

STUDI PENGARUH PENAMBAHAN KAPASITOR SHUNT PADA SISTEM KELISTRIKAN 150 KV LAMPUNG UTARA¹⁾

Ichsandi²⁾, Yuslan Basir³⁾, Yusro Hakimah⁴⁾

Abstrak : Kualitas tegangan dalam sistem tenaga listrik merupakan hal yang penting untuk menjaga kehandalan sistem tenaga listrik pada jaringan 150 kV. Batasan operasi untuk tegangan tinggi (150 kV) yaitu -10% dan +5% dari tegangan nominal. Dilakukan 20 simulasi dengan kapasitor 5, 10, 15 dan 20 MVar di Gardu Induk Blambangan Umpu, Gardu Induk Bukit Kemuning, Gardu Induk Kotabumi, Gardu Induk Menggala, dan Gardu Induk Gumawang. Jatuh tegangan di Gardu Induk Gumawang dari 131,81 kV (-12.13 % dari tegangan nominal) menjadi 136,47 kV (-9.02 % dari tegangan nominal) dengan pemasangan kapasitor 15 MVar di Gardu Induk Gumawang.

Voltage quality in electric power systems is essential to maintaining the reliability of the power system 150 kV network. Operating limits for high voltage (150 kV) is -10% and +5% of the nominal voltage. Conducted 20 simulations with capacitor 5, 10, 15 and 20 MVar at Blambangan Umpu substation, Bukit Kemuning substation, Kotabumi substation, Menggala substation, and Gumawang substation. Voltage drop in Gumawang of 131.81 kV (-12.13% of nominal voltage) to 136.47 kV (-9.02% of the nominal voltage) with the installation of 15 MVar capacitors at substation Gumawang.

1. LATAR BELAKANG

Kualitas tegangan dan keandalan penyaluran dalam sistem tenaga listrik merupakan sesuatu yang penting. Hal yang sulit untuk mempertahankan tegangan konstan pada sistem kelistrikan karena jatuh tegangan akan terjadi pada hampir semua bagian sistem dan akan berubah sesuai dengan adanya perubahan beban. Adapun batasan operasi untuk tegangan tinggi yang diizinkan adalah -10 % sampai 5% (SPLN 1 tahun 1995). Salah satu kendala jatuh tegangan terjadi di beberapa Gardu Induk di Lampung Utara terutama GI Gumawang pada sisi 150 kV, yang merupakan gardu induk yang berada dekat pada titik backbone yang menghubungkan Sistem Sumsel dengan Sistem Lampung. Besarnya transfer daya yang menyebabkan terjadinya jatuh tegangan ini

akibat tidak didukung dengan kemampuan pembangkit dalam menjaga tegangan 150 kV sesuai batasan operasi normal. Hal ini sangat riskan sekali jika terjadi gangguan pada unit pembangkit besar yang berada di sistem Lampung atau terjadi gangguan-gangguan pada titik transfer itu sendiri sehingga menyebabkan terjadinya jatuh tegangan yang dapat menyebabkan Sistem Lampung mengalami defisit daya atau bahkan akan mengalami padam total keseluruhan. Ada berbagai cara yang dapat dilakukan untuk mengurangi jatuh tegangan. Diantaranya adalah dengan pemasangan kapasitor shunt di dalam jaringan sebagai pengatur tegangan. Hal yang perlu diperhatikan yakni ketepatan lokasi dan kapasitas dari kapasitor shunt pada suatu titik tertentu. Untuk mengoptimalkan penempatan

¹⁾ Studi Pengaruh Penambahan Kapasitor Shunt pada Sistem Kelistrikan 150 KV Lampung utara

²⁾ Mahasiswa

^{3,4)} Dosen Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Tridinanti Palembang

kapasitor shunt sebagai pengatur tegangan pada jaringan transmisi, diperlukan penentuan lokasi kapasitor baru yang akan dipasang pada jaringan transmisi tersebut agar lebih efektif dan efisien. Penentuan lokasi kapasitor baru dapat menggunakan data-data yang diperoleh pada jaringan transmisi dengan dilakukan perhitungan menggunakan metode aliran daya dan bantuan perhitungan komputer sehingga akan dapat diketahui penempatan kapasitor yang paling tepat.

2. TUJUAN

Adapun tujuan yang ingin dicapai dari tulisan ini adalah menentukan lokasi penempatan kapasitor dan kapasitas kapasitor yang efektif, memperbaiki jatuh tegangan di sisi 150 kV Gardu Induk di Lampung Utara terutama GI Gumawang untuk menghindari terjadinya pemadaman konsumen pada sistem.

3. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam studi pengaruh penambahan kapasitor shunt menggunakan metode aliran daya Gauss Seidel dengan bantuan perhitungan Matlab.

3.1 Metode Aliran Daya Gauss Seidel

Suatu penyelesaian aliran daya dengan mengikuti suatu proses ulangan (iterative process) dengan menetapkan nilai-nilai perkiraan untuk setiap tegangan rel dari nilai-nilai perkiraan pada rel-rel yang lain, daya nyata yang ditentukan atau besarnya tegangan. Diperoleh suatu himpunan baru nilai tegangan untuk setiap rel. Setiap perhitungan suatu himpunan baru tegangan itu dinamakan iterasi. Proses iterasi ini diulang terus hingga perubahan yang terjadi pada setiap rel kurang dari suatu nilai minimum yang telah ditentukan. Proses pemecahan diatas digunakan pada metode Gauss Seidel.

Untuk keseluruhan N buah rel, tegangan yang dihitung pada setiap rel k dimana P_k dan Q_k diberikan :

$$V_k = \frac{1}{Y_{kk}} \left(\frac{P_k - jQ_k}{V_k^*} - \sum_{n=1}^N Y_{kn} V_n \right)$$

dimana $n \neq k$. Nilai tegangan pada ruas kanan persamaan itu adalah nilai hitungan terbaru untuk rel-rel yang bersesuaian (atau tegangan perkiraan jika belum dilakukan iterasi pada rel tersebut). Jumlah iterasi yang diperlukan dapat banyak dikurangi jika pembetulan tegangan pada setiap rel dikalikan dulu dengan beberapa konstanta yang meningkatkan besarnya pembetulan untuk membawa tegangan lebih tepat pada nilai yang didekatinya. Pengali yang memberikan konvergensi lebih baik ini dinamakan faktor percepatan. Pada suatu rel dimana diberikan besarnya tegangan dan bukannya daya reaktif, unsur nyata dan khayal tegangan untuk setiap iterasi didapatkan dengan pertama-tama menghitung suatu nilai daya reaktif.

$$P_k - jQ_k = \left(Y_{kk} V_k = \sum_{n=1}^N Y_{kn} V_n \right) V_k^*$$

dimana $n \neq k$. Jika dibuat n sama dengan k ;

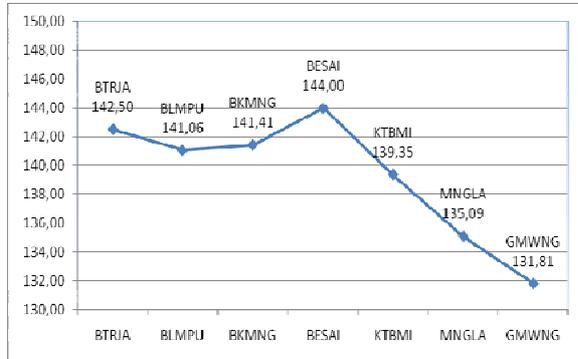
$$P_k - jQ_k = \left(V_k^* \sum_{n=1}^N Y_{kn} V_n \right)$$

$$Q_k = -Im \left(V_k^* \sum_{n=1}^N Y_{kn} V_n \right)$$

dimana Im berarti bagian khayal (imaginary part of). Daya reaktif Q_k dihitung untuk nilai tegangan sebelumnya pada rel-rel, dan nilai Q_k ini dimasukkan ke dalam persamaan pertama untuk mendapatkan suatu V_k baru. Unsur V_k baru itu kemudian dikalikan dengan perbandingan dari persamaan pertama hasilnya adalah tegangan kompleks yang telah dibetulkan dari besar yang ditentukan.

