



Analisis Dinamis dan Statis Pada Sistem Tenaga Listrik Sumbawa Akibat Penambahan Static Var Compensator Kapasitas 4 Mvar

Aldi Rahmansyah¹, Awan Uji Krismanto², Irrine Budi Sulistiawati³

¹Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Malang

¹aldhyrahmansyah@gmail.com, ²awan_uji_krismanto@lecturer.itn.ac.id, ³irrine@lecturer.itn.ac.id*

Abstract

Voltage stability refers to the ability of a power system to maintain steady voltages at all buses in the system after being subjected to a disturbance. The system can be in an unstable state if there is a disturbance, due to the increasing demand for reactive power beyond the available source capacity. One device that can compensate for reactive power is also able to maintain the bus voltage at the desired level is the SVC. SVC includes FACTS components with parallel connection, whose main function is to inject and absorb controlled reactive power so that it has a variable output by adjusting the ignition angle of the thyristor. In case study of this research, is a Sumbawa electricity system at the Alas 2 substation, Sumbawa Electricity System is modelled using DIgSILENT PowerFactory software. Voltage stability analysis is carried out by the P-V curve method, and analyze the voltage response of dynamic study systems before and after the installation of SVC to disturbance. Simulation results shows that by using SVC capacity 4Mvar, the loading limit has been improved. It has been observed that the voltage profile of bus Alas 2 Substation is found to be 0.81 pu without SVC and with SVC it improves to 0.98 pu. The margin of voltage stability has also been increased, the Alas GI Bus without SVC is stable at 7.22 MW and with a stable SVC at 17.83 MW. The closest buses, namely Bus GH Alas and GH Hutani, experienced an increase in loading, from 4.51 MW to 11.24 MW for GH Alas, and 4.7 MW to 9.4 MW for GH Utan.

Keywords: voltage stability, SVC, PV curve, digsilent powerfactory, reactive power

Abstrak

Kestabilan tegangan mengacu pada kemampuan sistem tenaga dalam mempertahankan tegangannya untuk stabil di semua bus dalam sistem setelah mengalami gangguan. Sistem dapat dalam kondisi tidak stabil bila adanya gangguan, karena meningkatnya permintaan dari daya reaktif di luar kapasitas sumber yang tersedia. Salah satu perangkat yang dapat mengkompensasi daya reaktif juga mampu menjaga tegangan bus pada tingkat yang diinginkan adalah SVC. SVC termasuk komponen FACTS dengan hubungan paralel, yang fungsi utamanya untuk menyuntik dan menyerap daya reaktif yang terkendali sehingga mempunyai keluaran yang bervariasi dengan mengatur sudut penyalakan thyristor. Studi kasus dalam penelitian ini yaitu pada Kelistrikan Sumbawa di GI Alas 2 sisi 20 kV, Sistem Kelistrikan Sumbawa ini dimodelkan menggunakan perangkat lunak DIgSILENT PowerFactory. Penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki pengaruh sebelum dan sesudah pemasangan SVC di GI Alas 2 terhadap gangguan di Bus GI Alas 1 sisi 70 kV. Analisis kestabilan tegangan menggunakan metode kurva P-V, dan respon tegangan sistem studi dinamik sebelum dan sesudah pemasangan SVC. Hasil simulasi menunjukkan bahwa dengan menggunakan SVC 4Mvar, profil tegangan telah ditingkatkan. Diamati bahwa profil tegangan bus GI Alas 2 ditemukan 0,81 p.u tanpa SVC dan dengan SVC meningkat menjadi 0,98 p.u. Margin kestabilan tegangan juga telah ditingkatkan, didapatkan Bus GI Alas 2 tanpa SVC stabil dipembebanan 7,22 MW dan dengan SVC stabil dipembebanan 17,83 MW. Bus yang terdekatan yaitu Bus GH Alas dan GH Utan mengalami peningkatan pembebanan, dari 4,51 MW ke 11,24 MW untuk GH Alas, dan 4,7 MW ke 9,4 MW untuk GH Utan.

Kata kunci: kestabilan tegangan, SVC, kurva PV, digsilent power factory, daya reaktif

Diterima Redaksi : 21-05-2022 | Selesai Revisi : 21-06-2022 | Diterbitkan Online : 30-06-2022

1. Pendahuluan

Gangguan pada sistem sering kali terjadi karena jarak transmisi yang jauh, perubahan serta penambahan beban yang besar, juga peningkatan kebutuhan energi listrik yang intensif, ditambah sulitnya pembangunan

pembangkit dan perluasan saluran transmisi baru.[1] Ketika gangguan pada sistem meningkatkan permintaan dari daya reaktif di luar kapasitas sumber yang ada maka kestabilan tegangan akan terancam dan skenario terburuknya adalah sistem mengalami tegangan runtuh.[2] Ketidakmampuan sistem untuk memenuhi

permintaan daya reaktif dianggap sebagai salah satu alasan utama ketidakstabilan tegangan pada sistem.[3] Sehingga hal ini menjadi perhatian serius bagi penyedia tenaga listrik. Satu-satunya cara untuk menyelamatkan sistem dari keruntuhan tegangan adalah dengan mengurangi beban daya reaktif atau menambah daya reaktif tambahan (keseimbangan daya reaktif) sebelum mencapai titik keruntuhan tegangan.[4] Keseimbangan daya reaktif dapat diperoleh kembali dengan menghubungkan perangkat pada sistem yang dapat menginjeksi atau menyerap daya reaktif berdasarkan kebutuhan sistem. [5]

