

IMPLEMENTASI STATCOM UNTUK MENINGKATKAN KESTABILAN TEGANGAN PADA SISTEM 150KV PT.PLN SULSELBAR (SULAWESI SELATAN DAN BARAT)

Fuad Ditya, Awan Uji Krismanto
Institut Teknologi Nasional, Malang, Indonesia
Email : fuadditya27@gmail.com

Abstrak

Kestabilan tegangan adalah suatu kemampuan dari sistem tenaga untuk mempertahankan nilai tegangan terhadap perubahan titik operasi dan gangguan-gangguan di sistem tenaga. Hal yang sering terjadi penambahan beban besar serta terjadi gangguan-gangguan yang mempengaruhi kondisi kestabilan tegangan. Untuk mengatasi kestabilan tegangan akibat perubahan titik operasi dan gangguan-gangguan di sistem perlu adanya peralatan kompensator, seperti *Capasitor* dan STATCOM. *Capasitor* dapat meningkatkan profil tegangan tetapi *fix capasitor* memiliki nilai yang *fix* sehingga dapat berpotensi menyebabkan *overvoltage*, permasalahan tersebut dapat di atasi dengan penggunaan peralatan *fact devices* yaitu STATCOM. STATCOM mempunyai kelebihan yaitu menghasilkan nilai harmonik yang kecil dan nilai tegangan AC yang terkendali sebagai *outputnya* karena STATCOM memiliki kemampuan menyalurkan daya reaktif induktif dan reaktif kapasitif sehingga tidak terjadi kenaikan atau penurunan tegangan saat terjadi kenaikan beban dan pelepasan beban. Pada penelitian menggunakan studi kasus jaringan PT PLN Sulselbar menggunakan metode analisis kestabilan tegangan statis dan analisis kestabilan dinamis

Kata kunci Stabilitas Tegangan, Analisis Statis, Analisis Dinamis dan STATCOM

I. PENDAHULUAN

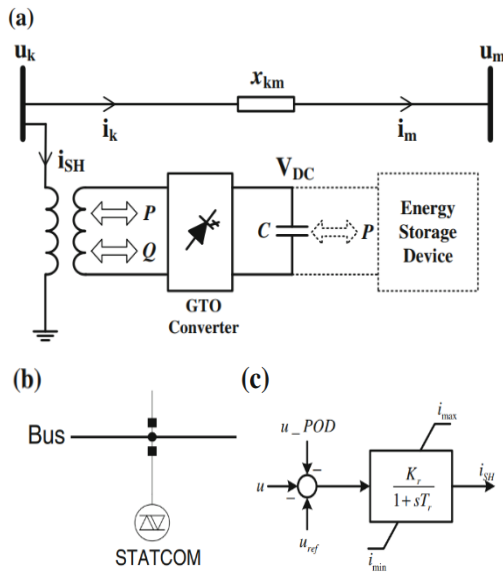
Stabilitas tegangan adalah faktor utama pada dari kualitas daya. Hal yang sering terjadi penambahan beban besar serta terjadi gangguan-gangguan yang mempengaruhi kondisi kestabilan tegangan. Untuk mengatasi kestabilan tegangan akibat perubahan titik operasi dan gangguan-gangguan di sistem perlu adanya peralatan kompensator, seperti *capasitor* dan STATCOM. *Capasitor* dapat meningkatkan profil tegangan tetapi *fix capasitor* memiliki nilai yang *fix*

sehingga dapat berpotensi menyebabkan *overvoltage*, permasalahan tersebut dapat di atasi dengan penggunaan peralatan *fact devices* yaitu STATCOM, *static synchronous compensator* atau STATCOM dilihat yang paling memadai karena dapat memasuk daya reaktif yang dibutuhkan, untuk memperbaiki perubahan tegangan yang bermasalah dan meningkatkan stabilitas sistem. STATCOM dikategorikan sebagai teknologi dalam bidang kompensator daya reaktif. STATCOM mempunyai kelebihan yaitu menghasilkan nilai harmonik yang kecil dan nilai tegangan AC yang terkendali sebagai *outputnya* karena STATCOM memiliki kemampuan menyalurkan daya reaktif induktif dan reaktif kapasitif sehingga tidak terjadi kenaikan atau penurunan tegangan saat terjadi kenaikan beban dan pelepasan beban. Penelitian ini dilakukan analisis kestabilan tegangan statis terhadap kurva P-V dan kurva Q-V. Serta analisis kestabilan dinamis dengan transient *time domain simulation* dengan kasus gangguan hunung singkat 3 fasa dan penambahan beban pada bus.

