

PENEMPATAN SVC (STATIC VAR COMPENSATOR) UNTUK MEMPERBAIKI PROFIL TEGANGAN PADA JARINGAN TRANSMISI PT. PLN LAMPUNG

Arya Wiguna B¹, Dikpride Despa², Herri Gusmedi³, Abdul Haris⁴
^{1,2,3,4} Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung
Jalan Prof. Sumantri Brojonegoro No. 1 Bandar Lampung 35145
unabangoen@gmail.com

Abstrak – Sistem kelistrikan merupakan salah satu kebutuhan bagi kehidupan masyarakat modern dalam mendukung keberlangsungan aktifitas masyarakat. Peningkatan beban pada sistem tenaga listrik dapat menimbulkan jatuh tegangan dan nilai rugi daya yang besar. Dalam tugas akhir ini digunakan SVC (Static Var Compensator) yang merupakan salah satu FACTS devices, yang berfungsi menyerap atau menginjeksikan daya reaktif untuk memperbaiki profil tegangan pada sistem transmisi. Tugas akhir ini adalah studi kasus yang diterapkan pada saluran transmisi PLN 24 bus wilayah Lampung dengan menggunakan metode Newton-Raphson pada simulasi MATLAB.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan menerapkan SVC pada weak bus pada sistem transmisi maka profil tegangan dapat diperbaiki dalam batas yang diizinkan. Penempatan SVC pada weak bus 7 (Manggala) memperbaiki profil tegangan pada weak bus 7 (Manggala) dan bus 8 (Gumawang) naik sebesar 1.35% dan 1.45% dari 0.9283p.u dan 0.9012p.u menjadi 0.941p.u dan 0.9145p.u, penempatan SVC pada weak bus bus 8 (Gumawang) memperbaiki profil tegangan pada weak bus 7 (Manggala) dan bus 8 (Gumawang) naik sebesar 6.18% dan 9,88% dari 0.9283p.u dan 0.9012p.u menjadi 0.9895p.u dan 1p.u.

Kata kunci : SVC (Static Var Compensator), Flexible AC Transmission Systems (FACTS), Metode Newton-Raphson, Perbaikan Profil Tegangan, Transmisi PLN Lampung

Abstract – Electricity is one of living commodity in modern society in supporting sustainability of society activity. Load increase of the power system could cause the voltage drop and power system losses. This final task use SVC (Static Var Compensator) which is one of FACTS devices that function to absorb or inject the reactive power for voltage profile improvement in transmission system. This final task is a case study that use Newthton-Rhapson method in MATLAB simulation which apply in 24 bus PLN Lampung line transmission.

The result show that applying SVC in weak bus at transmission system could improve the voltage profile whitin admissable. The placement SVC in weak bus 7 (Manggala) improved the voltage profile in weak bus 7 (Manggala) and bus 8 (Gumawang) increase amount 1.35% and 1.45% from 0.9283p.u and 0.9012p.u become 0.941p.u and 0.9145p.u, The placement SVC in weak bus 8 (Gumawang) improved the voltage profile in weak bus 7 (Manggala) and bus 8 (Gumawang) increase amount 6.18% and 9,88% from 0.9283p.u and 0.9012p.u become 0.9895p.u and 1p.u.

Key word : SVC (Static Var Compensator), Flexible AC Transmission Systems (FACTS), Newton-Raphson Method, Voltage Profile Improvement, PLN Lampung Transmission

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Sistem tenaga listrik merupakan salah satu kebutuhan utama bagi kehidupan masyarakat modern dalam mendukung keberlangsungan

aktifitas masyarakat. Kebutuhan tenaga listrik terus meningkat seiring pertumbuhan masyarakat saat ini, karenanya diperlukan pengaturan sistem penyaluran listrik yang sesuai kebutuhan saat ini, agar pertumbuhan yang ada dapat terus berlangsung. Gangguan pada sistem tenaga listrik memang tidak dapat

dihindari karena jarak transmisi yang panjang dan melingkupi daerah yang luas, serta pertumbuhan masyarakat yang berlangsung lebih cepat daripada peningkatan sistem transmisi listrik yang telah ada, hal ini berpengaruh besar terhadap aliran daya (*power flow*) pada transmisi tenaga listrik sehingga terjadi penurunan tegangan dan rugi daya listrik.

