

IMPLEMENTASI SVC UNTUK MENINGKATKAN KESTABILAN TEGANGAN STATIK PADA SISTEM KELISTRIKAN BALI 150 KV

¹ Maxi Dwi Atmanto, ² Abraham Lomi, ³ Awan Uji Krismanto

^{1,2,3} Teknik Elektro S1 ITN Malang, Malang, Indonesia

¹maxidwiatmanto96@gmail.com, ²abraham@lecturer.itn.ac.id, ³awan_uji_krismanto@lecturer.itn.ac.id

Abstrak— Kestabilan sistem tenaga merupakan prihal penting dalam pengoperasian sistem tenaga. Sistem tenaga listrik dioperasikan dengan tujuan mendapat keluaran daya yang maksimal, pada saluran yang dapat dipertahankan dengan nilai losses yang rendah. Mempertahankan nilai tegangan dibutuhkan nama nya peralatan yang mampu mendukung daya reaktif seperti fixed capacitor dan flexible AC transmission system (FACTS). Dalam penelitian ini dilakukan perbandingan kurva p-v sebelum dan sesudah menggunakan SVC didapatkan hasil Profil Tegangan sistem dengan running load flow skala pembeban 80% mengalami overvoltage sampai 1.06 p.u dan skala pembeban 120 % mengalami undervoltage 0.92 p.u dalam kondisi sistem normal. Total beban didapatkan 1388,20 dan daya reaktif 334,78 Mvar dalam kondisi normal. Setelah dipasang SVC didapatkan total daya beban 1690,48 MW dan daya reaktif 407,68 Mvar serta profil tegangan mengalami kenaikan sebesar 0.1 - 0.6 p.u atau 1% - 6% dari kondisi normal sistem

Kata Kunci: Load Flow, SVC, Kurva P-V

I. PENDAHULUAN

Kestabilan sistem tenaga merupakan prihal penting dalam pengoperasian sistem tenaga. Sistem tenaga listrik dioperasikan dengan tujuan mendapat keluaran daya yang maksimal, pada saluran yang dapat dipertahankan dengan nilai losses yang rendah. Mempertahankan nilai tegangan dibutuhkan nama nya peralatan yang mampu mendukung daya reaktif seperti *fixed capacitor* dan *flexible AC transmission system* (FACTS). Perubahan daya reaktif pada sistem dapat mempengaruhi kestabilan tegangan pada bus sistem yang terhubung, adanya rugi-rugi saluran karena jarak pembangkit dan beban yang jauh serta pembebanan maksimal. Peningkatan aktifitas masyarakat berpengaruh dengan penggunaan listrik sehari-hari. Adanya perangkat modern yang dapat mendukung permasalahan yaitu FACTS dalam mempertahankan profil tegangan dengan aturan SPLN No.72 tahun 1978 tegangan lebih tinggi (+5%) dan lebih rendah (- 10%). Dengan adanya FACTS dapat mengontrol keluaran daya reaktif yang dibutuhkan oleh sistem atupun

menyerap daya reaktif yang tidak dibutuhkan oleh sistem agar tidak terjadinya transient over voltage (TOV). Fix capacitor dapat mendukung drop tegangan dengan injeksi daya reaktif, namun nilai keluaran dari fix capacitor bersifat tetap, dapat berpengaruh dengan daya reaktif yang bila tidak dibutuhkan akan terus di injeksi ke sistem.

SVC merupakan salah satu perangkat FACTS yang dapat digunakan dalam mengkompensasi daya raktif dan meningkatkan stabilitas tegangan. Salah satu kemampuan yang cepat bertindak dalam mendukung tegangan akibat terjadinya peristiwa kontingensi. TCR (Thyristor Control Reactor) merupakan salah satu jenis dari SVC (Static Var Compensator) yang dapat menaikkan tegangan dan menurunkan tegangan dengan mengatur reactor yang ada pada TCR. TCR dipasang secara paralel pada bus beban sistem serta filter circuit (FC) yang digunakan sebagai peredam harmonisa dari TCR serta menginjeksikan daya reaktif [1],[2].

Adapun rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh SVC dalam memperbaiki profil tegangan?
2. Dimana lokasi penempatan SVC yang tepat?

