

Analysis of Passive Filter on Static Var Compensator (SVC) to Reduce Total Harmonic Distortion (THD) in Bali Transmission System

Analisa Filter Pasif pada *Static Var Compensator* (SVC) Mereduksi *Total Harmonic Distortion* (THD) di Sistem Transmisi Bali.

Made Dika Nugraha, Kadek Agus M.D.P, I Nyoman A. Prabawa

Dept. of Telecommunication Technology, Vocational of Warmadewa University Bali, Terompong St.,80239, Indonesia

e-mails: nugrahamadedika@gmail.com, mahabojanadwil@gmail.com, prabawa_angga@yahoo.co.id

Received: 27 April 2023; revised: 19 May 2023; accepted: 16 August 2023

Abstract — SVC functions as a voltage profile regulator, harmonic reduction and voltage stabilizer for transmission in the province of Bali which serves 15 substations, while using nonlinear loads so that harmonics are formed on the current and voltage graphs which result in voltage drops in the transmission network. So, it is necessary to dampen the voltage harmonics or Total Harmonic Distortion (THD) with Passive Filters. The method used is the transmission system simulation in PSCAD software with the IEEE 14-bus standard. The percentage value results in the order before and after installing the Passive Filter on the SVC are in accordance with IEEE Standard 519-2014 (max 2.5% for THDv) namely the 3rd order, namely 1.99% to 1.95%, the 5th order, namely 3, 40% to 2.13%, 7th order namely 2.81% to 2.06%, 9th order namely 1.67 to 1.64%, 11th order 2.09% to 1.84%, 11th order 13th order, namely 2.11% to 1.98% and 15th order, namely 2.19% to 1.96%.

Key words— *Passive Filter; Static Var Compensator; Total Harmonic Distortion*

Abstrak — SVC berfungsi sebagai pengatur profil tegangan, penurunan harmonisa dan penstabil tegangan pada transmisi di provinsi Bali yang melayani 15 gardu induk, sedangkan dengan penggunaan beban nonlinier sehingga terbentuk harmonisa pada grafik arus maupun tegangan yang berakibat terjadinya jatuh tegangan pada jaringan transmisi. Sehingga diperlukan peredaman pada harmonisa tegangan atau *Total Harmonic Distortion* (THD) dengan Filter Pasif. Metode yang digunakan yaitu simulasi sistem transmisi dalam *software* PSCAD dengan standart *IEEE* 14-bus. Hasil nilai persenan pada orde sebelum dan sesudah pemasangan *Passive Filter* pada SVC sesuai dengan Standar *IEEE 519-2014* (max 2,5% untuk THDv) yaitu orde ke 3 yaitu 1,99% menjadi 1,95%, orde ke 5 yaitu 3,40% menjadi 2,13%, orde ke 7 yaitu 2,81% menjadi 2,06%, orde ke 9 yaitu 1,67 menjadi 1,64%, orde ke 11 2,09% menjadi 1,84%, orde ke 13 yaitu 2,11% menjadi 1,98% dan orde ke 15 yaitu 2,19% menjadi 1,96%.

Kata kunci — *Filter Pasif; Static Var Compensator; Total Harmonic Distortion*

I. PENDAHULUAN

Peningkatan akan kebutuhan sistem tenaga listrik yang meningkat di Bali sebanding dengan penggunaan peralatan elektronika daya yang berakibat naiknya beban non linier dalam suatu sistem transmisi. Sistem ini bisa berubah sewaktu-waktu

karena gangguan perubahan generasi atau kinerja perlatan sistem[1]. Hal tersebut mengakibatkan terjadinya turunnya kualitas daya dalam sistem karena mengakibatkan terjadinya cacat gelombang tegangan maupun arus dihasilkan oleh sistem.