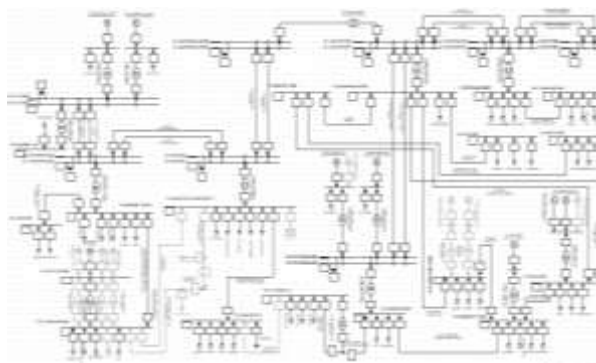
Studi kasus penelitian ini yaitu pada Kelistrikan Sumbawa di GI Alas 2 yaitu sisi 20 kV, untuk menilai stabilitas tegangan dilokasi yang menjadi perhatian utilitas penyedia tenaga listrik yaitu pada GI Alas 2 ketika mengalami gangguan tertentu. Pertama tama di asumsikan sistem dalam keadaan tunak, selanjutnya sistem akan masuk ke kondisi gangguan. Asumsi yang digunakan tidak ada suplai daya dari GI Alas 1 yaitu di sisi 70 kV (Highvoltage). Suplai daya hanya mendapat dari PLTD (Pembangkit Listrik Tenaga Diesel) dengan tegangan 20 kV yang berjarak kurang lebih 20 km dari lokasi Gardu Induk Alas 2. Sistem Kelistrikan Sumbawa ini dimodelkan menggunakan perangkat lunak DIGSILENT PowerFactory dan di lakukan simulasi aliran daya guna dapat mengevaluasi daya aktif serta reaktif pada sistem di setiap saluran dengan keterangan untuk besar sudut fasa tegangan di kondisi pembebanan tertentu.

Pada penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki pengaruh perangkat SVC dalam meningkatkan kestabilan tegangan terutama memperbaiki profil tegangan terhadap gangguan pada sistem kelistrikan sumbawa di Bus GI Alas 2. Analisis stabilitas tegangan dilakukan dengan metode kestabilan kurva P-V. Dari hasil kurva P-V akan dibandingkan sebelum dan sesudah pemasangan SVC sehingga dapat menunjukkan adanya perbaikan perbedaan kestabilan tegangan pada sistem. Serta dilakukan analisis bagaimana perilaku dan Respon tegangan sistem studi dinamik sebelum dan sesudah pemasangan SVC terhadap gangguan.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini difokuskan untuk menganalisis penggunaan SVC dalam peningkatan kestabilan tegangan pada jaringan sistem tenaga Sumbawa. Untuk menilai kestabilan tegangan di lokasi menjadi perhatian serius pada utilitas tenaga listrik yaitu bus GI Alas 2. Digunakan Analisis kestabilan tegangan statis dengan teknik kurva PV dan studi dinamis dalam penelitian ini untuk menilai kestabilan tegangan. dan respon sistem akibat gangguan sebelum dan sesudah pemasangan SVC.

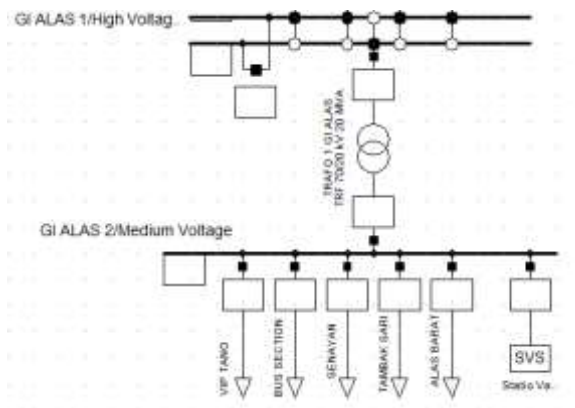
2.2. Pemodelan Sistem Sumbawa Dengan DigSilent



Gambar 1. Pemodelan Sistem Sumbawa dengan DigSilent

Pada gambar 1 merupakan pemodelan sistem kelistrikan Sumbawa dengan software DigSilent Power Factory 15.1. Penelitian ini menggunakan model blok diagram SVC yang di sediakan software DigSilent Power Factory 15.1. Terdapat tiga skenario kondisi dalam simulasi aliran daya pada penelitian ini, pertama kondisi awal sistem (base case), dimana bagian ini sistem beroperasi dalam kondisi tidak ada gangguan. Gangguan yaitu terjadi adalah pemutusan saluran dari GI Alas 1 ke GI Alas 2. Kondisi kedua adalah saat sistem terjadi gangguan tanpa perangkat SVC tambahan, dan sistem ketiga dalam kondisi gangguan dengan menggunakan SVC.