Dengan penempatan pengontrolan FACTS (*Flexible Alternating Current Transmission System*), stabilitas tegangan dari kondisi sistem dapat ditingkatkan secara efektif. Peralatan FACTS tidak memiliki waktu tunda (*no delay*) dan peralatan elektronik daya arus kuat saat ini tersedia untuk respon yang aman (*safe*) dan akurat (*accurate*). FACTS mampu mengontrol parameter seperti magnitudo tegangan dan sudut, impedansi saluran, aliran daya aktif dan reaktif.

1.2. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penulisan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui lokasi penempatan yang sesuai untuk penempatan *Static Var Compensator* (SVC).
2. Mengetahui pengaruh penempatan *Static Var Compensator* (SVC) dalam memperbaiki profil tegangan.
3. Menganalisa dan membandingkan pengaruh sebelum dan sesudah penempatan *Static Var Compensator* (SVC)

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Aliran Daya (*Power Flow*)

Aliran daya merupakan solusi dari kondisi operasi sistem tenaga listrik pada keadaan *steady-state*, yang memberikan gambaran dan dapat dijadikan batasan mengenai operasi sistem tenaga listrik yang dinamis. Melalui studi aliran daya pada sistem tenaga listrik maka akan diperoleh informasi mengenai daya nyata (*real power*), daya reaktif (*reactive Power*), tegangan dan sudut fasa pada sistem.[1]

Studi aliran daya mencakup perhitungan aliran dan tegangan sistem pada bus tertentu. Dalam sistem tenaga listrik, bus dapat diklasifikasikan menjadi tiga jenis, yaitu: [1]

1. Bus PQ (*Load Bus*)
Bus PQ digunakan sebagai bus beban dimana pada bus ini daya aktif (P) dan reaktif (Q) diketahui, besaran yang dapat dihitung pada bus ini adalah tegangan (V) dan sudut (δ).
2. Bus PV
Pada bus PV merupakan bus dari pembangkit listrik dimana pada bus ini tegangan dapat dikontrol dengan kapasitas daya reaktif yang dibangkitkan. Pada bus PV, daya aktif (P) dan tegangan (V) ditentukan sebagai variabel yang diketahui dan besaran yang dihitung pada bus ini adalah daya reaktif (Q) dan sudut tegangan (δ).
3. *Slack Bus*
Pada *Slack Bus* ataupun sering juga disebut *Swing Bus* dapat diketahui besaran tegangan (V) dan sudut (δ), biasanya sistem didesain memiliki bus yang dijadikan sebagai referensi, yaitu *slack bus*, dan secara umum pada bus ini dapat diketahui besaran dari sudut pada bus adalah nol ($\delta = 0^\circ$). Besaran yang dapat dihitung pada bus ini adalah daya aktif (P) dan daya reaktif (Q).

2.2. FACTS (*Flexible AC Transmission System*)

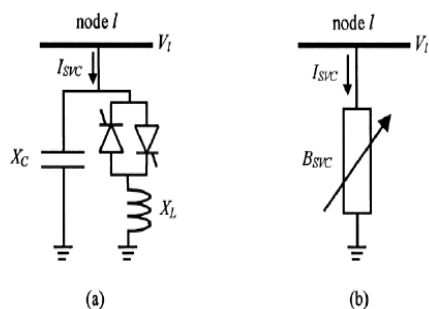
FACTS berbasis elektronika daya dan pengontrol statis lainnya untuk meningkatkan *controllability* dan peningkatan kapabilitas penyaluran energi listrik. Pengontrol FACTS adalah sebuah kombinasi berbasis elektronika daya dan peralatan statis lain yang menyediakan kontrol satu atau lebih parameter saluran transmisi. Pengembangan dari *Flexible AC Transmission Systems* (FACTS) adalah solusi yang dapat dipakai dalam memaksimalkan transmisi listrik AC. Tanpa FACTS, saluran masih tetap menyalurkan banyak energi listrik tetapi dengan suatu persentasi daya reaktif yang relatif besar. FACTS dapat meningkatkan stabilitas sistem, mengontrol tegangan dan redaman (*damping*) osilasi daya [2].