II. PEMODELAN STATIC SYNCHRONOUS COMPENSATOR (STATCOM)

STATCOM dikategorikan sebagai teknologi baik dalam bidang kompensator daya reaktif. STATCOM mampu menghasilkan nilai harmonik yang kecil dan nilai tegangan AC yang terkendali sebagai *outputnya*. Nilai-nilai tersebut dapat mempengaruhi nilai-nilai daya reaktif. Selain itu STATCOM juga mampu berfungsi untuk mengkompensasi beberapa masalah lain seperti flicker, impedansi hantaran pada sistem transmisi, dan perbedaan sudut fasa. Kendali daya reaktif oleh STATCOM[1]. STATCOM dimodelkan dalam DIFILENT PowerFactory melalui suatu elemen perpustakaan yang disebut Static Generator

ElmGenstat . Generator statis adalah sebuah item sangat mudah digunakan, yang aplikasinya bisa sebagai kompensator daya reaktif



Gambar 2.1 Implementasi STATCOM:a. skema konektivitas, b. implementasi di PowerFactory, c. diagram blok control [1].

STATCOM beroperasi sebagai sumber daya reaktif terkontrol (juga memungkinkan untuk bertukar daya aktif menggunakan perangkat penyimpanan energi, tetapi operasi ini adalah tidak dipertimbangkan dalam implementasi yang disajikan). Fitur utama STATCOM adalah untuk memberikan dukungan tegangan tanpa menggunakan kapasitor bank besar dan reaktor dalam.STATCOM dapat menghasilkan tegangan sinkron di terminalnya menggunakan konverter GTO dan penyimpanan energi arus searah (DC). Dengan demikian, STATCOM memiliki kemampuan untuk mengendalikan ini arus kapasitif atau arus induktif terlepas dari tegangan sistem Gambar 2.1 a menggambarkan skema ilustrasi dasar STATCOM, sedangkan Gambar 2.1 b menunjukkan implementasi di PowerFactory. Ketika tegangan bus di bawah tegangan referensi, STATCOM akan menyerap arus yang mengarah ke tegangan 90° . Dengan cara ini, STATCOM menyuntikkan daya reaktif ke dalam jaringan untuk meningkatkan tegangan, menghadirkan perilaku kapasitif. Di sisi lain, ketika tegangan bus di atas tegangan referensi, STATCOM harus menyerap arus yang tertinggal tegangan 90° . Jadi, STATCOM mengkonsumsi daya reaktif dari jaringan untuk mengurangi tegangan bus. Di dalam kasus, STATCOM menyajikan perilaku induktif.

Dalam hal ini, pengontrol STATCOM sederhana digunakan untuk menggambarkan prosedur

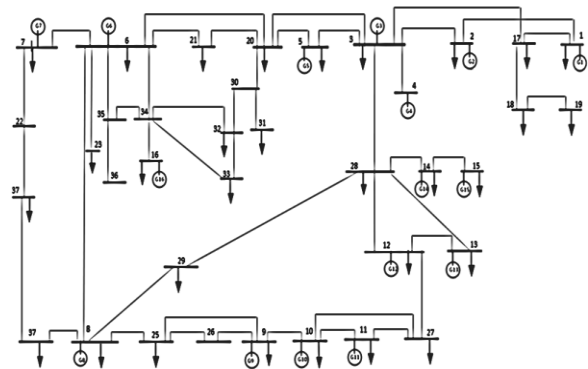
termasuk model dalam PowerFactory DIgSILENT. Gambar 2.1 c menunjukkan pengontrol yang digunakan untuk memodelkan kinerja dinamis STATCOM. Ini kontroler sederhana . Dimana K_r adalah gain pengontrol, T_r adalah konstanta waktu tunda pengontrol, u_{POD} adalah sinyal output dari POD, u_{ref} adalah tegangan referensi pengontrol, u adalah tegangan bus yang dikendalikan, i_{SH} adalah arus yang disuntikkan oleh STATCOM di pu, dan I_{maks} dan I_{min} adalah nilai maksimum dan minimum dari arus dalam pu. Dalam kasus di mana u dan u_{ref} sama, sinyal output i_{SH} adalah nol. Ini berarti bahwa STATCOM tidak menyuntikkan, tidak mengkonsumsi arus dari jaringan, karena sistem tidak perlu dikompensasi[1].