2.3. Lokasi Penempatan SVC

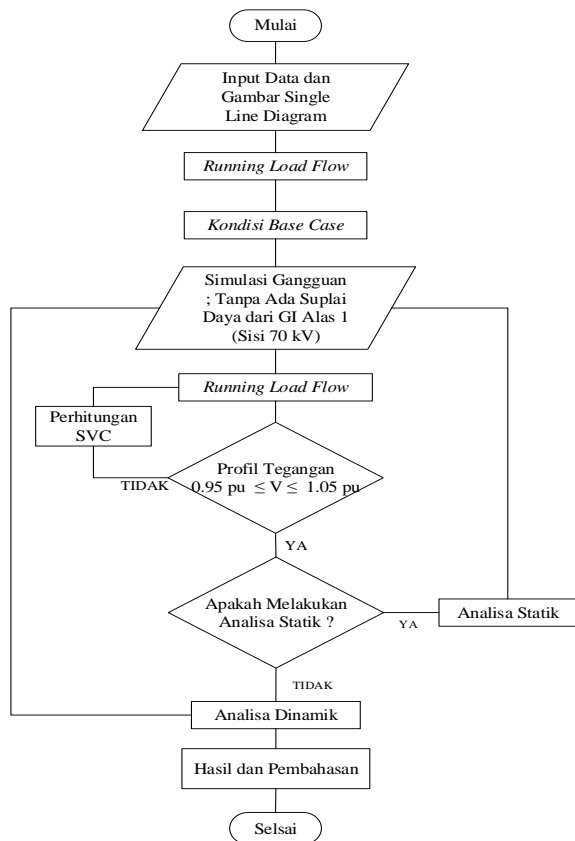


Gambar 2. Pemasangan SVC di GI Alas 2

Pada gambar 2 merupakan lokasi dipemasangan SVC pada sistem tenaga Sumbawa di GI Alas 2 yang dipasangkan secara paralel di bus tersebut.

2.4. Diagram Alir Penelitian

Adapun Flowchart di bawah ini merupakan alur yang mana menunjukkan rangkaian dari penelitian.



Gambar 3. Diagram Alir Penelitian

Untuk memahami paparan bagan flowchart penelitian pada gambar 3, maka peneliti memaparkan langkah langkah dalam penyelesaian penelitian ini :

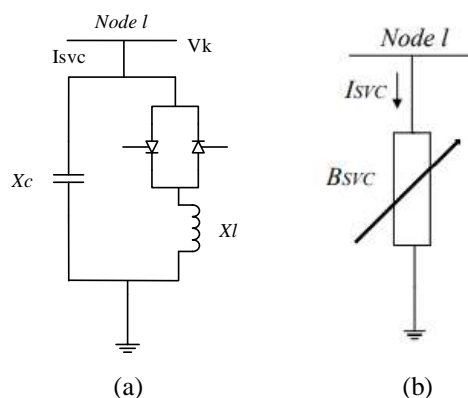
- Langkah 1 : Melakukan penginputan data yang dan menggambar Single Line Diagram dengan menggunakan Software DigSilent Power Factory
- Langkah 2 : Melakukan simulasi aliran daya awal
- Langkah 3 : Didapatkan kondisi base case atau kondisi awal sistem, pada kondisi ini semua profil tegangan di semua bus sistem berada dalam batasan tegangan yang diizinkan
- Langkah 4 : Melakukan simulasi gangguan yaitu adanya pemutusan saluran dari GI Alas 1 sisi 70 kV, sehingga tidak ada suplai daya dari GI Alas 1 ke GI Alas 2 sisi 20 kV
- Langkah 5 : Melakukan simulasi aliran daya kembali, jika profil tegangan dalam

batasan yang diizinkan, maka tidak dilakukan pemasangan SVC. Apabila terdapat profil tegangan dibus sistem diluar batasan yang sudah ditentukan, maka dilakukan pemasangan dan menghitung kapasitas SVC. Dari penelitian yang dilakukan langsung, terdapat Bus beban yang mengalami undervoltage, yaitu GI Alas 2, GH Alas, dan GH Utan.

- Langkah 6 : Simulasi aliran daya dilakukan kembali setelah adanya SVC di Bus GI Alas 2, Jika profil tegangan di semua bus sistem sudah dalam batasannya, selanjutnya dilakukan analisa statik dan dinamik.
- Langkah 7 : Analisa kestabilan tegangan statik dilakukan dengan metode kurva PV pada kondisi gangguan tanpa SVC dan dengan SVC.
- Langkah 8 : Analisa kestabilan tegangan dinamik dilakukan pada kondisi gangguan tanpa SVC dan dengan SVC
- Langkah 9 : Melakukan perbandingan hasil simulasi dan menarik kesimpulan, Bus beban yang mengalami ketidakstabilan tegangan dapat ditingkat dengan adanya pemasangan SVC di Bus GI Alas 2.

2.5 Konfigurasi SVC

SVC mengatur tegangan pada busnya dengan mengontrol jumlah daya reaktif yang diinjeksikan atau diserap dari sistem tenaga. Ketika tegangan sistem rendah, SVC menyuntikkan daya reaktif (mode kapasitif) dan ketika tegangan tinggi, SVC menyerap daya reaktif (mode induktif).[6] Pada penelitian ini pemasangan SVC akan dilakukan bentuk TCR dan Fixed Capacitor (FC) yaitu pada GI Alas 2 sisi 20 Kv.



Gambar 4. Konfigurasi SVC ; a) Model Firing Angle, b) Model Total Suseptance. [7]

- a. Model Firing Angle
 SVC berupa X_{svc} atau reaktansi ekuivalen, yang menjadi fungsi dari perubahan sudut penyalan α , yang mana terdiri dari gabungan paralel admitansi ekuivalen *thyristor-controlled reactor* (TCR) dan reaktansi kapasitif tetap (FC).
- b. Model Total Susceptance
 SVC dapat dilihat menjadi reaktansi yang dapat diatur melalui perubahan susceptansi dari B_{svc} , sehingga melambangkan nilai susceptansi SVC total yang dibutuhkan untuk mempertahankan besar teganga bus sistem pada nilai yang dikehendaki [8]

$$Q_1 = Mvar \text{ yang diinginkan berdasarkan } pf = 0.98$$

Maka didapatkan persamaan untuk besarnya Q_c dengan persamaan 3.4

$$Q_C = P (Tan Q_1 - Tan Q_2) \quad (2.9)$$

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Kestabilan Tegangan Statik

Ketiga skenario dalam hal ini, akan terlihat profil tegangan setelah disimulasikan aliran daya.