Perangkat *Flexible AC Transmission System* (FACTS) berfungsi untuk mengemat pengeluaran anggaran di sistem pembangkit kelistrikan maupun sumber energi serta menjaga kinerja sistem saat berjalan (*running*) agar tetap stabil[2]. SVC adalah bagian dari FACTS device, pengatur tegangan, factor daya, harmonisa dan penstabil sistem[3]. SVC sebagai reaktansi variabel terhubung paralel yang menghasilkan atau menyerap daya reaktif dengan mengatur besar tegangan pada sistem AC[4].

Tanpa penerapan SVC pada sistem transmisi Bali masih memiliki kekurangan yaitu kondisi awal (*basecase*) serta dengan pemasangan *capasitor bank* masih terjadi nilai tegangan masih dibawah standar nominal tegangan yang diizinkan sesuai dengan standar PLN yaitu diantara $(0,95 \leq V \leq 1,05)$. Simulasi ini mengontrol tegangan oleh SVC untuk mengembalikan tegangan agar mendekati nilai refrensi perkiraan diijinkan[5].

Namun dengan penerapan SVC belum sepenuhnya bisa mereduksi nilai THD. Penempatan Filter diperlukan untuk mereduksi dan menghilangkan harmonisa pada sistem yang bernilai orde ganjil[6]. Saat ini, filter harmonik pasif adalah solusi komersial untuk meningkatkan kualitas sistem tenaga dan koreksi faktor daya secara bersamaan[7].

Pada penelitian ini filter pasif dikombinasikan dengan SVC untuk menaikan profil tegangan dan mereduksi nilai harmonisa arus pada sistem transmisi Bali.

II. METODE PENELITIAN

Untuk melihat dan menilai *aliran daya* pada sistem transmisi dengan persamaan aljabar non linier dengan menjalankan sistem untuk melihat perbedaan antara nominal daya aktif maupun reaktif dengan pergantian sudut tegangan terhadap nominal tegangannya[8]. Aliran daya listrik (*load flow*) dengan persamaan (1) dengan formula:

$$\begin{bmatrix} \Delta \cdot P \\ \Delta \cdot Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} J_1 & J_2 \\ J_3 & J_4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta \delta \\ \Delta |V| \end{bmatrix} \quad (1)$$

Dimana: $\Delta \cdot P$ is active power (MegaWatt)
 $\Delta \cdot Q$ is reactive power (MegaVAR)

Untuk mencari nilai kapasitas kapasitor yang optimal dalam suatu sistem maka dari itu diperlukan perhitungan yang sistematis baik nilai kapasitor dan *power losses*[8] dapat ditentukan oleh persamaan (2):

$$\text{Minimum} = \sum_{x=1}^x Q_x^{\text{Cap}} + P_{\text{WT}_{\text{Loss}}} \quad (2)$$

$$\text{menjadi: } V_{\text{maximum}} \geq V_x \geq V_{\text{minimum}} \\ Q_{\text{max}}^{\text{cap}} \geq Q_x^{\text{cap}}$$

Keterangan:

V_{minimum} = Minimum voltage (P.U)

V_{maximum} = Maximum voltage (P.U)

$P_{\text{WT}_{\text{Loss}}}$ = Total power losses

x = Total Bus

V_x = RMS voltage on bus x

Q_x^{Cap} = Placement capacitor on bus x

$Q_{\text{max}}^{\text{cap}}$ = Maximum capacity of capacitor

Harmonisa merupakan salah satu isu kualitas daya yang berkembang disebabkan oleh proliferasi beban non-linier menjadi daya sistem[9]. Beberapa masalah termasuk overheating dan kegagalan peralatan, salah pembebanan, maloperasi relay pelindung, dan interferensi dengan sirkuit komunikasi[10].

Pengertian harmonisa yaitu bentuk gelombang frekuensinya merupakan kelipatan diluar bilangan satu terhadap frekuensi fundamental (frekuensi 50 Hz) yang terbentuk dari distorsi periodik gelombang arus maupun sinus tegangan. Persentase tegangan dan bentuk gelombang saat ini direkomendasikan seperti pada tabel 1[11].