III. METODELOGI PENELITIAN

Metodologi yang digunakan dalam pembuatan skripsi Implementasi Statcom Untuk Meningkatkan Kestabilan Tegangan Pada Sistem 150kV PT.PLN Sulselbar (Sulawesi Selatan dan Barat) adalah : Pengambilan data dalam Skripsi ini dilakukan jurnal yang sudah ada dan setelah itu Menggambar dan melakukan simulasi menggunakan data yang didapat dengan menggunakan *software DIgSILENT Power Factory 15.1 .0*. dan Melakukan *Load Flow* bertujuan untuk mengetahui Aliran daya untuk menentukan penempatan Statcom yang benar. Serta Menarik Kesimpulan dari hasil analisis data.

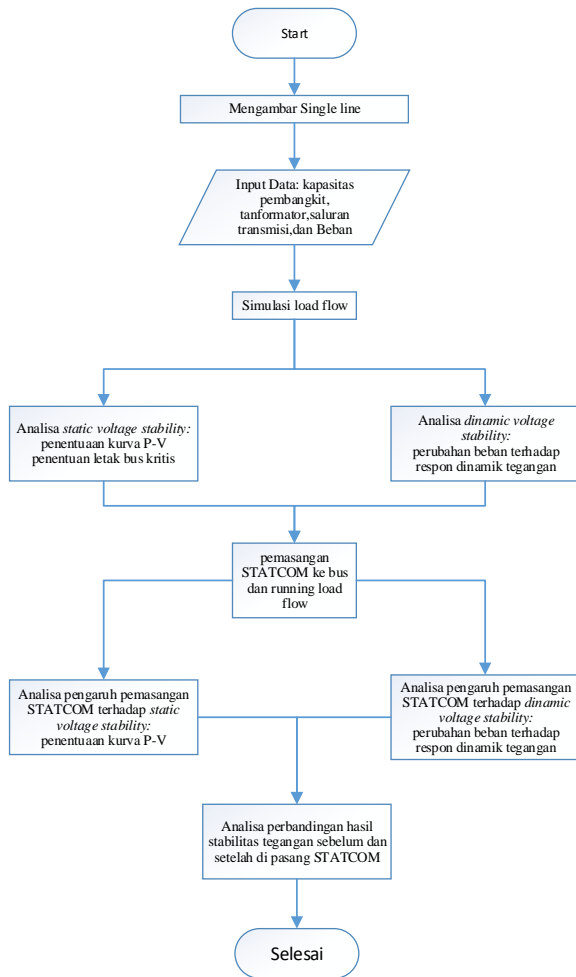
3.1 Studi Kasus

Sistem kelistrikan yang di pakai adalah sistem kelistrikan Sulselbar terdiri dari 16 unit pembangkit, yang beroperasi pada tegangan 150 kV, serta terdiri dari 37 Bus dan 48 saluran yang terhubung dengan pusat-pusat beban [6]