Tujuan dan manfaat

Tujuan yang diinginkan sebagai berikut:

3. Mengetahui pengaruh dari penggunaan SVC
4. Mengetahu Fungsi SVC dalam memperbaiki profil tegangan
5. Menganalisa pengaruh SVC sebelum dan sesudah pemasangan

II. KAJIAN PUSTAKA

A. Kestabilan Tegangan

Kestabilan tegangan berkaitan dengan kemampuan sebuah sistem tenaga listrik dalam mempertahankan tegangan di setiap bus pada kondisi normal setelah terjadinya

gangguan [3]. Stabilitas yang dipertahankan sangat sensitif dari penggunaan beban dan jarak saluran transmisi. Pembebanan yang maksimal mempengaruhi kemampuan sistem dalam suplai daya ke beban [4]. Stabilitas tegangan sangat berpengaruh pada nilai P dan Q, jumlah beban yang harus disesuaikan berkaitan dengan daya reaktif dan tegangan

B. Studi Aliran Daya

Analisis aliran beban merupakan analisa yang sangat penting dalam setiap sistem tenaga untuk menganalisis aliran daya. Aliran beban studi terdiri dari seperangkat persamaan non-linier untuk dianalisis parameter sistem tenaga yang berbeda Berdasarkan rumus KCL daya aktif dan reaktif pada bus i memiliki persamaan dan dapat ditulis sesuai gambar 1 [5]:

$$P_{G,i} = P_{L,i} + P_{T,i} \quad (1)$$

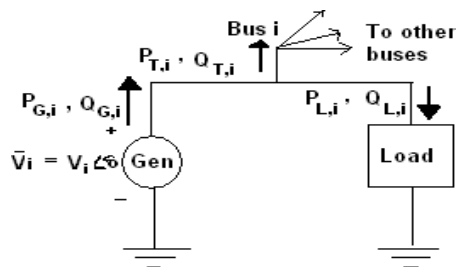
$$Q_{G,i} = Q_{L,i} + Q_{T,i} \quad (2)$$

G = Generator, "L" = Beban,

T = Jaringan Transmisi

P_T = Daya Aktif, Q_T = Daya Reaktif

Gambar 1 dibawah ini merupakan daya aktif dan reaktif terhadap variabel tegangan dan admitansi jaringan. (Persamaan 1 dan 2)



. Gambar 1. Load Flow

$$P_{T,i} = \sum_{j=1}^n V_i V_j Y_{ij} \cos(\delta_i - \delta_j - \gamma_{ij}) \quad (3)$$

$$Q_{T,i} = \sum_{j=1}^n V_i V_j Y_{ij} \sin(\delta_i - \delta_j - \gamma_{ij}) \quad (4)$$

($i=1,2,3, \dots, N$)

N = Nomor dari bus, Y_{ij} = admitansi ith dan jth bus

γ_{ij} = Sudut pada admintansi γ_{ij}

Persamaan (5) & (6) diperoleh dengan mensubstitusi persamaan (3) dalam (1) dan persamaan (4) dalam (2)

Dibawah ini:

$$P_{G,i} - P_{L,i} - \sum_{j=1}^n V_i V_j Y_{ij} \cos(\delta_i - \delta_j - \gamma_{ij}) = P_i(\tilde{V}, \tilde{\delta}) = P_i = 0 \quad (5)$$

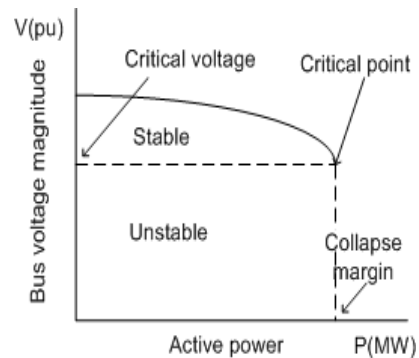
$$Q_{G,i}(\tilde{V}, \tilde{\delta}) - P_i = 0 \quad (6)$$

Maka untuk Sistem bus "N" akan ada persamaan non linier "2N". Ini persamaan diselesaikan menggunakan metode Newton- Raphson.