Standar IEEE 519-2014 Standar ini direkomendasikan untuk penggunaan praktis dan membutuhkan kontrol harmonik dalam sistem tenaga listrik disediakan oleh *IEEE Power and Energy Society*[11].

Pengertian nominal RMS dari bagian sistem harmonisa ke nominal RMS sistem awal yang pada dasarnya bernilai persen (%)[12]. Komponen tersebut dipakai untuk mencari nilai yang menyimpang dari aturan yang ada dalam grafik gelombang maupun batang periodik yang memiliki nilai harmonisa tegangan dari bentuk gelombang sinusoidal. Saat gelombang sinusoidal maka THD akan bernilai 0. Formula yang dipakai untuk mencari nilai THD dengan persamaan (3):

$$\text{THD}_v = \frac{\sqrt{I_2^2 + I_3^2 + I_4^2 + \dots + I_n^2}}{I_1} \quad (\text{THD untuk Volt}) \quad (3)$$

Keterangan :

V_n ; I_n = Orde Harmonisa

I_1 = Orde Fundamental

Beban dalam suatu sistem pembangkit listrik berupa yang bernilai VAR dan terhubung shunt sehingga keluarannya dapat diatur dari pergantian arus kapasitif maupun induktif, ini bertujuan agar sistem kelistrikan berupa daya dapat dijaga maupun dikontrol secara bervariasi[13]. Dapat dihitung dengan persamaan (4):

$$X_{\text{ind}} \frac{3,14}{\sin 2\alpha + 2(3,14 - \alpha)} = X_{\text{volt}} \quad (4)$$

Keterangan rumus diatas, X_{ind} merupakan hambatan dibuat oleh induktor dalam suatu bentuk rangkaian kelistrikan dihasilkan dengan adanya frekuensi fundamental yang tidak terkontrol rangkaian thyristor sedangkan X_{volt} nilai hambatan secara berubah-ubah yang dihasilkan pada sistem SVC. Simbol α merupakan *firing angle*. Formula nilai SVC terhadap nilai *steady state* di dalam karakter I-V diatas dapat dihitung dengan persamaan (5) berikut:

$$V = V_{\text{ref}} + V_{\text{SL}} I \quad (5)$$

Keterangan dari karakter I dan V merupakan nilai referensi tegangan dari magnitudo arus maupun tegangan V_{ref} serta rms. Nilai standar 2% sampai dengan 5% untuk nilai slope X_{SL} . Didalam sistem SVC, angka itu perlu agar terhindar saat melintasi *limit* pada bus tegangan. Nilai standar $\pm 5\%$ digunakan untuk mengontrol nilai tegangan dari nilai V_{ref} .

A. Alur Penelitian

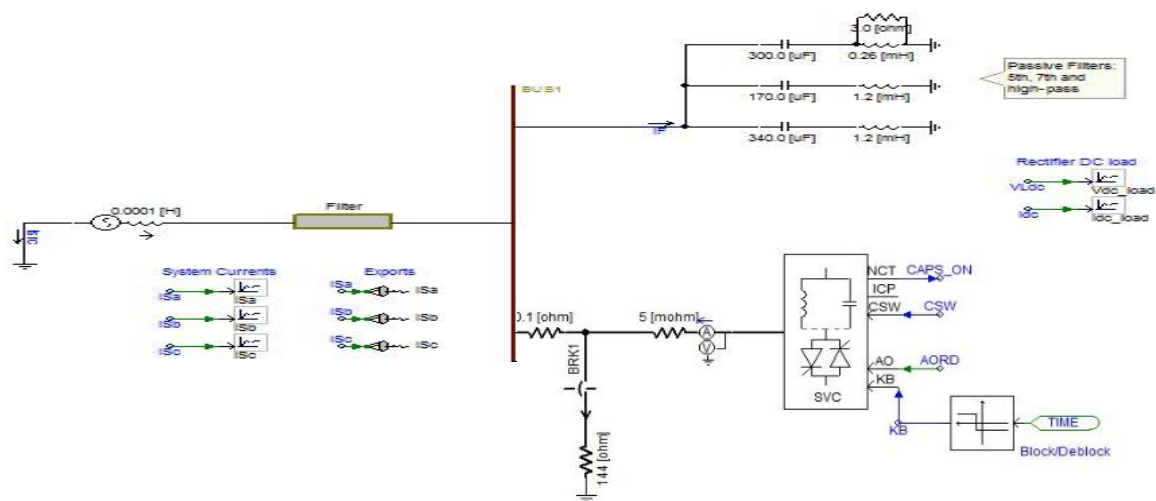
Bentuk gelombang distorsi tegangan dan arus adalah daya masalah kualitas dalam sistem tenaga listrik dari harmonik arus. Untuk mempertimbangkan aliran daya harmonik di sistem tenaga listrik, investigasi model dan sistem analisis memainkan peran penting. Parameter model terdiri dari karakteristik saluran transmisi tergantung pada tingkat tegangan, trafo dan beban terhubung[14].