Gambar 4.b) Mengilustrasikan model Susceptance Total SVC. Batas maksimum serta minimum pada keluaran daya reaktif Q_{svc} dapat ditetapkan, yaitu reduktansi induktif (Bind) dan kapasitif (Bcap) dengan cara:

$$Q_{max} = B_{ind} \times (V_{ref})^2, Q_{min} = B_{cap} \times (V_{ref})^2 \quad (2.1)$$

Dimana

$$B_{ind} = -\frac{1}{XL}, \quad B_{cap} = -\frac{1}{XC} \quad (2.2)$$

maka dapat dinyatakan sebagai fungsi dari sudut penyalan susceptansi (B) SVC:

$$B_{SVC} = B_{cap} - B_{ind} (\alpha) \quad (2.3)$$

daya reaktif yang dihasilkan oleh SVC dihitung dengan persamaan :

$$Q_{SVC} = -V_l^2 \times B_{SVC} \quad (2.4)$$

arus yang disuplai oleh SVC adalah : [9]

$$I_{SVC} = jB_{SVC} V_l \quad (2.5)$$

2.6 Penentuan Kapasitas SVC

Karena adanya gangguan dan beban listrik pada Bus GI Alas 2 bersifat induktif, maka Q_{svc} harus mampu menyuplai daya reaktif ke bus beban dengan mengatur besarnya kapasitas Q_c , untuk menentukan besar Q_c dapat dilakukan dengan menghitung faktor daya bus lalu menaikkan faktor daya yang diharapkan sehingga mencapai 0,98 p.u. Berikut ini merupakan perhitungan untuk menentukan besar kapasitas Q_c : [10]. Faktor daya semula kita sebut $\cos \theta_1$ dan diperbaiki menjadi $\cos \theta_2$ maka, besarnya daya reaktif Q_{svc} dapat ditentukan.

$$Q_{svc} = Q_1 - Q_2 \quad (2.6)$$

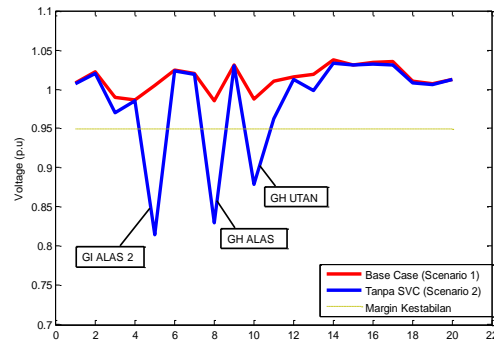
dimana

$$Q_1 = P.Tan \phi_1 \quad (2.7)$$

$$Q_2 = P.Tan \phi_2 \quad (2.8)$$

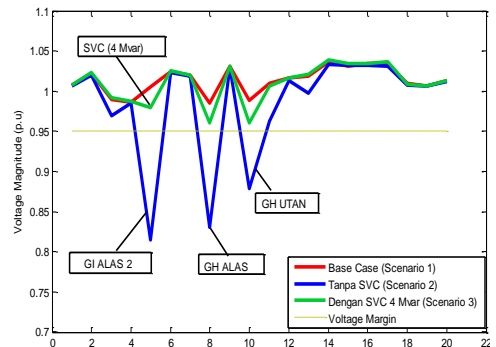
Keterangan :

- a. Profil Tegangan Base Case dan Gangguan Tanpa SVC



Gambar 5. Profil Tegangan Base Case dan Gangguan Tanpa SVC

- b. Profil Tegangan Dengan SVC



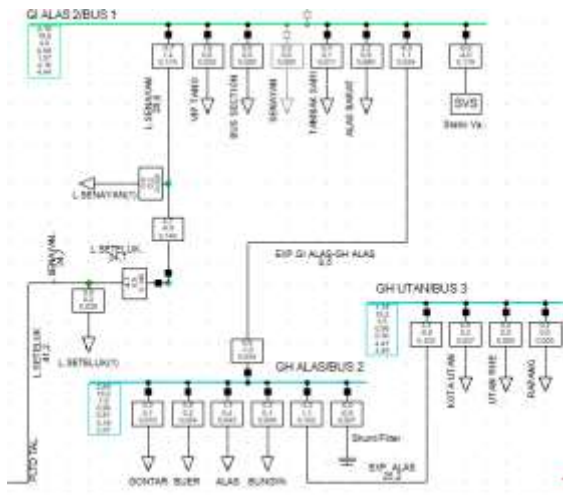
Gambar 6. Profil Tegangan Base Case dan Gangguan Tanpa SVC dan Dengan SVC

Dari persamaan 2.9 didapatkan kapasitas SVC ; sebesar 2,16 Mvar, dengan mempertimbangkan faktor safety dan umur alat SVC, peneliti memilih kapasitas sebesar 4 MVAR. Ini menjadi total daya reaktif di bus GI Alas 2 untuk mendapatkan faktor daya yang diinginkan, yaitu $pf=0.98$ p.u .