C. Kurva P – V

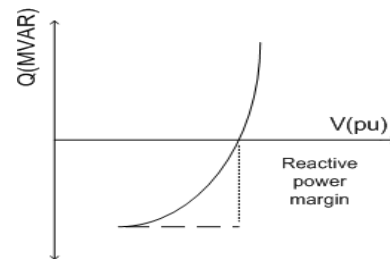
Metode ini digunakan untuk analisa kestabilan, pembebanan di plotkan pada sumbu x-axis dan y-

axis adalah tegangan, kurva ini menunjukkan tegangan kritis akibat permintaan beban yang terus menerus bertambah menyebabkan ketidak stabilan pada sistem. Kurva P-V berguna untuk menentukan berapa banyak beban pelepasan harus dilakukan untuk membangun jaringan yang stabil bahkan dengan peningkatan daya reaktif maksimum pasokan dari berbagai switching kapasitor otomatis atau kondensor. Tegangan sistem selalu di atas kritis titik untuk sistem yang stabil. Tegangan lebih rendah dari tegangan kritis maka sistem akan menjadi tidak stabil yang ditunjukkan di bawah ini [6]:



Gambar 2. Kurva P-V

D. Kurva Q-V



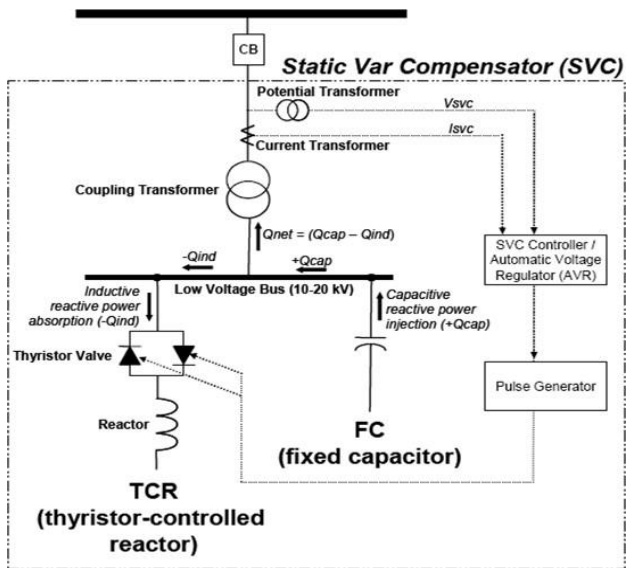
Gambar 3. Kurva Q-V

Kurva QV merupakan metode yang digunakan untuk menemukan sistem yang tidak stabil. Analisa QV berkaitan dengan daya reaktif dan tegangan bus yang sensitif serta variasi margin beban yang berbeda. Pada analisa ini kita akan menemukan kebutuhan daya reaktif maksimum yang dibutuhkan oleh bus lemah sebelum mencapai batas tegangan minimum yang di ijinakan. Bila sensitifitas QV bernilai positif disetiap bus maka sistem stabil, bila bernilai negatif kurang dari satu bus maka sistem dianggap tidak stabil.

E. Pemodelan SVC

SVC adalah susceptansi shunt terkontrol (B) sebagaimana ditentukan oleh pengaturan kontrol yang menginjeksikan daya reaktif (Q) ke sistem berdasarkan kuadrat tegangan terminalnya. Gambar 13 menunjukkan SVC TCR, termasuk konsep operasionalnya. Tujuan kontrol SVC adalah untuk mempertahankan tegangan yang diinginkan pada bus tegangan tinggi. Dalam kondisi-mapan, SVC akan memberikan kontrol tegangan pada kondisi-mapan untuk mempertahankannya pada bus