Parameter model disimulasikan pada software PSCAD yang bisa menampilkan gambar grafik maupun batang terhadap penurunan nilai harmonisa di sistem. Membuat single line diagram dengan memasukan nilai dari beban dan generator. Kemudian mencoba simulasi aliran daya kondisi awal (*basecase*) dengan *toolbar running*. Melihat nilai tegangan sesuai margin SPLN yaitu diatara ($0,95 \leq V_{\text{base}} \leq 1,05$) P.U. Kemudian menempatkan kapasitor bank pada gardu yang mengalami *drop voltage*.

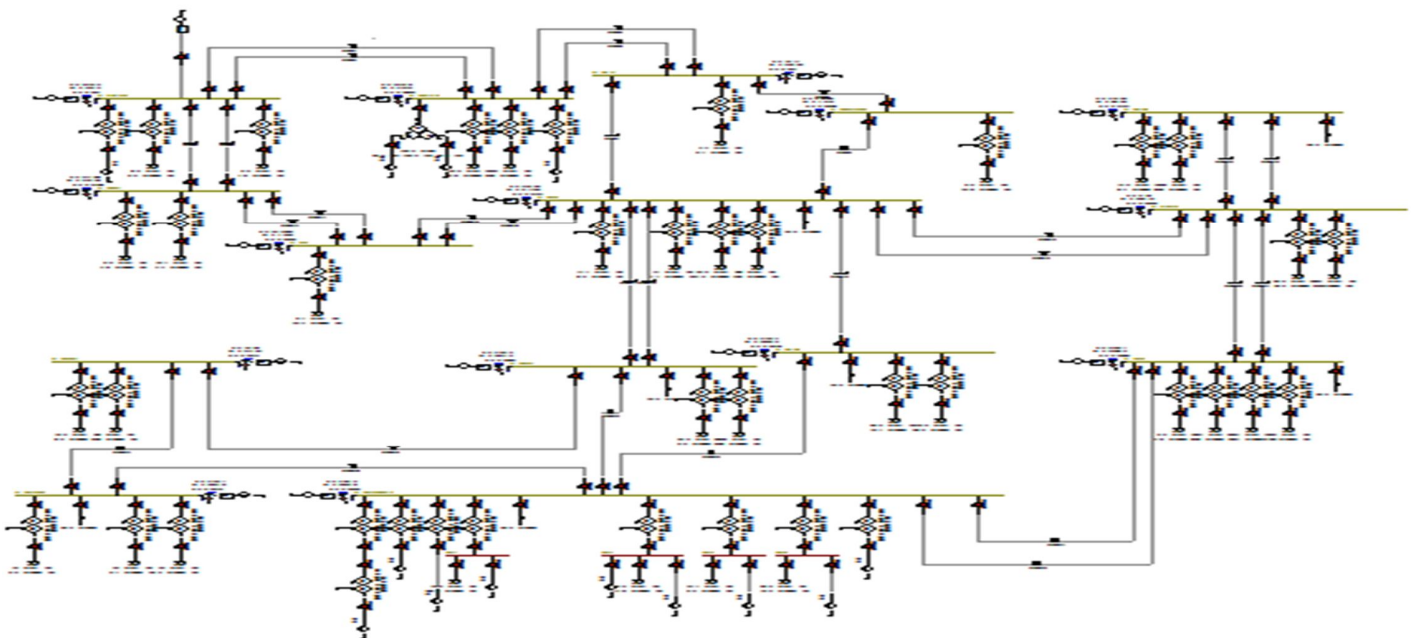
Setelah itu memasang SVC sebagai pengganti kapasitor bank. Setelah proses simulasi selesai. Kemudian penerapan sebelum dan sesudah pemasangan filter pasif pada SVC dengan simulasi. Analisa reduksi nilai harmonisa sumber tegangan untuk kualitas daya pada sistem transmisi[15].