Gambar 3-1 Single Line diagram Sulselbar 150kv

3.2 Flowchat



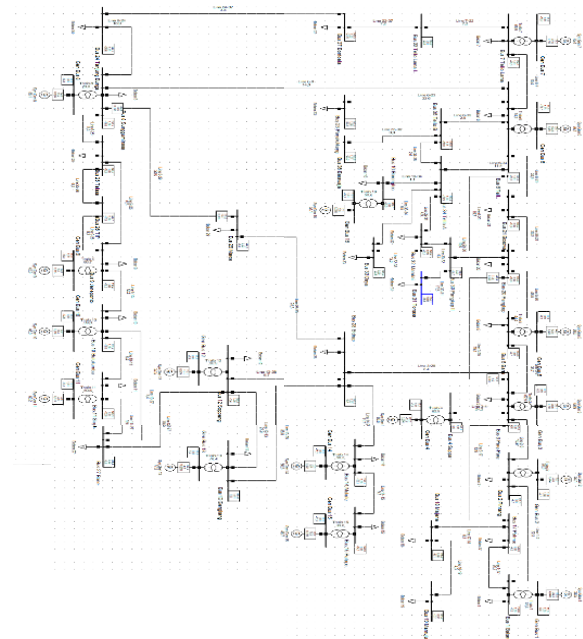
Gambar 3.2 Flowchart alir penelitian

IV. ANALISIS HASIL DAN DATA

4.1 Gambar Single line diagram jaringan Sulselbar.

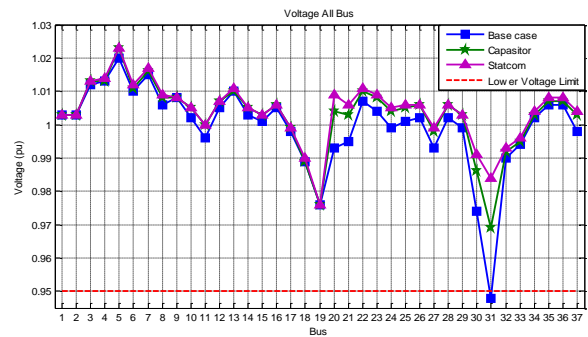
Menggambar *single line diagram* jaringan sulselbar. Setelah menggambar, dilanjutkan dengan simulasi aliran daya (*Load Flow*). Simulasi ini untuk mengetahui kondisi sitem tersebut apakah sudah baik atau belum. Berikut adalah hasil simulasi Load Flow dengan metode Newton Raphson

Pada Gambar 4.2 didapat dilihat perbandingan profil tegangan setelah di lakukan load flow pada Base Case setelah di pasang Capacitor dan setelah di pasang



Gambar 4.1 Load flow Single Line Diagram Sulselbar menggunakan Digsilent Power factory 15.1.

dapatkan hasil bahwa terdapat satu bus yang mengalami undervoltage yaitu pada bus 31 tonasa. Dan sesuai dengan metodologi penelitian ini akan mengimplementasikan STATCOM pada Bus yang kritis maka bus 31 Tonasa yang di implementasi dengan STATCOM untuk memperbaiki profil tegangan pada bus tersebut, kapasitas Statcom sebesar 15Mvar .

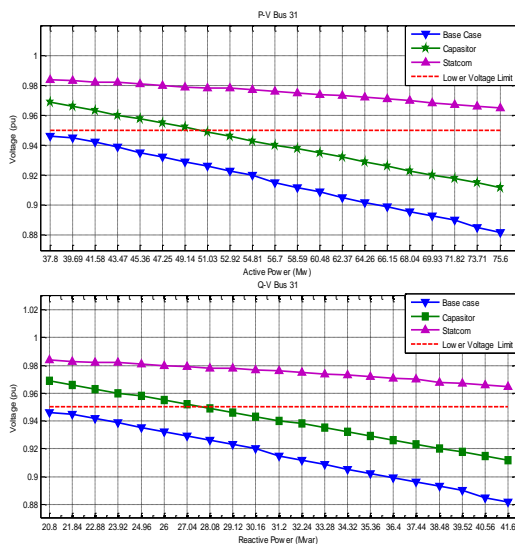


Statcom. Dari gambar tersebut dapat di lihat pada Base Case terdapat 1 bus yang mengalami undervoltage yaitu pada bus 31 Tonasa ,dan setelah di pasang

Capasitor pada bus 31 hampir semuabus mengalami kenaikan profil tegangan terutama pada Bus terdekat ,dan pada saat di pasang dengan Statcom profil tegangan juga naik tetapi kenaikan profil tegangan pada saat di pasang Statcom lebih bagus dari pada Capasitor sehingga Bus 31 tonasa tidak mengalami undervoltage lagi.