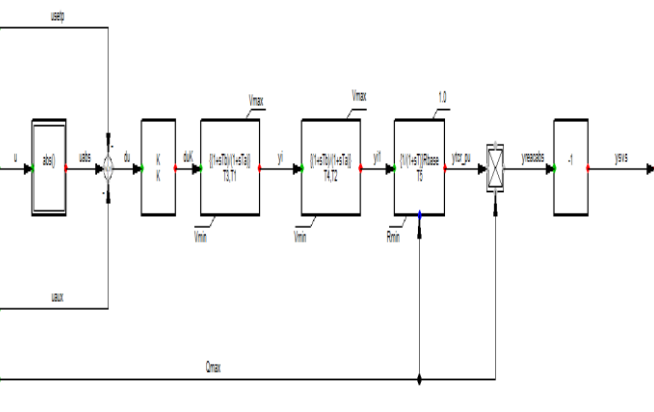
tegangan tinggi pada level yang ditentukan sebelumnya. Jika bus tegangan tinggi mulai turun di bawah kisaran titik setelnya, SVC akan menyuntikkan daya reaktif (Q_{net}) ke sana dengan meningkatkan tegangan bus kembali ke jangsan [7].



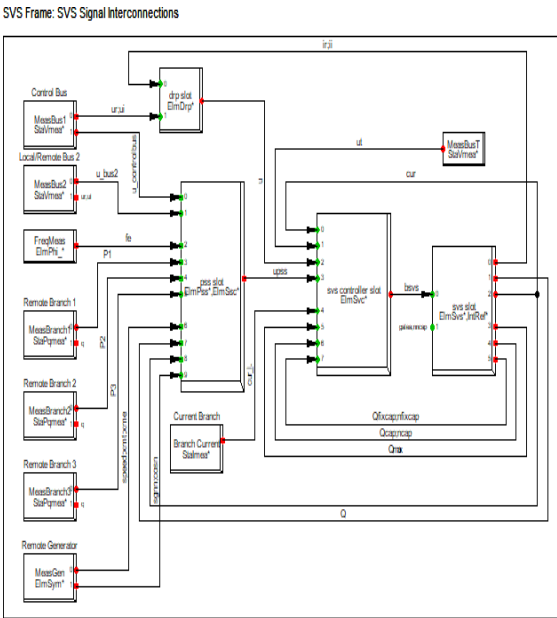
Gambar 4. Pemodelan SVC

F. Block Diagram SVC

Diagram dibawah ini merupakan pengontrol TCR dan Fixed Capacitor dari software *DIgSILENT*.

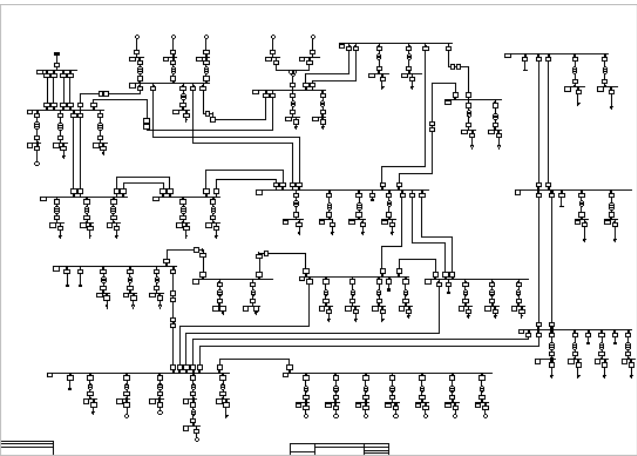


Gambar 5. Controlling SVC DIgSILENT



III. METODOLOGI PENELITIAN

Single Line Diagram DIgSILENT



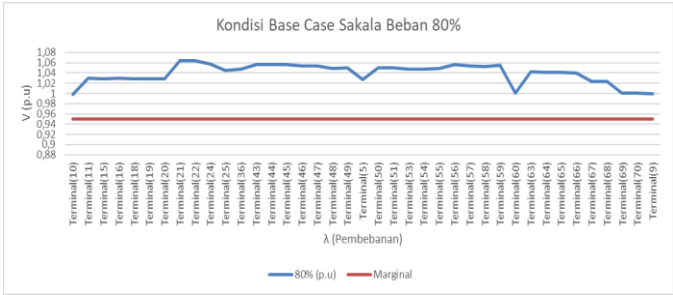
IV. SIMULASI DAN ANALISA

Bagian ini mengulas tentang simulasi dan Analisa yang anda lakukan. Jelaskan dengan detail langkah-langkah anda yang anda kerjakan, beri tanggapan terkait hasil yang anda peroleh. Jangan lupa berikan analisa ilmiah terkait kegiatan penelitian yang anda lakukan.