Gambar 5 menunjukkan level tegangan pada sistem tenaga Sumbawa, bus terlemah diidentifikasi dari hasil

simulasi Digsilent Powerfactory. Simulasi telah menunjukkan bahwa pada skenario 2 (gambar 5), ketika sistem mengalami gangguan tanpa adanya SVC (garis biru), dari data profil tegangan terdapat 3 sistem bus yang mengalami under voltage yaitu GI Alas 2, GH Alas, dan GH Utan. Hal ini juga menunjukkan bahwa sangat mungkin bus yang bertegangan rendah juga dapat mempengaruhi bus-bus di sekitarnya.

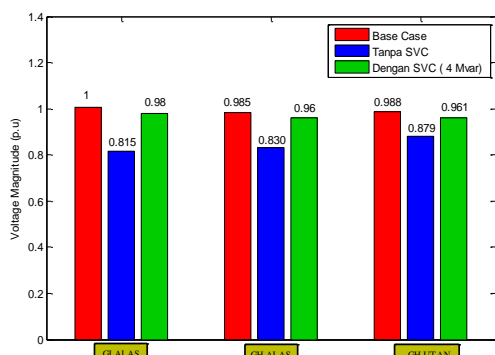
Pada hasil simulasi gambar 6 menunjukkan bahwa profil tegangan sistem telah diperbaiki setelah penempatan SVC.



Gambar 7. Lokasi GI Alas 2, GH Alas, dan GH Utan

Profil tegangan GH Alas dan GH Utan sistem juga telah ditingkatkan ketika SVC ditempatkan pada bus GI Alas 2. Dapat diamati Gambar 8 dibawah bahwa SVC juga dapat meningkatkan profil tegangan di sekitar bus yang berdekatan.

c. Profil Tegangan GI Alas 2, GH Alas, dan GH Utan



Gambar 8. Perbandingan Profil Tegangan Base Case Tanpa SVC dan Dengan SVC

Gambar 8 menunjukkan bahwa profil tegangan bus GI Alas 2 ditemukan 0,815 pu tanpa svc dalam kondisi gangguan dan dengan SVC meningkat menjadi 0,98 pu. Simulasi telah menunjukkan bahwa daya reaktif sebesar 4 MVar harus dihasilkan oleh perangkat SVC di bus GI Alas untuk mengeluarkan tegangan pada nilai nominal

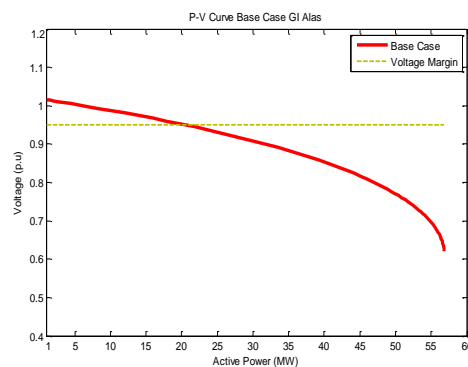
0,98 p.u. Pada saat yang sama, tegangan pada bus-bus yang berada di sekitar bus GI Alas 2, yaitu bus GH Alas dan GH Utan, secara tidak langsung ditingkatkan. Dari 0,830 p.u meningkat ke 0,96 p.u untuk GH Alas dan 0,879 p.u meningkat menjadi 0,961 p.u untuk GH Utan.

3.2. Kurva PV

Dari data profil tegangan terdapat 3 sistem bus yang mengalami under voltage yaitu GI Alas 2, GH Alas, dan GH Utan. ketiga bus ini akan dianalisis kestabilan tegangan statisnya menggunakan metode kurva PV

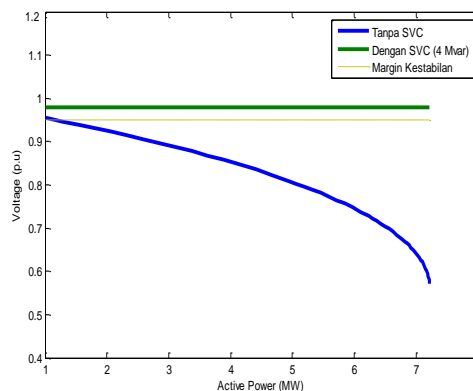
1. GI Alas 2

a. Kondisi Sistem Awal (Base Case)



Gambar 9. Kurva PV Kondisi Base Case GI Alas 2

b. Kondisi Sebelum dan Sesudah Pemasangan SVC 4 Mvar



Gambar 10. Kurva PV Tanpa SVC dan Dengan SVC GI Alas 2

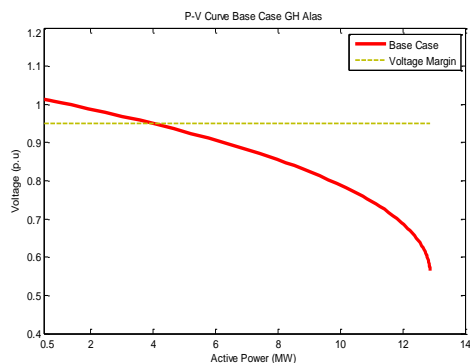
Gambar 9 adalah kondisi operasi normal (base case) dengan metode kurva P-V pada bus GI Alas 2, hasil simulasi menunjukkan bahwa kondisi operasi normal stabil pada pembebanan 21,8 MW sebelum under-voltage. Daya mampu pembebanan sistem adalah 56,8 MW sebelum terjadi voltage collapse.