2.3. Static Var Compensator (SVC)

Salah satu peralatan FACTS tipe *impedance variable* yang telah dikembangkan saat ini dan akan dipergunakan dalam tugas akhir ini adalah *Static Var Compensator* (SVC).SVC

bekerja menyediakan kompensasi daya reaktif dengan cepat pada jaringan transmisi tenaga listrik tegangan tinggi. Secara rinci fungsi dari SVC adalah: [3]

1. Meningkatkan kapasitas sistem transmisi
2. Kontrol tegangan
3. Kontrol aliran daya reaktif
4. Penurunan dan pembatasan frekuensi *over voltage power* disebabkan *load rejection*
5. Memperbaiki stabilitas jaringan AC
6. Mencegah terjadinya ketidakstabilan tegangan



Gambar 1. Pemodelan SVC, (a) model *firing angle* SVC, (b) model *total susceptance* SVC[12]

Model *total susceptance* inilah yang akan digunakan pada tugas akhir ini.

2.3. Penentuan Kapasitas SVC (*Static Var Compensator*)^[11]

Bus yang berkandidat sebagai tempat penempatan SVC (*Static Var Compensator*) adalah bus yang memiliki profil tegangan dibawah tegangan yang diizinkan, yaitu turun melebihi 5% dari tegangan nominal sesuai SPLN 1 tahun 1995. Hal ini diupayakan agar mendapatkan tegangan pada ujung beban sama dengan ujung sumber atau $VR = VS$. Bila nilai daya aktif pada ujung beban mendekati 1 ($pf=1$) dan $VR = VS$ maka dapat dicari nilai δ , dengan rumus berikut:

$$PR = \frac{|VR|=|Vs|}{|B|} \cos(\beta - \delta) - \frac{|A|}{|B|} |V|^2 \cos(\beta - \alpha) \quad (1)$$

Kapasitas kapasitor (QR) dapat dihitung dengan persamaan :

$$QR = \frac{|VR|=|Vs|}{|B|} \sin(\beta - \delta) - \frac{|A|}{|B|} |V|^2 \sin(\beta - \alpha) \quad (2)$$

Berdasarkan faktor daya yang diketahui dan faktor daya yang diinginkan, maka besar dari Q (daya reaktif) dapat diperoleh dengan persamaan (3) dan (4).

kVAR sebelum SVC (*Static Var Compensator*):

$$Q1 = P \tan \theta_1 \quad (3)$$

kVAR yang diinginkan berdasarkan PF=0.999

$$Q2 = P \tan \theta_2 \quad (4)$$

Berdasarkan persamaan (3) dan (4) maka dapat disempurnakan nilai Q dengan persamaan (5) dibawah berikut:

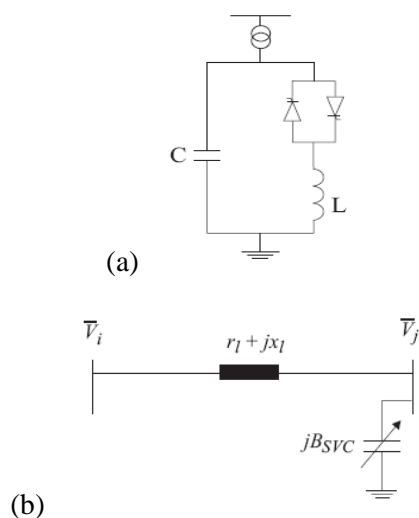
$$Q = Q1 - Q2 \quad (5)$$

Dimana, Q1 = kVAR sebelum SVC
Q2 = kVAR yang diinginkan berdasarkan PF=0.999

III. METODE PENELITIAN

3.1. Simulasi dan Pemodelan Mencari Lokasi dan Parameter SVC

Topologi dasar SVC dan representasi pemodelan SVC yang terhubung pada saluran *i* dan *j* ditunjukkan pada gambar 3.1(a) dan (b)



Gambar 2.(a) Topologi dasar SVC, (b) Representasi SVC pada saluran [15]

Pada gambar 2 menunjukkan model injeksi SVC, dimana sebuah arus reaktif diinjeksikan pada titik j , sedangkan V_i dan V_j tegangan pada titik i dan j secara berturut – turut. Daya reaktif yang diinjeksikan pada titik j dituliskan dalam persamaan berikut :

$$Q_j = -V_j^2 B_{SVC} \quad (6)$$

Dimana:

Q_j = daya reaktif pada titik j

V_j = tegangan pada titik j

$B_{SVC} = B_C - B_L$, B_C dan B_L adalah susceptansi pada *fixed capacitor* dan TCR