4.2 Analisis Tegangan Statis Kurva Karakteristik P-V dan Q-V

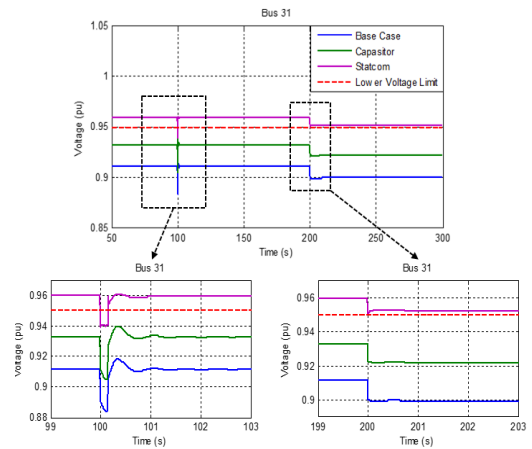
Pada hasil analisis gambar 4.3 Kurva karakteristik P-V dan Q-V pada Bus 31 Tonasa setelah di tambahkan beban 5% sampai 100%. Pada *Base Case* dikarenakan pada beban awal telah mengalami *undervoltage* maka setelah di tambahkan beban sampai 100% tetap terjadi *undervoltage* pada *Base Case*. Dan saat di pasang *Capasitor* pada beban awal bus masih dalam keadaan *Steady state* tapi setelah di naikan beban nya 35% sampai 100% bus tersebut mengalami *undervoltage*. Dan saat di pasang dengan Statcom pada beban awal sampai beban dinaikan 100% bus 31 tonasa tetap dalam keadaan *Steady state* atau tidak mengalami *undervoltage*.



Gambar 4.3 Kurva karakteristik P-V dan Q-V

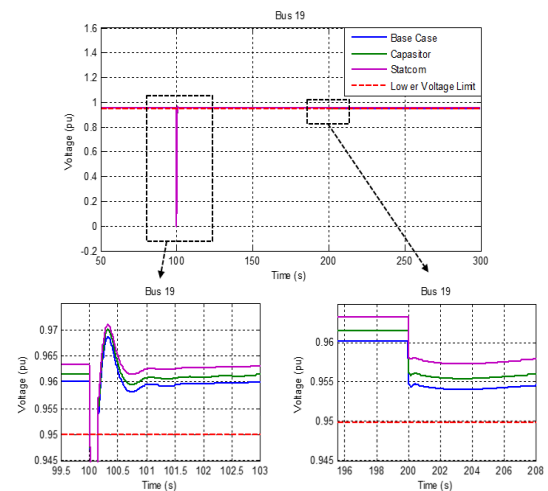
4.3 Analisis Tegangan Dinamis

Pada analisis dinamis ini menggunakan metode analisis transien time domain simulation dengan penambahan beban sebesar 20% dan gangguan hubung singkat 3 fasa.