TABEL I
STANDAR HARMONISA TEGANGAN (IEEE519-2014).

Tegangan Bus	Harmonik	(THD)
1.0kV \geq V	5,0%	8,0%
69kV \geq V > 1kV	3,0%	5,0%
161kV \geq V > 69 kV	1,5%	2,5%
V > 161kV	1,0%	1,5%



Gambar 1. Pemodelan Sistem Pasif Filter pada SVC di Sistem Transmisi Software PSCAD



Gambar 2. Pemodelan 15 Bus di Sistem Transmisi pada Software PSCAD

B. Parameter Simulasi

Gambar 1 adalah simulasi dan pemodelan pasif filter pada SVC di system transmisi pada Software PSCAD/EMTDC V 4.5 Power Simulation yang dapat mengetahui distorsi harmonisa tegangan dan arus yang masuk ke dalam sistem.

Menambahkan nilai MVAR kepada bus-bus yang mengalami *under voltage* secara otomatis, kemudian tentukan lokasi penempatan STATCOM pada bus-bus, mendapatkan penurunan nilai THD menjadi 1,5% sampai dengan 2,5% sesuai dengan standar harmonisa tegangan

Gambar 2 adalah pemodelan diagram satu garis sistem transmisi 150 kV Bali, masukkan data-data dari pembangkit,

transformator, transmisi dan beban yang diperlukan, menjalankan simulasi untuk keluaran aliran daya (*load flow*). Dalam simulasi yang dilakukan pada PSCAD memasukan parameter-parameter sebagai berikut:

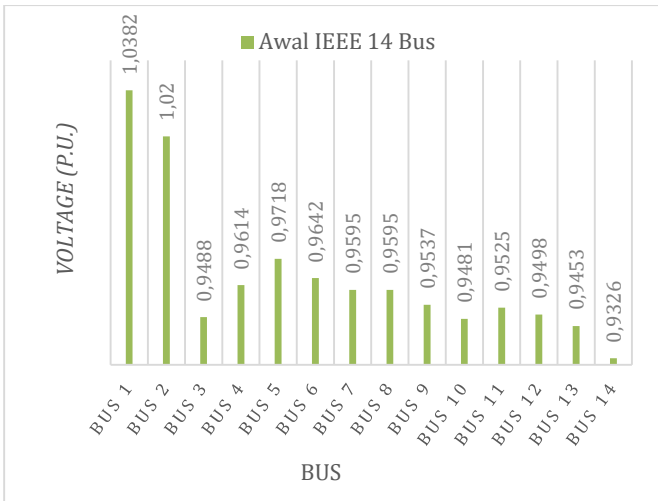
- 1) Base Voltage (L-L,RMS) : 150.0 kV
- 2) Base MVA : 327.617 [MVA]
- 3) Terminal Voltage : 1.0 [pu]
- 4) Source Name : BWIGLMANUK
- 5) Graphics Display : Single Line View
- 6) 3 Phase Transformer : 10 [MVA]
- 7) Base operation Frequency : 50 [Hz]
- 8) Winding #1 Type : Delta
- 9) Winding #2 Type : Y