Untuk operasi diluar batas, SVC memiliki sebuah susceptansi tetap (*fixed susceptance*) berkaitan dengan daya reaktif dan karena itu hanya satu bus yang mewakili model

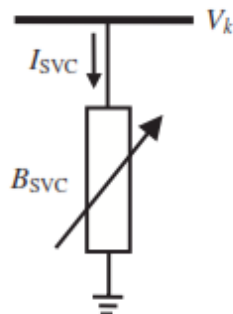
$$B_{SVC} = -\frac{Q_{lim}}{V_{SVC}^2} \quad (7)$$

Dimana V_{SVC} adalah tegangan bebas baru akibat kelebihan batas daya reaktif Q_{lim} .

Model susceptansi variabel shunt dapat disesuaikan dengan dua cara yaitu : batas sudut penyalan (*firing-angle limit*) atau batas reaktansi (*reactance limit*). Model susceptansi shunt batas reaktansi lebih sering digunakan karena lebih sederhana daripada Model susceptansi batas sudut penyalan.

Penggunaan model sudut penyalan memerlukan usaha komputasi yang lebih sulit karena dihitung dari susceptansi SVC dan keduanya adalah nonlinear.

Model *total susceptance* ditunjukkan pada gambar 3.



Gambar 3. Model *total susceptance* SVC[14]

Aliran daya membutuhkan persamaan linear SVC untuk menggabungkan dan kemudian

memperbarui susceptansi shunt pada setiap iterasi.[14]

$$I_{SVC} = jB_{SVC}V_k \quad (8)$$

Dari Gambar daya reaktif yang diinjeksikan pada bus k

$$Q_{SVC} = Q_k = -V_k^2 B_{SVC} \quad (9)$$

Karena peralatan digambarkan oleh sebuah susceptansi murni, hanya daya reaktif yang diinjeksikan. Sepanjang iterasi injeksi daya reaktif harus terus diperbarui melalui persamaan (10).

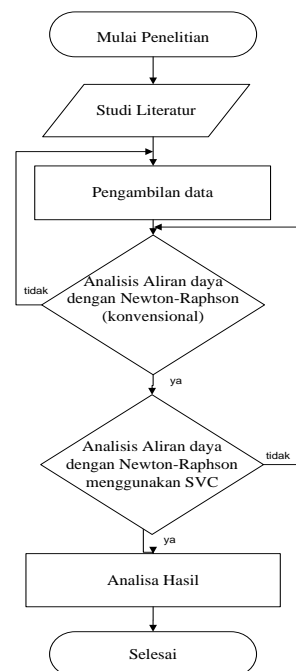
$$\begin{bmatrix} \Delta P_k \\ \Delta Q_k \end{bmatrix}^{(i)} = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & Q_k \end{bmatrix}^{(i)} \begin{bmatrix} \Delta \theta_k \\ \Delta B_{SVC}/B_{SVC} \end{bmatrix}^{(i)} \quad (10)$$

Pada akhir masing-masing, B_{SVC} diperbarui sesuai dengan persamaan (11). Dengan cara ini tegangan yang dikehendaki pada bus yang terhubung dengan SVC dapat dipenuhi[14]:

$$B_{SVC}^{(i)} = B_{SVC}^{(i-1)} + \left(\frac{\Delta B_{SVC}}{B_{SVC}} \right)^{(i)} B_{SVC}^{(i-1)} \quad (11)$$

3.2. Diagram Alir Penelitian

Diagram alir pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4 sebagai berikut:



Gambar 4. Diagram Alir Penelitian

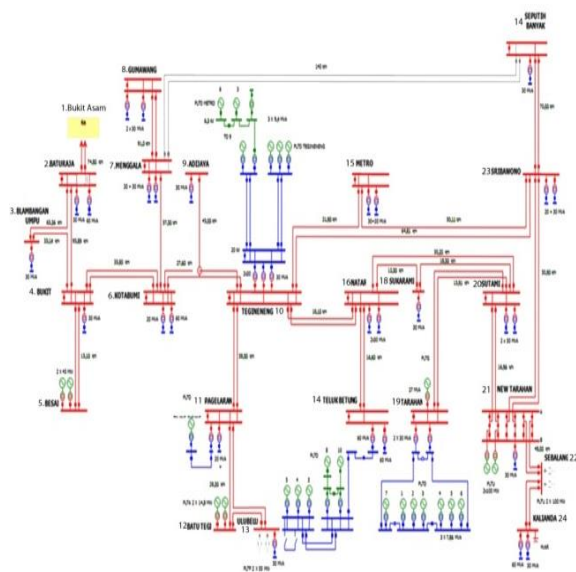
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Simulasi yang dilakukan adalah dengan penempatan SVC pada bus 7 dan bus 8 secara bergantian kemudian diperoleh hasil dari masing-masing simulasi yang akan dibandingkan dengan hasil sebelum penempatan SVC.