Gambar 4.4 Grafik perbandingan respon dinamik pada Bus 31

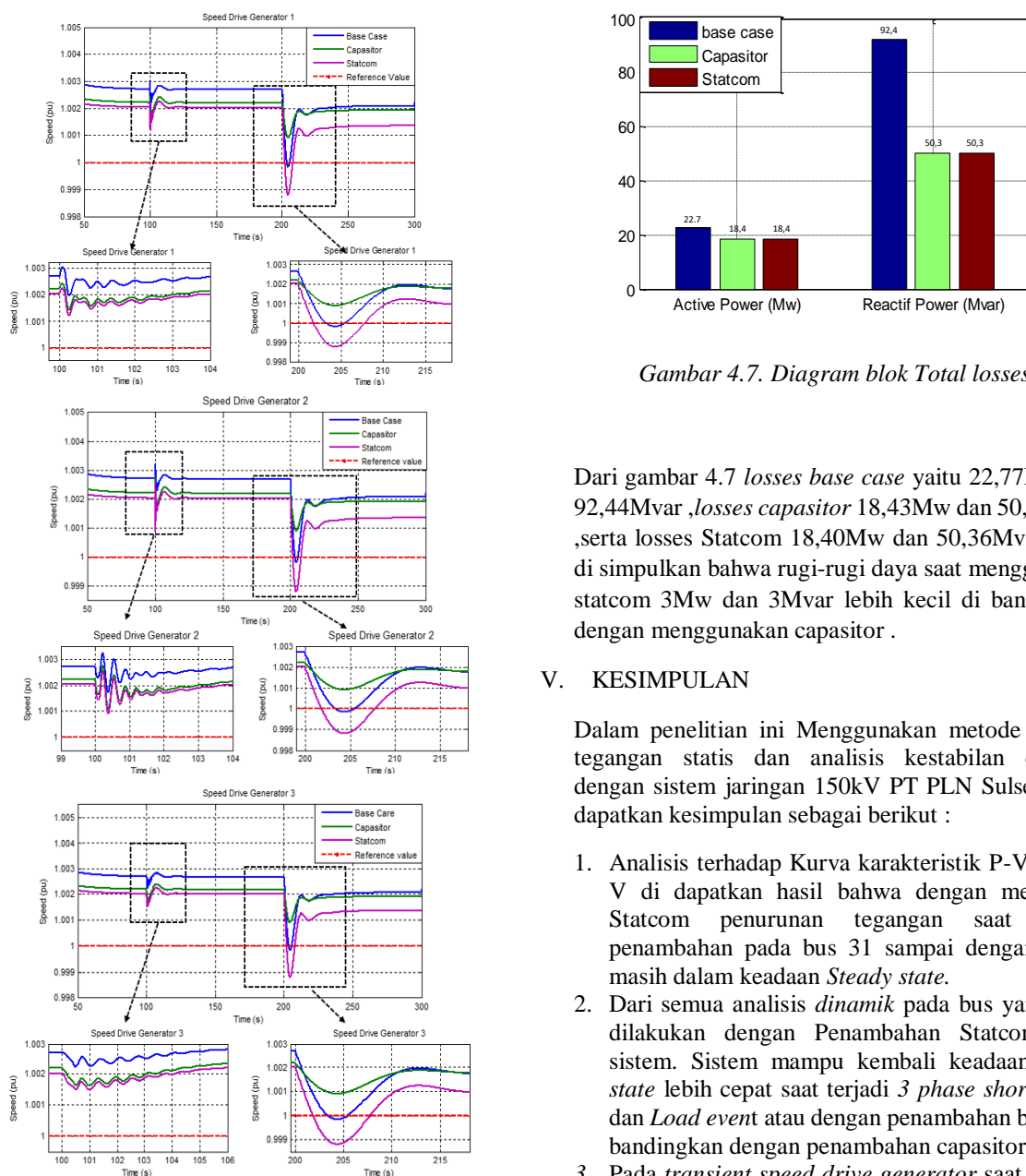
Pada gambar 4.4 dapat dilihat bahwa statcom memiliki respon yang lebih cepat untuk kembali ke keadaan *Steady state* setelah terjadi gangguan hubung singkat 3 fasa yang ada pada sistem dan memiliki ketahanan lebih baik saat terjadi kenaikan beban dari pada *Capasitor*.



Gambar 4.5 Grafik perbandingan respon dinamik pada Bus 19

Pada gambar 4.5 dapat dilihat pada detik ke 100 terjadi hubung singkat 3 fasa pada bus 19 sehingga nilai tegangan sampai 0 selama beberapa milidetik dan dapat di simpulkan bahwa statcom memiliki respon yang lebih cepat untuk kembali ke keadaan *Steady state* setelah terjadi gangguan 3 phase short circuit yang ada pada sistem dan memiliki ketahanan lebih baik saat terjadi kenaikan beban dari pada *Capasitor*.

4.4 Total Power Losses



Gambar 4.7. Diagram blok Total losses Power

Dari gambar 4.7 losses base case yaitu 22,77Mw dan 92,44Mvar ,losses capasitor 18,43Mw dan 50,39Mvar ,serta losses Statcom 18,40Mw dan 50,36Mvar dapat di simpulkan bahwa rugi-rugi daya saat menggunakan statcom 3Mw dan 3Mvar lebih kecil di dibandingkan dengan menggunakan capasitor .

V. KESIMPULAN

Dalam penelitian ini Menggunakan metode analisis tegangan statis dan analisis kestabilan dinamik dengan sistem jaringan 150kV PT PLN Sulselbar. di dapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Analisis terhadap Kurva karakteristik P-V dan Q-V di dapatkan hasil bahwa dengan memasang Statcom penurunan tegangan saat terjadi penambahan pada bus 31 sampai dengan 100% masih dalam keadaan *Steady state*.
2. Dari semua analisis *dinamik* pada bus yang telah dilakukan dengan Penambahan Statcom pada sistem. Sistem mampu kembali keadaan *steady state* lebih cepat saat terjadi *3 phase short circuit* dan *Load event* atau dengan penambahan beban di dibandingkan dengan penambahan capasitor.
3. Pada *transient speed drive generator* saat statcom di pasang nilai respon statcom lebih mendekati nilai rekomendasi atau *reference value* yaitu nilai 1 pu. Serta saat di pasang statcom sistem mampu kembali ke keadaan *steady state* lebih cepat di dibandingkan dengan saat di pasang capasitor.
4. Total losses power pada losses base case yaitu 22,77Mw dan 92,44Mvar dan lebih baik saat ada penambahan kompensasi daya reaktif oleh capasitor dan statcom yaitu losses capasitor 18,43Mw dan 50,39Mvar ,serta losses Statcom 18,40Mw dan 50,36Mvar dapat di simpulkan