Gambar 10 menunjukkan hasil simulasi bahwa dengan menggunakan SVC batas pembebanan telah diperbaiki, Telah diamati bahwa sebelum penempatan SVC lalu terjadi gangguan, daya mampu pembebanan

mencapai titik maksimum 7,22 MW dan dengan SVC meningkat menjadi 17,83 MW sebelum terjadi voltage collapse. Terjadi peningkatan daya mampu pembebanan sebesar 10,61 MW. Tegangan Stabil di 0,98 p.u dengan menggunakan SVC, sedangkan tanpa SVC, tegangan bus di pembebanan 1,28 MW sistem mengalami Undervoltage. Dari hasil keseluruhan dapat disimpulkan bahwa SVC dapat meningkatkan stabilitas tegangan.

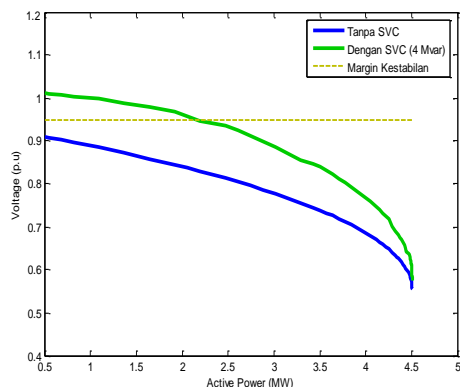
2. GH Alas

a. Kondisi Sistem Awal (Base Case)



Gambar 11. Kurva PV Kondisi Base Case GH Alas

b. Kondisi Sebelum dan Sesudah Pemasangan SVC



Gambar 12. Kurva PV Tanpa SVC dan Dengan SVC GH Alas

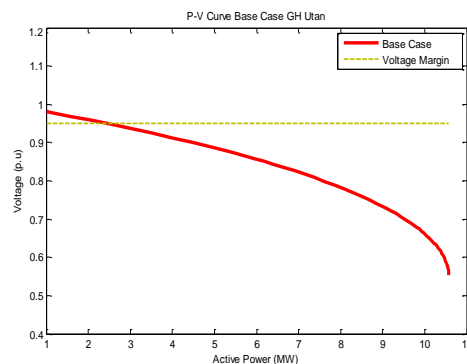
Gambar 11 adalah kondisi operasi normal (base case) pada bus GH Alas. Dari hasil simulasi Kurva PV terlihat bahwa kondisi operasi normal stabil pada 21,8 MW sebelum masuk ke kondisi under voltage, dan batas daya mampu pembebanan pada sistem adalah 12,88 MW sebelum voltage collapse.

Diperoleh dari data simulasi grafik P-V pada gambar 12 menunjukkan bahwa untuk pembebanan yang sama, daya mampu pembebanan sistem meningkat sebesar 6,73 MW. Telah diamati bahwa sebelum penempatan SVC dan terjadi gangguan, sistem mencapai titik pembebanan maksimum di 4,51 MW dan dengan SVC meningkat menjadi 11,24 MW. Dari grafik P-V di

atas, tanpa SVC, sistem sudah dikondisikan di bawah tegangan. Ketika sistem menggunakan SVC, sistem stabil sampai dibebani di 2,19 MW sebelum memasuki keadaan di under voltage (dibawah margin kestabilan).

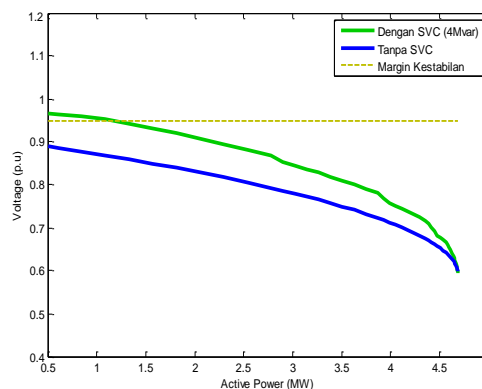
3. GH Utan

a. Kondisi Sistem Awal (Base Case) GH Utan



Gambar 13. Kurva PV Kondisi Base Case GH Utan

b. Kondisi Sebelum dan Sesudah Pemasangan SVC

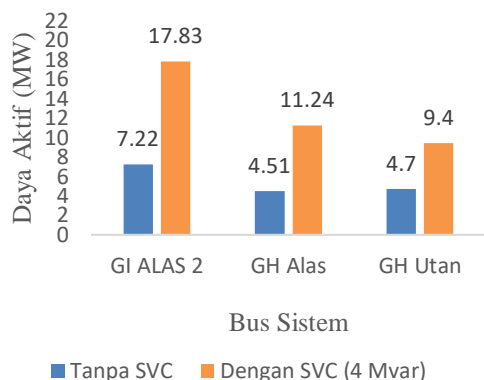


Gambar 14. Kurva PV Tanpa SVC dan Dengan SVC GH Utan

Gambar 13 adalah kondisi operasi normal (base case) pada bus GH Utan. Dari hasil simulasi Kurva PV diamati bahwa kondisi operasi normal stabil pada pembebanan 2,54 MW sebelum masuk kondisi dibawah tegangan yang diizinkan dan batas daya mampu pembebanan pada sistem adalah 10,58 MW sebelum voltage collapse.