4.1. Sistem Tenaga Listrik Lampung

Sistem tenaga listrik di wilayah Lampung terinterkoneksi dengan wilayah Sumatera Selatan dalam melayani kebutuhan energi listrik untuk wilayah Lampung. Sistem kelistrikan ini tersambung melalui Saluran Transmisi Tegangan Tinggi (SUTT) 150KV dengan total panjang saluran 10.332,03 km.[5]

Diagram satu garis sistem transmisi tenaga listrik 150 KV pada wilayah Lampung dapat dilihat pada gambar 5 dibawah ini:



Gambar 5. Diagram satu garis sistem transmisi 150 KV Lampung

Pada akhir tahun 2014 jumlah pelanggan total di wilayah Lampung adalah 1.637.824 pelanggan, dengan besar 95,54% terdiri dari pelanggan Rumah tangga dan sisanya sebesar 4,46% terdiri dari pelanggan industri, bisnis, dan pelanggan lainnya dengan daya tersambung sebesar 2.063,8 MVA. Data Saluran sistem transmisi Lampung pada gambar 5 dapat juga dilihat pada tabel 1:

Tabel 1 Nomor Bus pada sistem transmisi Wilayah Lampung

NO BUS	NAMA BUS
1	BUKIT ASAM
2	BATURAJA
3	BLAMBANGAN UMPU
4	BUKIT KEMUNING
5	BESAI
6	KOTABUMI
7	MENGGALA
8	GUMAWANG
9	ADIJAYA
10	TEGINENENG
11	PAGELARAN
12	BATUTEGI
13	ULUBELU
14	SEPUTIHBANYAK
15	METRO
16	NATAR
17	TELUK BETUNG
18	SUKARAME
19	TARAHAN
20	SUTAMI
21	NEWTARAHAN
22	SEBALANG
23	SRIBAWONO
24	KALIANDA

Terdapat 24 bus pada sistem transmisi tenaga listrik wilayah Lampung.

4.2. Simulasi Aliran Daya Untuk Penempatan SVC Menggunakan Metode Newton-Raphson

Dari data-data yang diperoleh, dilakukan simulasi untuk mengetahui kondisi aliran daya pada sistem dan hasil dari simulasi tersebut akan dianalisa untuk mendapatkan lokasi penempatan SVC pada sistem. Simulasi yang dilakukan menggunakan metode Newton-Raphson. Adapun data hasil yang diperoleh berupa profil tegangan dan sudut pada setiap bus serta rugi-rugi saluran transmisi. Melalui tabel dibawah ini dapat dilihat hasil dari simulasi menggunakan metode Newton-Raphson pada Matlab. Untuk profil tegangan tiap bus sebelum penempatan SVC ditunjukkan oleh tabel 2.

Tabel 2. Profil Tegangan dan Sudut tiap Bus tanpa SVC

BUS	VM	VA
1	1	0
2	0.9775	2.0114
3	0.9824	5.744
4	0.9877	7.7878
5	0.9917	8.5014
6	0.9886	8.6602
7	0.9283	4.6916
8	0.9012	2.8584
9	1.0207	11.7383
10	1.05	14.2577
11	1.0585	16.0531
12	1.0642	17.1981
13	1.0688	18.1938
14	1.0367	15.69
15	1.0407	14.5374
16	1.0211	15.1936
17	1	15.047
18	1.0189	16.111
19	1	18.5067
20	1.0225	17.8494
21	1.0402	18.7581
22	1.0362	19.3471
23	1.0426	16.4072
24	1.0326	18.8294

Dari hasil simulasi seperti terlihat pada tabel 3, nilai profil tegangan terendah terdapat pada bus 8 (Gumawang) dan bus 7 (Manggala), maka simulasi pertama dilakukan penempatan SVC pada bus 7 dan simulasi kedua dilakukan penempatan SVC pada bus 8.