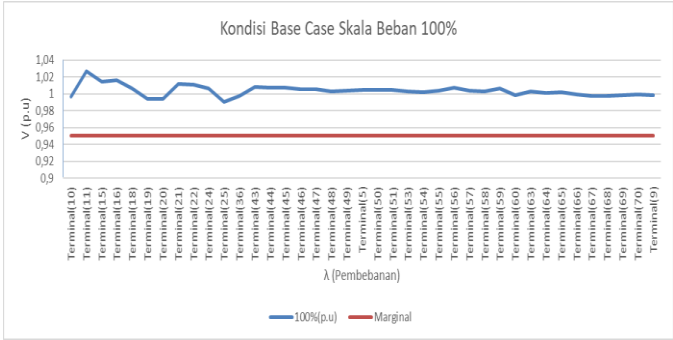
Running Load Flow

Dalam menganalisa profil tegangan dengan pemodelan single line diagram yang digambar pada software *DIgSILENT* powerfactory. Dari hasil *load flow* yang telah di peroleh maka didapat parameter adalah kondisi profil tegangan, terdapat beberapa skenario dilakukan yaitu dengan melakuakn load scaling pada semulasi dengan percobaan 80% - 120% bertujuan untuk mengetahui skala pembeban

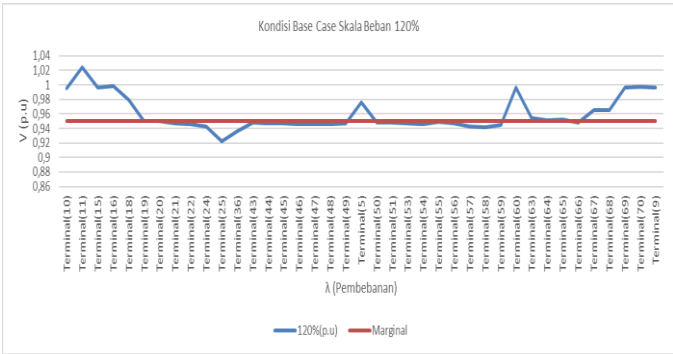
sistem sebelum dilakukan analisa kurva PV. Didapatkan analisa load flow seperti gambar dibawah ini:



Gambar 9. Load Scaling 80%



Gambar 10. Load Scaling 100%

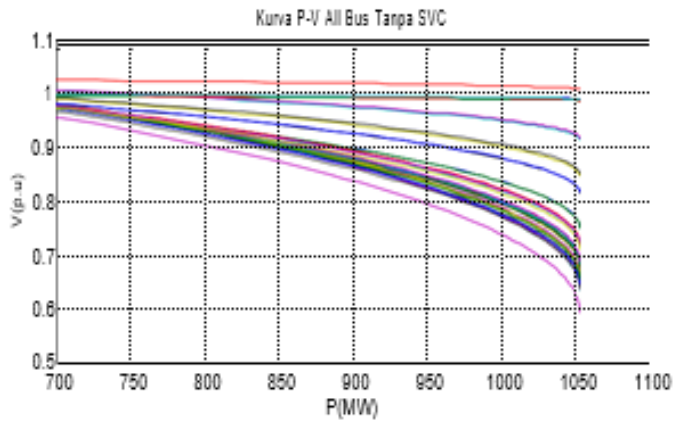


Gambar 11. Load Scaling 120%

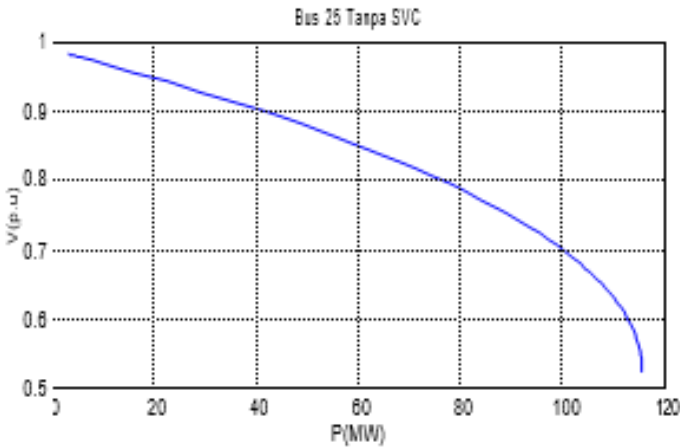
Gambar diatas merupakan percobaan dalam kondisisistem normal dengan 3 skenario skala pembeban menggunakan metode *newton-raphson* dengan perhitungan iterasi sebanyak 4 kali, sistem stabil dalam keadan skala pembeban 100%, dengan total beban 868,30 MW dan daya reaktif 209,40 Mvar serta daya reaktif yang diinjeksikan capacitor bank sebesar 406,8 Mvar. Keadaan skala pembebanan 80% dan 120% tidak stabil dikarenakan pembenan yang kurang mengakibatkan over voltage pada skala pembeban 80% sekitar 1.06 p.u dan pembebanan yang lebih pada skala pembebanan 120% mengakibatkan under voltage pada bus bar beban sekitar 0.92 p.u sehingga membutuhkan tambahan daya reaktif dan menyerap daya reaktif.

Analisa voltage static stability

Analisa stabilitas statik tegangan dengan metode kurva P-V bertujuan untuk mengetahui batas puncak sistem, dengan cara menambah beban secara *continue* hingga mencapai batas pembebanan yang dapat menyebabkan *voltage colapse*. Hal ini dilakukan untuk mengetahui batas kemampuan sistem ketika adanya penambahan beban.



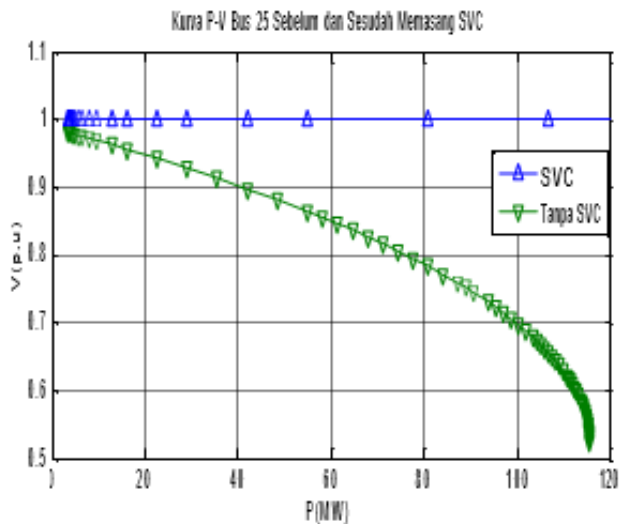
Gambar 12 Grafik P-V Curve Tanpa SVC



Gambar 13 Grafik Bus Bar 25

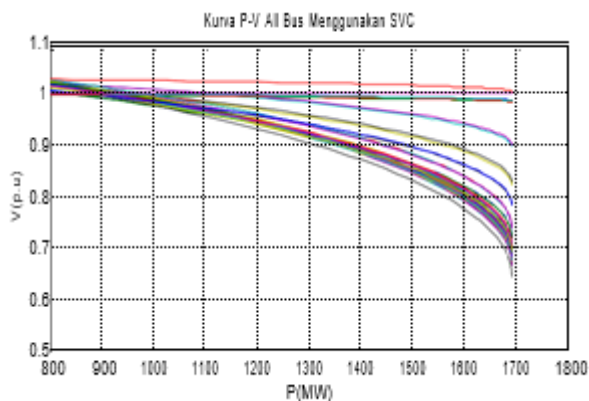
Grafik diatas menunjukkan penambahan beban yang secara terus menerus bertambah dengan analisa kurva p-v untuk mengetahui bus bar beban yang mengalami under voltage. Didapatkan bus bar yang mengalami under voltage pada Terminal 25 dengan tegangan mencapai 0,525601 p.u.

Sesuai dengan studi kasus yang dilakukan yaitu pemasangan SVC pada weakest bus yang membutuhkan bantuan daya reaktif dalam bentuk *TCR* dan *Fixed capacitor*.