4. HASIL DAN ANALISA

4.1 Perhitungan Case 1 Aliran Daya Kondisi Sistem Keadaan Normal



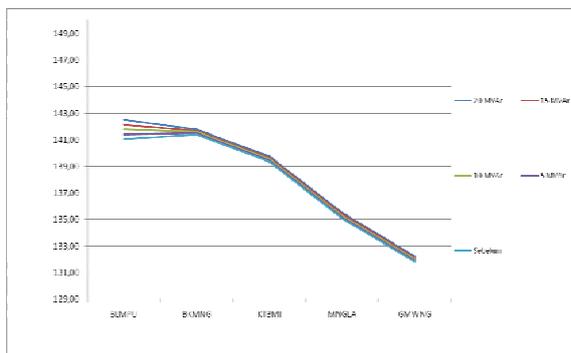
Gambar 4.1 Grafik Tegangan dari perhitungan aliran daya kondisi normal

4.2 Perhitungan Case 2 Simulasi Pemasangan Kapasitor

4.2.1 Simulasi Pemasangan Kapasitor di GI Blambangan Umpu

Tabel 4.1 Tabel perubahan tegangan 1

Bus	Lokasi Pemasangan GI Blambangan Umpu				
	Sebelum	Nilai Kapasitor			
		5 MVAr	10 MVAr	15 MVAr	20 MVAr
BLMPU	141.06	141.41	141.77	142.13	142.49
BKMNG	141.41	141.51	141.60	141.69	141.80
KTBMI	139.35	139.44	139.55	139.65	139.76
MNGLA	135.09	135.20	135.30	135.41	135.53
GMWNG	131.81	131.91	132.02	132.14	132.24

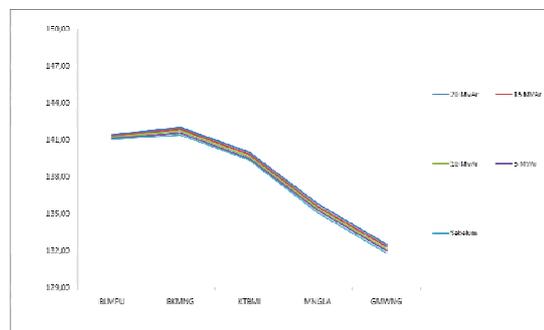


Gambar 4.2 Grafik perubahan tegangan 1

4.2.2 Simulasi Pemasangan Kapasitor di GI Bukit Kemuning

Tabel 4.2 Tabel perubahan tegangan 2

Bus	Lokasi Pemasangan GI Bukit Kemuning				
	Sebelum	Nilai Kapasitor			
		5 MVAr	10 MVAr	15 MVAr	20 MVAr
BLMPU	141.06	141.15	141.24	141.33	141.42
BKMNG	141.41	141.56	141.72	141.87	142.02
KTBMI	139.35	139.50	139.67	139.83	140.00
MNGLA	135.09	135.27	135.44	135.60	135.78
GMWNG	131.81	131.99	132.15	132.33	132.50

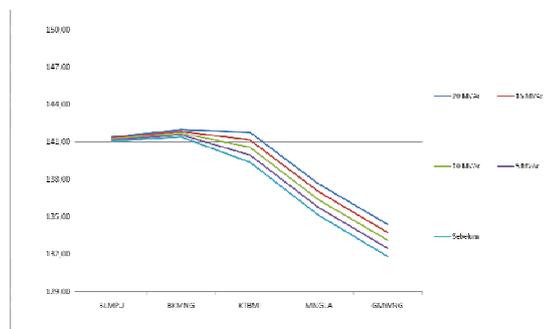


Gambar 4.3 Grafik perubahan tegangan 2

4.2.3 Simulasi Pemasangan Kapasitor di GI Kotabumi

Tabel 4.3 Tabel perubahan tegangan 3

Bus	Lokasi Pemasangan GI Kotabumi				
	Sebelum	Nilai Kapasitor			
		5 MVAr	10 MVAr	15 MVAr	20 MVAr
BLMPU	141.06	141.14	141.23	141.32	141.41
BKMNG	141.41	141.56	141.69	141.84	141.99
KTBMI	139.35	139.95	140.55	141.17	141.78
MNGLA	135.09	135.72	136.35	136.98	137.61
GMWNG	131.81	132.45	133.10	133.74	134.39

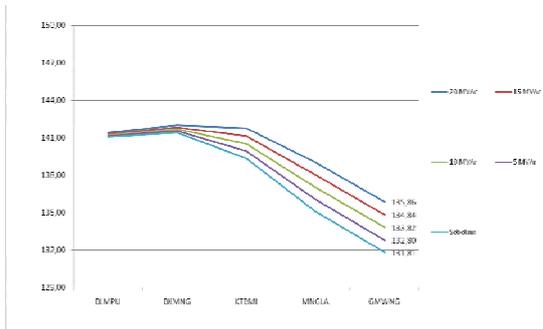


Gambar 4.4 Grafik perubahan tegangan 3

4.2.4 Simulasi Pemasangan Kapasitor di GI Menggala

Tabel 4.4 Tabel perubahan tegangan 4

Bus	Lokasi Pemasangan GI Kotabumi				
	Sebelum	Nilai Kapasitor			
		5 MVAR	10 MVAR	15 MVAR	20 MVAR
BLMPU	141.06	141.14	141.23	141.32	141.41
BKMNG	141.41	141.56	141.69	141.84	141.99
KTBMI	139.35	139.95	140.55	141.17	141.78
MINGLA	135.09	135.72	136.35	136.98	137.61
GMWNG	131.81	132.45	133.10	133.74	134.39