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

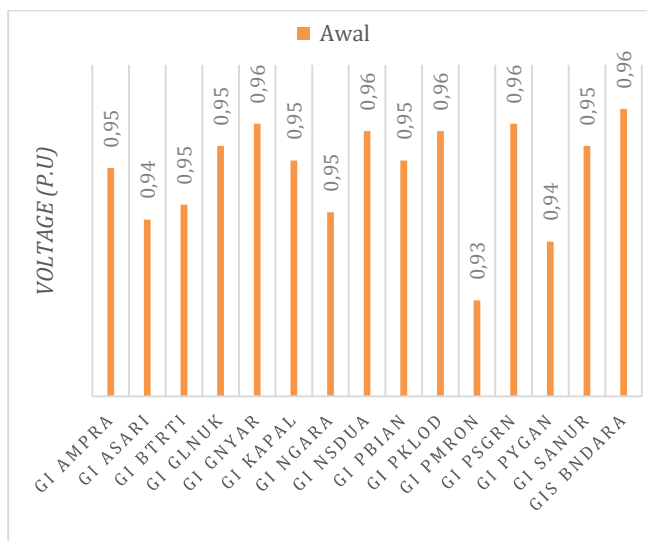
A. Simulasi IEEE 14 Bus dan Simulasi Nilai Tegangan Kondisi Awal atau Base Case Pada Sistem Transmisi

Gambar 3 adalah tahapan awal dalam melakukan proses analisis aliran daya kelistrikan pada sistem (loadflow) dengan menerapkan diagram satu garis standar IEEE 14-bus tanpa pemasangan kapasitor maupun simulasi penempatan SVC. Loadflow tersebut dilakukan untuk mencari nilai tegangan pada sistem transmisi saat berjalan dalam keadaan normal.

Gambar 4 adalah hasil simulasi sistem saat awal tanpa adanya kapasitor bank oleh PT. PLN maupun penempatan SVC, nilai yang didapatkan terjadi jatuh *drop voltage* dibawah batas standar yang berlaku dengan nilai tegangannya dibawah 0,95 P.U pada sistem 150 kV Bali yaitu pada bus GI Asari, Btrti, Ngara, Pmron, dan Pgyan.