Gambar 14 Grafik Perbandingan Bus Bar 25

Pemasangan SVC di tempatkan pada bus bar 25 dengan daya reaktif yang di injeksi dan diasumsikan berdasarkan setingan bawaan *software DigSILENT* dengan maksimal daya reaktif yang dibutuhkan sistem sebesar 584,6 Mvar. Jumlah daya reaktif yang dibutuhkan cukup besar dikarenakan sistem yang kompleks membutuhkan daya reaktif yang maksimal dan menjadikan tegangan yang berlokasi penempatan SVC yang sebelum nya 0,525601 p.u. menjadi 1 p.u.



Gambar 15 Grafik Pengaruh SVC Terhadap All Bus

Dilakukan analisa kurva p-v pada seluruh bus baryang telah di pasang SVC pada bus bar 25 untuk mengetahui dampak dari pemasangan SVC. Didapatkan peningkatan profil tegangan dari setiap bus bar sebesar 0.1 - 0.6 p.u atau 1% - 6% dari kondisi normal sistem. Didapatkan hasil ketika pembebanan sistem secara *continue* dalam keadaan normal total daya beban 1388,20 MW dan daya reaktif 334,78 Mvar, losses yang didapatkan sebesar 244,72 MW dan daya reaktif 862,24 Mvar. Setelah dipasngkan SVC total daya beban 1690,48 MW dan daya reaktif 407,68 Mvar, losses yang didapatkan sistem sebesar 422,57 MW dan daya

reaktif 1552,58 Mvar. Terdapat perbedaan daya reaktif pada kondisi normal sampai 50% setelah Menggunakan SVC.

V. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian didapatkan beberapa poin yaitu:

1. Profil Tegangan sistem dengan *running load flow* skala pembeban 80% mengalami overvoltage sampai 1.06 p.u dan skala pembeban 120 % mengalami undervoltage 0.92 p.u dalam kondisi sistem normal
2. Perbandingan grafik P-V sebelum dan sesudah menggunakan SVC, didapatkan total beban 1388,20 MW dan daya reaktif 334,78 Mvar dalam kondisi normal. Setelah dipasangkan SVC didapatkan total daya beban 1690,48 MW dan daya reaktif 407,68 Mvar serta profil tegangan mengalami kenaikan sebesar 0.1 - 0.6 p.u atau 1% - 6% dari kondisi normal sistem.
3. Dapat diketahui pemasangan SVC pada lokasi yang membutuhkan daya reaktif, dapat mengkompensasi daya reaktif yang dibutuhkan oleh sistem dan memberikan dampak bagi sistem sebelum terjadinya

VI. DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. S. Virk and V. K. Garg, "Power System Stability Improvement of Long Transmission Line System by Using Static Var Compensator (SVC)," *power*, vol. 3, no. 5, pp. 1-3, 2013.
- [2] F. Ditya, "Implementasi Statcom Untuk Meningkatkan Kestabilan Tegangan Pada Sistem 150kv Pt. Pln Sulselbar (Sulawesi Selatan Dan Barat)." Institut Teknologi Nasional Malang, 2019.
- [3] R. S. Ruzi, "Analisis dan Evaluasi Kestabilan Tegangan dengan Metode Continuation Power Flow (CPF) pada Sistem Microgrid." Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2016.
- [4] K. Ramadhan, K. Yonathan, I. M. Ardita, F. H. Jufri, and A. R. Utomo, "Voltage Stability Improvement Using Load Shedding and Static VAR Compensator (SVC): Study Case of Senayan-Sambas Power System," in *2019 IEEE International Conference on Innovative Research and Development (ICIRD)*, 2019, pp. 1-5.
- [5] R. Jena, S. Chirantan, S. C. Swain, and P. C. Panda, "Load flow analysis and optimal allocation of SVC in nine bus power system," in *2018 Technologies for Smart-City Energy Security and Power (ICSESP)*, 2018, pp. 1-5.
- [6] N. Manjul and M. S. Rawat, "PV/QV Curve based Optimal Placement of Static Var System in Power Network using DigSilent Power Factory," in *2018 IEEE 8th Power India International Conference (PIICON)*, 2018, pp. 1-6.
- [7] I. A. Nassar, M. S. Seif, and M. M. Elattar, "Improving the voltage quality of Abu Hummus network in Egypt.," *Int. J. Electr. Comput. Eng.*, vol. 10, 2020.