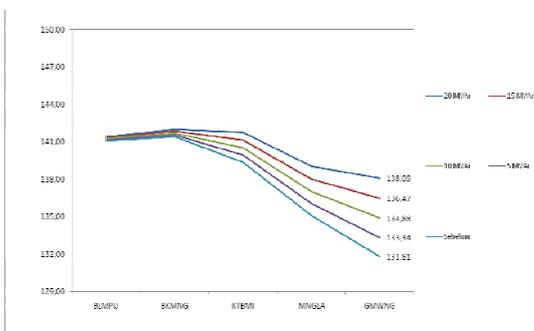


Gambar 4.5 Grafik perubahan tegangan 4

4.2.5 Simulasi Pemasangan Kapasitor di GI Gumawang

Tabel 4.5 Tabel perubahan tegangan 5

Bus	Lokasi Pemasangan GI Gumawang				
	Sebelum	Nilai Kapasitor			
		5 MVAR	10 MVAR	15 MVAR	20 MVAR
BLMPU	141.06	141.14	141.23	141.32	141.41
BKMNG	141.41	141.56	141.69	141.84	141.99
KTBMI	139.35	139.94	140.52	141.14	141.75
MINGLA	135.09	136.05	137.03	138.03	139.04
GMWNG	131.81	133.34	134.88	136.47	138.09



Gambar 4.6 Grafik perubahan tegangan 5

4.3 Analisa Aliran Daya Kondisi Sistem Keadaan Normal

Berdasarkan dari gambar 4.1 terlihat grafik tegangan saat kondisi normal yang didapat dari perhitungan aliran daya menggunakan metode Gauss Seidel. Dari grafik tersebut, GI Baturaja mengirim tegangan ke arah GI Blambangan Umpu dengan tegangan kirim 142,50 kV dan tegangan terima di GI Blambangan Umpu 141,06 kV atau mengalami penurunan 1,44 kV. Penurunan ini diakibatkan karena besarnya beban dan panjangnya transmisi. Untuk tegangan di GI Bukit Kemuning 141,41 kV mengalami kenaikan dari tegangan GI Blambangan Umpu. Hal ini dikarenakan GI Bukit Kemuning mendapatkan tambahan daya reaktif dari sumber daya reaktif, yaitu PLTA Besai 144,00 kV. Transmisi dari GI Kotabumi-GI Menggala-GI Gumawang yang radial dan panjang menyebabkan tegangan ujung akan mengalami jatuh tegangan yang besar. Dari grafik terlihat tegangan GI Kotabumi 139,35 kV menjadi 135,09 kV di GI Menggala dan 131,81 kV di GI Gumawang.

4.4 Analisa Pemasangan Kapasitor

4.4.1 Analisa Pemasangan Kapasitor di GI Blambangan Umpu

Dari gambar 4.2 terjadi kenaikan tegangan dengan pemasangan kapasitor di GI Blambangan Umpu tetapi hal tersebut tidak menyebabkan tegangan di GI Gumawang menjadi 135 kV. Dengan nilai kapasitor terbesar 20 MVAR hanya menyebabkan kenaikan tegangan sebesar 0,43 kV di GI Gumawang (dari 131,81 kV menjadi 132,24 kV). Hal ini dikarenakan jarak yang jauh antara GI Blambangan Umpu dengan GI Gumawang. Dari 4 simulasi, tidak ada simulasi yang mendapatkan tegangan GI Gumawang menjadi di atas 135 kV.