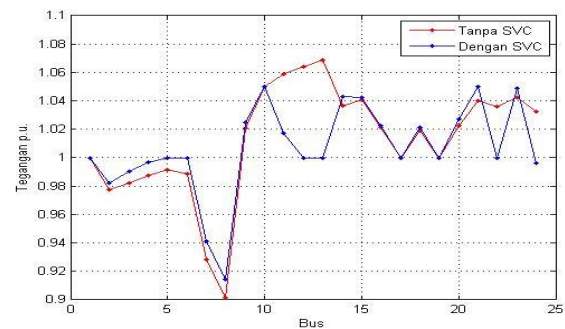
4.3. Analisa Hasil

Hasil simulasi penempatan SVC pada Bus 7 (Manggala) dan Bus 8 (Gumawang) pada ditunjukkan pada gambar grafik 6 dan gambar grafik 7.

4.3.1 Analisa Hasil Penempatan SVC pada Bus 7 (Manggala)

Hasil dari data penempatan SVC pada bus 7 (Manggala) menunjukkan bahwa SVC memperbaiki profil tegangan menjadi lebih baik, hal ini dapat dilihat dari perubahan kenaikan profil tegangan sebesar 1,35% dari sebelumnya. Perbaikan profil tegangan pada bus 7 (Manggala) sendiri masih kurang

maksimal, akan tetapi masih pada batas yang diizinkan. Secara keseluruhan masing-masing bus terdapat perbaikan profil tegangan yang signifikan. Hasil perbaikan profil tegangan tersebut dapat terlihat pada grafik perbandingan dibawah ini. Grafik pada Gambar 6 memperlihatkan perbandingan profil tegangan sesudah dan sebelum penempatan SVC pada bus 7 (Manggala).

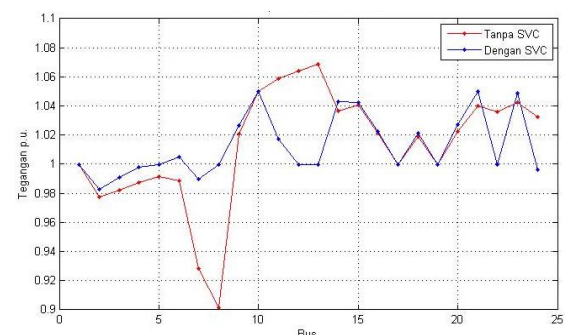


Gambar 6. Grafik Profil Tegangan Sesudah dan Sebelum penempatan SVC pada Bus 7(Manggala)

Simulasi dilakukan dengan parameter yang sama dimana kondisi sistem *steady state*. Dapat dilihat pada bus 8 hanya mengalami persentase kenaikan sebesar 1,45% dari sebelumnya, walaupun terdapat kenaikan ataupun penurunan profil tegangan pada bus lain, hal ini masih dalam batas yang diizinkan.

4.3.2. Analisa Hasil Penempatan SVC pada Bus 8 (Gumawang)

Hasil simulasi penempatan SVC pada bus 8 (Gumawang) ditunjukkan pada gambar 7 dibawah ini.



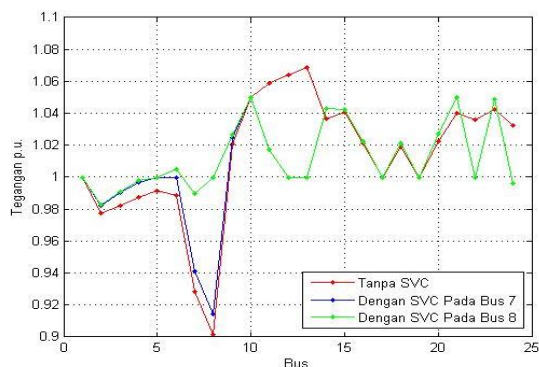
Gambar 7. Grafik Profil Tegangan Sesudah dan Sebelum penempatan SVC pada Bus 8 (Gumawang)

