan (V)	Arus (A)	Frekuensi (Hz)	Cos phi	P (W)	Q (VAR)	S (VA)
1	160/200/200	224,4	0,169	49,9	0,887	106	43	120
2	320/200/200	224,3	0,379	49,9	0,973	300	55	290
3	480/200/200	224,4	0,76	50	0,984	423	63	429
4	160/400/400	224,8	0,422	50	0,636	178	215	286
5	320/400/400	225	0,681	50	0,473	221	413	469
6	480/400/400	225	0,759	50	0,880	440	235	500

**4. KESIMPULAN**

Pada operasi paralel generator sinkron dan sumber listrik PLN jika dibebani dengan beban yang bersifat induktif dan kapasitif, maka akan menurunkan keandalan (frekuensi) dan stabilitas tegangan pada sisi generator sinkron. Kelebihan daya reaktif pada kerja paralel dua pembangkit listrik atau lebih akan menaikkan tegangan pada sistem paralel tersebut dan nilai frekuensi di bawah frekuensi standar 50 Hz pada sisi sumber generator sinkron. Daya reaktif akan menaikkan tegangan pada sistem paralel itu. Perubahan beban yang bervariasi akan mengakibatkan perubahan karakteristik generator sinkron yang diparalel dengan sumber lain. Oleh Karena itu perlu dipasang pengatur kecepatan putar dan arus eksitasi yang bekerja secara otomatis.

**5. DAFTAR PUSTAKA**

Bansal, R.C. 2005. Three-Phase Self-Excited Induction Generators: An Overview. *IEEE Transactions On Energy Conversion*, Vol. 20 (2).

Bhim Singh, S.S. Murthy and Sushma Gupta. 2005. Transient Analysis of Self-Excited Induction Gnerator With Electronic Load Controller (ELC) Supplying Static and Dynamic Loads. *IEEE Transactions on Industry Applications*, Vol. 41 (5).

Bhim Singh, S.S. Murthy and Sushma Gupta. 2006. Analysis and Design Electronic Load Controller for Self-Excited Induction Generators. *IEEE Transactions on Energy Conversion*, Vol. 21 (1).

Chapman, Stephen J. 1985. *Electric Machinery Fundamental*. Singapore: Mc Graw Hill, Inc.

Zuhail. 1995. *Dasar Teknik Tenaga Listrik dan Elektronika Daya*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.