Gambar 3. Nilai Tegangan Kondisi Basecase di Simulasi IEEE 14 Bus

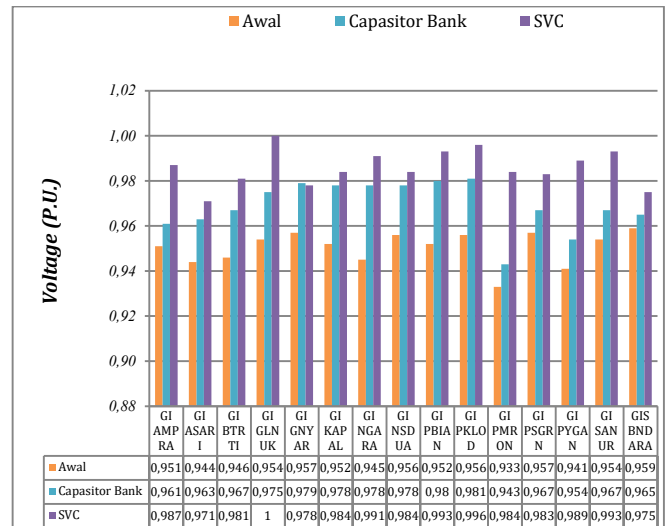


Gambar 4: Nilai Tegangan Kondisi Tanpa Kapasitor dan SVC

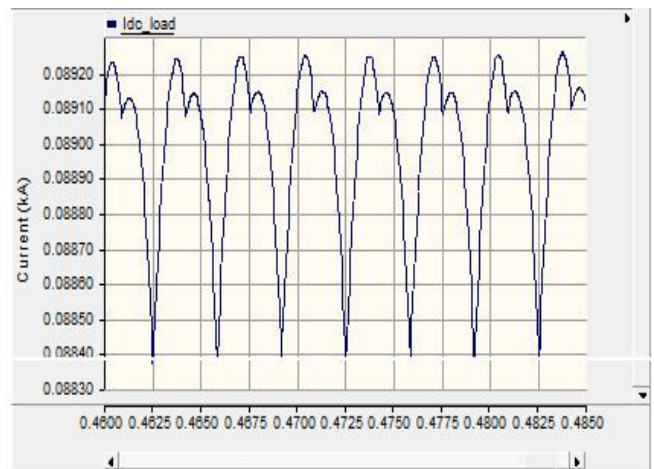
B. Simulasi Nilai Tegangan Kondisi Sebelum dan Sesudah SVC Pada Sistem Transmisi

Setelah dilakukan simulai analisis di sistem saat awal tanpa adanya kapasitor bank oleh PT. PLN dan perbandingan dengan setelah dipasang kapasitor bank masih terjadi jatuh tegangan, kemudian dilakukan pemasangan SVC untuk memperbaiki profil tegangan. Gambar 5 merupakan perbandingan profil tegangan pada sistem sesaat tanpa penempatan SVC dan sesudah penempatan SVC pada sistem. Hasil nilai keluaran tegangan yang didapat cukup signifikan dari kondisi sebelumnya.

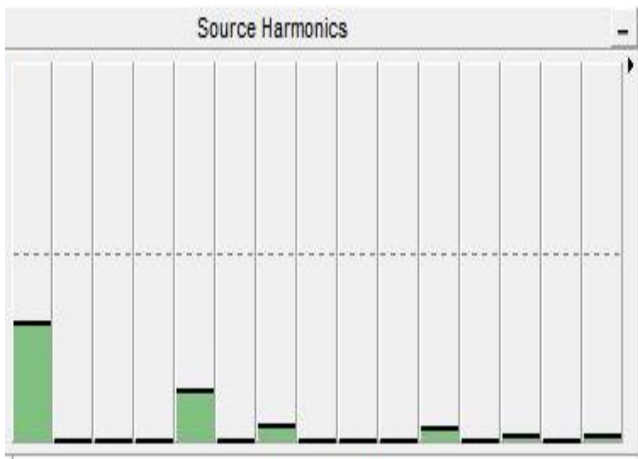
Sehingga didapat manfaat setelah penempatan SVC mampu menaikan nilai tegangan mencapai standar yang diinginkan yaitu pada pada Gardu Induk Asari semula bernilai 0,944 P.U tegangannya naik menuju nilai 0,965 P.U, Gardu Induk Btrti 0,946 P.U naik ke nilai 1.026 P. U, Gardu Induk Ngara 0,9345 P.U naik ke nilai 0,998 P.U, Gardu Induk Pmron 0,933 P.U naik ke nilai 0,987 P.U, dan Gardu Induk Pygan dari 0,941 P.U. naik ke nilai 0,9874 P.U.



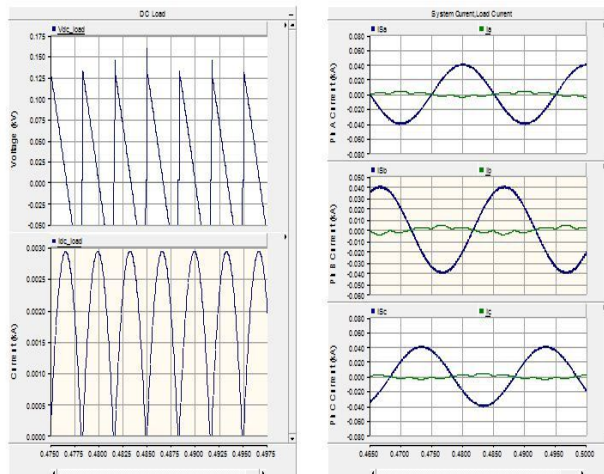
Gambar 5: Perbandingan Profil Tegangan dalam Kondisi Awal, Kapasitor Bank dan SVC.