Penempatan SVC pada bus 8 (Gumawang) menghasilkan perbaikan profil tegangan yang lebih baik daripada sebelum penempatan SVC. Hal ini terlihat dari kenaikan profil tegangan

tiap bus menjadi lebih stabil, akan tetapi masih terdapat beberapa kekurangan dalam penempatan SVC pada Bus 8 (Gumawang), yaitu profil tegangan pada bus 9 (Adijaya) tidak ada perubahan dan kebanyakan profil tegangan mencapai nilai 1,05 sesuai batas pelanggaran profil tegangan. Dalam tugas akhir ini batas-batas tegangan disesuaikan dengan standar acuan SPLN 1 tahun 1995, yaitu batas tegangan yang dapat ditoleransi pada sistem transmisi adalah -10% sampai +5%. Penempatan SVC pada bus 8 (Gumawang) dirasakan cukup efektif dalam memperbaiki profil tegangan pada sistem transmisi, akan tetapi masih diperlukan penelitian yang lebih baik lagi.

4.3.3. Analisa Perbandingan Hasil Sebelum dan Sesudah Penempatan SVC

Adapun perbandingan hasil simulasi tersebut dapat dilihat hasilnya pada gambar 8 dibawah ini.



Gambar 4.4. Grafik Perbandingan sebelum dan sesudah penempatan SVC pada Bus 7(Manggala) dan Bus 8 (Gumawang).

Pada grafik diatas dapat dilihat bahwa penempatan SVC pada bus 8 (Gumawang) menghasilkan perbaikan profil tegangan yang lebih baik, pada bus 8 (Gumawang) dan bus 7 (Manggala) itu sendiri mendapatkan perbaikan tegangan yang cukup besar. Penempatan SVC pada bus 7 (Manggala) tidak membuat perubahan profil tegangan yang signifikan pada bus 8 (Gumawang). Kenaikan profil tegangan pada bus 8 (Gumawang) ketika penempatan SVC pada bus 7 (Manggala) hanya sebesar 1,45% dari tegangan semula sedangkan pada saat penempatan SVC pada bus 8 maka profil tegangan pada bus itu

sendiri naik sebesar 9,88% dari profil tegangan sebelumnya.

Pada tabel 3 dapat dilihat perbandingan persentase perubahan profil tegangan yang terjadi sebelum dan sesudah penempatan SVC pada bus 7 (Manggala) dan bus 8 (Gumawang).

Tabel 3. Perbandingan Pesentase Perubahan Profil Tegangan pada bus 7 (Manggala) dan bus 8 (Gumawang)

Bus	Profil Tegangan tanpa SVC	Persentase Perubahan Profil Tegangan setelah Penempatan SVC	
		Bus 7	Bus 8
1	1	0.00%	0.00%
2	0.9775	0.46%	0.52%
3	0.9824	0.78%	0.89%
4	0.9877	0.90%	1.04%
5	0.9917	0.83%	0.83%
6	0.9886	1.14%	1.60%
7	0.9283	1.35%	6.18%
8	0.9012	1.45%	9.88%
9	1.0207	0.43%	0.60%
10	1.05	0.00%	0.00%
11	1.0585	-4.06%	-4.06%
12	1.0642	-6.42%	-6.42%
13	1.0688	-6.88%	-6.88%
14	1.0367	0.59%	0.59%
15	1.0407	0.16%	0.16%
16	1.0211	0.12%	0.12%
17	1	0.00%	0.00%
18	1.0189	0.25%	0.25%
19	1	0.00%	0.00%
20	1.0225	0.47%	0.47%
21	1.0402	0.93%	0.93%
22	1.0362	-3.62%	-3.62%
23	1.0426	0.58%	0.58%
24	1.0326	-3.65%	-3.65%

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Simpulan

Dari hasil penelitian dapat diambil beberapa kesimpulan antara lain:

1. Simulasi penempatan Static Var Compensator (SVC) secara efektif dapat memperbaiki profil tegangan dan meningkatkan stabilitas tegangan pada jaringan tenaga listrik. Penempatan SVC pada bus 7 (Manggala) mengalami kenaikan profil tegangan sebesar 1.35%