Grafik PV Pada Gambar 14, tanpa SVC sistem mengalami voltage collapse di pembebanan 4,7 MW dan dengan SVC meningkat menjadi 9,4 MW. Tanpa SVC, tegangan bus sistem sudah dalam kondisi di bawah tegangan yang diizinkan, sedangkan ketika sistem menggunakan SVC, sistem stabil sampai di pembebanan 2,19 MW sebelum memasuki keadaan di undervoltage (dibawah margin kestabilan)

4. Perbandingan Maksimal Daya Mampu Pembebanan a. Simulasi Dinamik GI Alas 2
 GI Alas 2, GH Alas, dan GH Utan



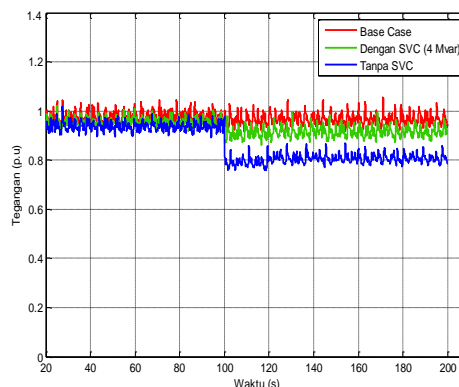
Gambar 15. Perbandingan Daya Mampu Pembebanan Bus GI Alas 2, GH Alas, GH Utan

Pada gambar 15 perbandingan antara hasil simulasi tanpa SVC dan dengan SVC telah dibuat dan diamati bahwa dengan penggunaan SVC batas pembebanan telah ditingkatkan. Pada Bus GI Alas 2 terjadi peningkatan daya mampu pembebanan sebesar 10,61 MW, GH Alas 6,73 MW, dan GH Utan sebesar 4,7 MW sebelum masuk ke kondisi voltage collapse. Pada saat yang sama, setelah menempatkan perangkat SVC pada bus GI Alas, kestabilan tegangan meningkat, ini dibuktikan dari grafik P-V pada Gambar 10,12, dan 14. Perubahan level tegangan di bawah kondisi pasca gangguan dapat ditingkatkan dengan menggunakan perangkat SVC dengan menginjeksi daya reaktif pada Bus GI Alas 2 sehingga mempertahankan tegangan bus pada tingkat yang diinginkan dan dengan demikian meningkatkan margin kestabilan tegangan.

3.3. Simulasi Kestabilan Tegangan Dinamik

Untuk menilai stabilitas tegangan dinamis di lokasi yang menjadi perhatian serius bagi penyedia tenaga listrik, stabilitas tegangan dinamis akan dibagi menjadi 3 skenario kondisi. Pertama, kondisi operasi normal, kedua dan ketiga adalah kondisi kasus pemutusan saluran secara tiba-tiba dari GI Alas 1 sisi 70 kV tanpa menggunakan SVC dan dengan menggunakan SVC. Dalam hal ini, pemutusan saluran diasumsikan terjadi pada saat $t = 100$ detik setelah simulasi dimulai. Simulasi dilakukan selama 200 detik setelah gangguan.

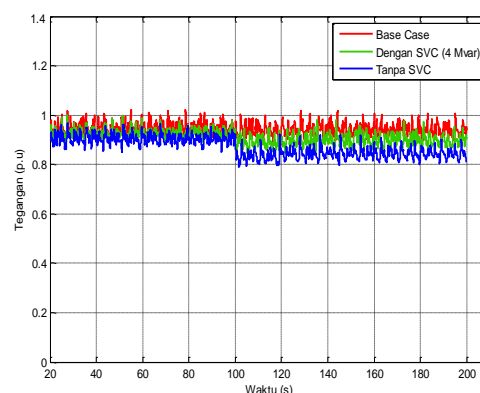
Hasil simulasi akan dibandingkan dalam satu grafik untuk mengevaluasi bagaimana tegangan bus sistem merespon gangguan menggunakan SVC dan tanpa SVC



Gambar 16. Respon Tegangan Dinamik GI Alas 2

Gambar 16 adalah respon tegangan pada bus GI Alas 2, hasil simulasi menunjukkan kontribusi nyata dari perangkat SVC. Terlihat pada kondisi operasi normal (Jalur Merah) tanpa terjadi skenario pemutusan saluran, level tegangan bus dapat dipertahankan. Sedangkan pada skenario terjadi gangguan tanpa pemasangan SVC dan dengan pemasangan SVC, Telah diamati dari grafik dan menunjukkan ketika pemutusan saluran terjadi pada saat detik ke 100 tanpa SVC (garis biru), tegangan pada bus GI Alas 2 mengalami penurunan dibawah level tegangan karena defisit daya reaktif yang signifikan. Sedangkan dengan menggunakan SVC (garis hijau) pada grafik, kestabilan tegangan pada bus GI Alas 2 mengalami peningkatan yang cukup signifikan karena bertambahnya cadangan daya reaktif dari SVC. Akibatnya performansi dan kestabilan tegangan sistem Sumbawa setelah terjadi gangguan dengan menggunakan SVC mengalami peningkatan.

b. Simulasi Dinamik GH Alas

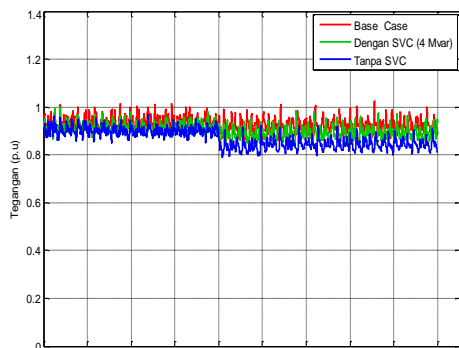


Gambar 17. Respon Tegangan Dinamik GH Alas

Telah diamati, grafik pada gambar 17 menunjukkan respon tegangan dari GH Alas, Ketika pemutusan saluran terjadi pada saat 100 detik tanpa SVC (garis biru), respon tegangan pada bus GH Alas

mengalami penurunan akibat kurangnya pasokan daya reaktif pada bus sistem tersebut. Sedangkan dengan SVC (garis hijau) pada grafik, kestabilan tegangan meningkat diatas level tegangan sebelum menggunakan SVC. Ini dicapai dengan tambahan reaktif injeksi daya oleh SVC di Bus GI Alas 2

c. Simulasi Dinamik GH Utan



Gambar 18. Respon Tegangan Dinamik GH Utan

Telah diamati, grafik pada gambar 18 menunjukkan peningkatan kestabilan tegangan ketika pemutusan saluran terjadi pada saat 100 detik. Hasil simulasi didapatkan bahwa tanpa menggunakan SVC (garis biru) dan dengan menggunakan SVC (Garis Hijau) tegangan pada bus GH Utan meningkat.