4.4.2 Analisa Pemasangan Kapasitor di GI Bukit Kemuning

Dari gambar 4.3 terjadi kenaikan tegangan dengan pemasangan kapasitor di GI Bukit Kemuning tetapi hal tersebut tidak menyebabkan tegangan di GI Gumawang menjadi 135 kV. Dilihat dari grafik, kenaikan tegangan untuk tiap-tiap kapasitor sama di setiap GI. Hal ini dikarenakan GI Bukit Kemuning berada dekat dengan sumber daya reaktif (PLTA Besai). Dengan nilai kapasitor terbesar 20 MVAR hanya menyebabkan kenaikan tegangan sebesar 0,69 kV di GI Gumawang (dari 131,81 kV menjadi 132,50 kV). Dari 4 simulasi, tidak ada simulasi yang mendapatkan tegangan GI Gumawang menjadi di atas 135 kV.

4.4.3 Analisa Pemasangan Kapasitor di GI Kotabumi

Dari gambar 4.4 terjadi kenaikan tegangan dengan pemasangan kapasitor di GI Kotabumi tetapi hal tersebut tidak menyebabkan tegangan di GI Gumawang menjadi 135 kV. Dengan nilai kapasitor terbesar 20 MVAR hanya menyebabkan kenaikan tegangan sebesar 2,58 kV di GI Gumawang (dari 131,81 kV menjadi 134,39 kV). Dari 4 simulasi, tidak ada simulasi yang mendapatkan tegangan GI Gumawang menjadi di atas 135 kV.

4.4.4 Analisa Pemasangan Kapasitor di GI Menggala

Dari gambar 4.5 terjadi kenaikan tegangan dengan pemasangan kapasitor di GI Menggala. Dengan kapasitor 5, 10, dan 15 MVAR tidak menyebabkan tegangan di GI Gumawang menjadi 135 kV. Dengan nilai kapasitor 20 MVAR menyebabkan kenaikan tegangan sebesar 4,06 kV di GI Gumawang (dari 131,81 kV menjadi 135,86 kV). Dari 4 simulasi, hanya 1 simulasi yang mendapatkan

tegangan GI Gumawang menjadi di atas 135 kV.

4.4.5 Analisa Pemasangan Kapasitor di GI Gumawang

Dari gambar 4.6 terjadi kenaikan tegangan dengan pemasangan kapasitor di GI Gumawang. Dengan kapasitor 5 dan 10 MVAR tidak menyebabkan tegangan di GI Gumawang menjadi 135 kV. Dengan nilai kapasitor 15 MVAR menyebabkan kenaikan tegangan sebesar 4,66 kV di GI Gumawang (dari 131,81 kV menjadi 136,86 kV). Dengan nilai kapasitor 20 MVAR menyebabkan kenaikan tegangan sebesar 6,28 kV di GI Gumawang (dari 131,81 kV menjadi 138,09 kV). Dari 4 simulasi, hanya 2 simulasi yang mendapatkan tegangan GI Gumawang menjadi di atas 135 kV.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Dari beberapa simulasi yang dilakukan untuk mendapatkan tegangan GI Gumawang di atas 135 kV, didapat lokasi pemasangan yang tepat yaitu di GI Gumawang dengan kapasitas kapasitor sebesar 15 MVAR.
2. Jatuh tegangan di GI Gumawang yang semula 131,81 kV (-12.13 % dari tegangan nominal) dengan dipasang kapasitor 15 MVAR menjadi 136,47 kV (-9.02 % dari tegangan nominal).

5.2 Saran

1. Perlu dilakukan perhitungan tegangan di setiap GI yang berkesinambungan mengingat kenaikan beban dapat menyebabkan tegangan berada di luar batasan operasi normal.
2. Untuk jangka panjang sebaiknya dilakukan penambahan unit pembangkit atau membangun transmisi dengan

sistem ring dalam mengatasi permasalahan tegangan di sistem 150 kV Lampung Utara.

DAFTAR PUSTAKA

Eko Wijanarko. *Optimasi Penempatan Kapasitor Shunt untuk Perbaikan Daya Reaktif*. <http://eprints.undip.ac.id/25755/1/ML2F002576.pdf>. Diakses pada tanggal 22 Desember 2012.

Marsudi, Djiteng. 2006. *Operasi Sistem Tenaga Listrik*. Yogyakarta: Graha Ilmu.

No name. 2005. *Materi Pengaturan Tegangan*. Semarang: PT PLN (Persero) Udiklat Semarang.

No name. *Power System Analysis Chapter 4: Load Flow Studies*. http://nptel.iitm.ac.in/courses/Webcourse-contents/IIT-KANP_UR/power-system/chapter_4/4_intro.html. Diakses pada tanggal 15 Maret 2013.

Stevenson, Jr William D. 1994. *Analisis Sistem Tenaga Listrik*. Jakarta: Erlangga.