- dari tegangan semula sedangkan pada saat penempatan SVC pada bus 8 (Gumawang) profil tegangan sendiri naik sebesar 9,88% dari profil tegangan sebelumnya
2. Penempatan SVC pada bus 8 (Gumawang) memperbaiki profil tegangan *weak bus* pada sistem transmisi, dimana pada bus 7 (Manggala) profil tegangan naik sebesar 6.18% dan pada bus 8 (Gumawang) profil tegangan naik sebesar 9,88%.
 3. Penempatan SVC pada bus 7 (Manggala) memperbaiki profil tegangan *weak bus* pada sistem transmisi, dimana pada bus 7 (Manggala) profil tegangan naik sebesar 1.35% dan pada bus 8 (Gumawang) profil tegangan naik sebesar 1.45%.
 4. Penempatan SVC dilakukan pada bus 7 (Manggala) dan pada bus 8 (Gumawang) yang memiliki nilai profil tegangan paling rendah (*weak bus*), dan setelah dilakukan simulasi, ternyata penempatan SVC pada bus 8 (Gumawang) mendapatkan hasil yang lebih baik dibandingkan penempatan SVC pada bus 7 (Manggala). Walaupun terdapat kenaikan ataupun penurunan profil tegangan pada bus lain, hal ini masih dalam batas yang diizinkan.

5.2. Saran

Dari hasil penelitian dan simulasi yang telah dilakukan maka disarankan:

1. Menggunakan Metode yang lain seperti algoritma genetika, PSO, Artificial Bee Colony (ABC) untuk mencari lokasi optimal SVC.
2. Perlu dilakukannya Penelitian mengenai Penempatan SVC yang lebih dari 1 unit pada saluran transmisi.
3. Pada penelitian fokus kepada profil tegangan, maka diperlukan simulasi lain.
4. Melakukan penelitian dengan SVC model *firing angle*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Saadat, Hadi. *Power System Analysis*. Milwaukee: Mc Grow Hill. New York, United States Of America. 1999.
- [2] Enrique Acha, Claudio R. Fuerte-Esquivel, Hugo Ambriz-Pérez, César Angeles-Camacho. *FACTS Modelling and Simulation in Power Networks*. New York: John Wiley & Sons, 2004.
- [3] PT.PLN PERSERO. *Buku Pedoman Pemeliharaan Kompensasi Daya Reaktif Statik (SVC)*. PT.PLN PERSERO. Jakarta Selatan. 2010
- [4] Stevenson, William D., and John J. Grainger. *Power System Analysis*. Singapore: Mc Grow Hill. 1994.
- [5] <http://www.pln.co.id/lampung/?p=62> diakses pada 26 Desember 2015
- [6] Othman, Ahmed, Mohamed. *Enhancing the Performance of Flexible AC Transmission Systems*. Aalto University publication series. Helsinki, Finland. 2011.
- [7] Xiao-Ping Zhang, Christian Rehtanz, Bikash Pal. *Flexible AC Transmission Systems: Modelling and Control*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2006.
- [8] Marsudi, Ditjeng. *Operasi Sistem Tenaga Listrik*. Yogyakarta. Graha Ilmu. 2006.
- [9] Ananta Haili, Eizi. *Optimasi Aliran Daya Menggunakan UPFC Pada Sistem Transmisi 150 KV wilayah Lampung*. UNILA. 2013.
- [10] Alexander Barus, Jimmy. *Penentuan Lokasi Dan Parameter Unified Power Flow Controller (UPFC) Menggunakan Algoritma Genetika Untuk Meningkatkan Keamanan Sistem Tenaga Listrik Pada Jaringan Transmisi Lampung*. UNILA. 2016.
- [11] Titin T, Ricky. *Studi Pengendalian Tegangan Sistem Tenaga Listrik Wilayah Sulawesi Selatan Dengan Menggunakan Static Var Compensator (SVC)*. Universitas Hasanuddin. 2013.
- [12] Anwar, Syarifil. *Optimisasi Penempatan SVC untuk Memperbaiki Profil Tegangan dengan Menggunakan Algoritma Genetika*. Universitas Brawijaya. 2012.
- [13] Hirdesh Chaturvedi, Paramjeet Kaur. *Power Quality Enhancement using Different "FACTS" Devices*. International Journal of Engineering Research and Development Vol. 10, pp. 51-57. 2014
- [14] Abdillah, Muhammad, Juningtijastuti. *Optimal Sizing of Static Var Compensators (SVCs) for Reducing Power Losses in 500 kV JAMALI Grid Power System*. Bacteria Foraging Algorithm (BFA). ITS Surabaya. 2009.
- [15] Surya, Priya. *Optimisasi Kapasitas dan Posisi SVC Pada Sistem 6 Bus Dengan Metode Artificial Bee Colony Algorithm*. Institut Teknologi Bandung. 2015.