4. Kesimpulan

Dalam penelitian Implementasi SVC Untuk Meningkatkan Kestabilan Tegangan Pada Sistem Kelistrikan Sumbawa ini, menggunakan perangkat lunak Digsilent Powerfactory dan metode analisis kurva PV digunakan untuk menganalisis margin kestabilan tegangan pada bus sistem. Hasil simulasi menunjukkan terjadi peningkatan profil tegangan setelah menghubungkan SVC (4 Mvar) di Bus GI Alas 2. Perbandingan hasil simulasi tanpa SVC dan dengan SVC telah dilakukan dan diamati bahwa dengan menggunakan SVC telah menunjukkan adanya perbaikan peningkatan profil tegangan di GI Alas 2, GH Alas, dan GH Utan. Profil tegangan bus GI Alas 2 telah ditingkatkan dari 0.815 p.u menjadi 0.98 p.u. Untuk GH Alas meningkat dari 8.30 p.u menjadi 0.96 p.u, dan GH Utan meningkat dari 0.879 p.u ke 0.961 p.u setelah pemasangan SVC. Hasil analisis kestabilan statik kurva PV pada grafik 11, 13, 15 menunjukkan margin kestabilan tegangan dan batas daya mampu pembebanan pada bus GI Alas 2, GH Alas, dan GH Utan mengalami peningkatan. Untuk GI Alas 2 tanpa SVC didapatkan total daya pembebanan di 7,22 MW dan 17,83 MW setelah menggunakan SVC. Untuk GH Alas di 4,51 MW tanpa SVC dan 11,24 MW dengan SVC, demikian juga di GH Utan didapatkan hasil total daya beban tanpa SVC di 4,7 MW dan dengan SVC di 9,4 MW. Hasil dari simulasi dinamik juga didapatkan mengalami peningkatan margin tegangan di

9 % untuk GI Alas 2, 7% untuk GH Alas, dan 6% GH Utan sebelum dan sesudah pemasangan SVC.

Daftar Rujukan

[1] N. P. Ghusha and U. A. Jawadekar, "Enhancement of Power System Stability Using Static Var Compensator (SVC)," *Int. J. Ind. Electron. Electr. Eng. Dep. Electr. Eng. SSGMCE, Shegaon.*, vol. 5, no. 8, pp. 25–30, 2017.

[2] S. I. Adikunle, "a New Voltage Stability Index for Predicting Voltage Collapse in Electrical Power System Networks," *Dep. Electr. Inf. Eng. Eng. Covenant Univ. Ota, Niger.*, vol. 15, pp. 274–282, 2020.

[3] S. Do Nascimento and M. M. Gouvêa, "Voltage Stability Enhancement in Power Systems with Automatic Facts Device Allocation," *Energy Procedia*, vol. 107, no. September 2016, pp. 60–67, 2017, doi: 10.1016/j.egypro.2016.12.129.

[4] N. Hatziargyriou *et al.*, "Definition and Classification of Power System Stability - Revisited & Extended," *IEEE Trans. Power Syst.*, vol. 36, no. 4, pp. 3271–3281, 2021, doi: 10.1109/TPWRS.2020.3041774.

[5] F. O. Igbinoia, G. Fandi, J. Svec, Z. Muller, and J. Tlustý, "Comparative review of reactive power compensation technologies," *Proc. 2015 16th Int. Sci. Conf. Electr. Power Eng. EPE 2015*, pp. 2–7, 2015, doi: 10.1109/EPE.2015.7161066.

[6] A. K. Rawat, "Reactive Power Compensation in Single Phase Distribution System using SVC , STATCOM & UPFC," *Int. Res. J. Eng. Technol.*, vol. 04, no. 09, 2017.

[7] B. B. Adetokun and C. M. Muriithi, "Application and control of flexible alternating current transmission system devices for voltage stability enhancement of renewable-integrated power grid: A comprehensive review," *Heliyon*, vol. 7, no. 3, p. e06461, 2021, doi: 10.1016/j.heliyon.2021.e06461.

[8] W. S. Samsudin, "Studi pengaruh pemasangan static bar compensator terhadap aliran daya dan tegangan subsistem Balaraja interbus transformer 1&2," Institut Teknologi PLN, 2020.

[9] M. Shabir, S. Nawaz, and A. Vijayvargiya, *Voltage stability enhancement using svc in pscad software*, vol. 661. Springer Singapore, 2021.

[10] R. Sahputra, "Analisis Penempatan Static Var Compensator (SVC) Pada Sistem Interkoneksi Sumut-Aceh 150 Kv Menggunakan Metode Bus Participation Factor," *Jur. Tek. Elektro Fak. Tek. Syiah Kuala*, vol. 7, 2010.