Gambar 4.6 Grafik perbandingan respon dinamik pada Generator 1, Generator 2, Generator 3.

Pada gambar 4.6 dapat di lihat bahwa saat di pasang Statcom memiliki respon Speed drive pada semua generator yang lebih baik yaitu yang mendekati reference value atau nilai rekomendasi yang baik di dibandingkan dengan Capasitor.

bahwa rugi-rugi daya saat menggunakan statcom 3Mw dan 3Mvar lebih kecil di dibandingkan dengan menggunakan kapasitor.

5. Statcom mempunyai kelebihan fleksibilitas dalam menginjeksi daya reaktif ke sistem serta memiliki nilai harmonisa yang kecil.

VI. DAFTAR PUSTAKA

[1] Francisco M. Gonzalez-Longatt, José Luis Rueda. *PowerFactory Applications for Power System Analysis* Springer Cham Heidelberg New York Dordrecht London © Springer International Publishing Switzerland 2014.

[2] S.S.Wibowo, H.Suyono, dan R.Nurhasanah., *Analisis Implementasi Fixed Capacitor, SVC, STATCOM untuk Perbaikan Performansi Tegangan Pada Sistem Petrochina.*, Jurnal *EECCIS* Vol. 1 No.1 Juni 2013, pp. 147-152.

[3] Thierry Van Cutsem, and Federico Milano, "Securing Transient Stability Using Time-Domain Simulations Within an Optimal Power Flow", *IEEE Transactions On Power Systems*, Vol. 25, No. 1, February 2010.

[4] Cindy M. dan Ikhwan L. S., "Studi Pengaruh Penggunaan Kompensator Berupa Capacitor Bank, Svc, Dan Statcom Pada Jaringan Transmisi Dan Distribusi di PT. CHEVRON PACIFIC Indonesia." Jurusan Teknik Elektro Dan Teknologi Informasi. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.

[5] M.Kamarposhti. "Comparison of SVC and STATCOM in Static Voltage Stability Margin Enhancement." *IEEE*, 2010: 4

[6] Jeremias L. dan Simon P., "Studi Aliran Daya Pada Sistem Kelistrikan Sulawesi Selatan"., Seminar Nasional Riset dan Teknologi Terapan 2018 (RITEKTRA 2018) ISBN: 978 – 602 – 07094 – 7 – 6 Makassar, 2-3 Agustus 2018.

[7] Arvind P. and Nitin S., Transient Stability Improvement by Using Shunt FACTS Devices (STATCOM) with Reference Voltage Compensation (RVC) Control Scheme, *International Journal of Electrical, Electronics and Computer Engineering, IJEECE*, Vol 2, No. 1, 2013, pp. 7-12.

[8] Winanti, Chairy Wahyu. 2011. *Analisis Statis dan Dinamis Stabilitas Tegangan Sistem Tenaga Listrik*

CNOOC SES Ltd., Fakultas Teknik. Universitas Indonesia.

[9] Avrin N. W. , Lesnanto M. P. , dan Randhy R. S. 2013. *Studi Kestabilan Tegangan Jaringan IEEE 9 Bus Menggunakan Indeks Kestabilan Tegangan.* Jurusan Teknik Elektro dan Teknologi Informasi, Fakultas Teknik UGM. Yogyakarta. Indonesia

[10] A. Kanchanaharuthai, V. Chankong and K. A. Loparo. *Transient Stability and Voltage Regulation in Multimachine Power Systems Vis-à-Vis STATCOM and Battery Energy Storage.* *IEEE Transactions On Power Systems*, Vol. 30, No. 5, September 2015