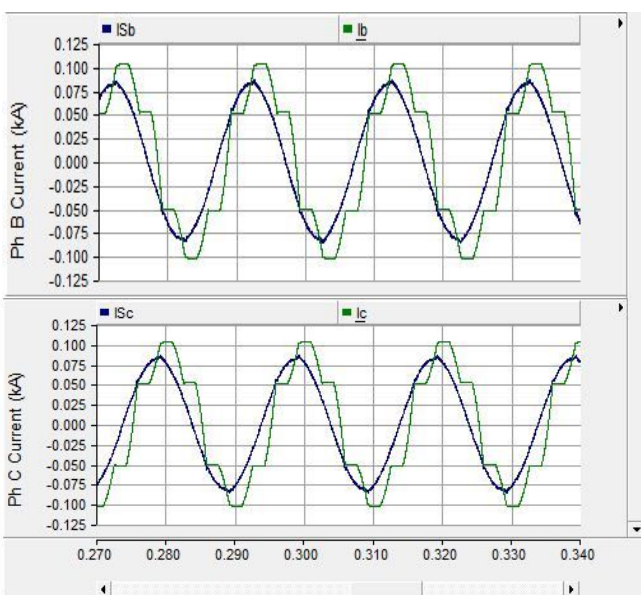
Gambar 6: Output Grafik Garis Tanpa Passive Filter



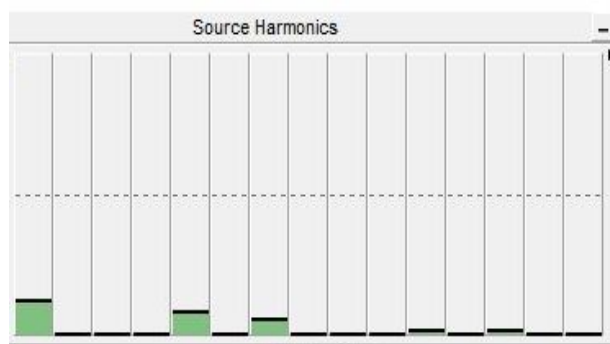
Gambar 7: Output Keluaran Arus Tanpa Passive Filter



Gambar 9: Output Grafik Garis Terpasang Passive Filter



Gambar 8: Output Grafik Garis Terpasang Passive Filter



Gambar 10: Output Spektrum Harmonisa Terpasang Passive Filter

TABEL II
HASIL PENGUJIAN PASSIVE FILTER TERHADAP THD_v

Parameter	Pengujian	Hasil	
		Tanpa Filter	Filter
Orde ke 3	THD _v	1,99%	1,95%
Orde ke 5	THD _v	3,40%	2,13%
Orde ke 7	THD _v	2,81%	2,06%
Orde ke 9	THD _v	1,67%	1,64%
Orde ke 11	THD _v	2,09%	1,84%
Orde ke 13	THD _v	2,11%	1,98%
Orde ke 15	THD _v	2,19%	1,96%

Telah dilakukan simulasi sistem harmonisa tanpa filter pasif pada SVC. Dari simulasi ini, diperoleh bentuk grafik luaran yang dapat terlihat pada gambar 6.

Simulasi spektrum arus harmonisa tanpa filter pasif pada SVC juga telah dilakukan, dimana dari hasil simulasi ini diperoleh luaran arus yang dapat dilihat pada gambar 7

Untuk gambar 8 dan 9, merupakan bentuk-bentuk sinyal luaran yang diperoleh dari simulasi sistem harmonisa dengan filter pasif pada SVC . Pada gambar 9, ditunjukkan luaran grafik garis yang dilakukan terhadap tegangan.

Untuk simulasi spektrum arus harmonisa dengan filter pasif pada SVC, dilakukan dengan hasil luaran spektrumnya dapat dilihat pada gambar 10. Hasil ini dapat dibandingkan dengan hasil yang diperoleh pada gambar 7.

Tabel II merupakan hasil pengujian dengan maupun tanpa filter pasif terhadap THD_v. Persentasenya ditunjukkan oleh beberapa parameter orde ke-3, ke-5, dan seterusnya.

IV. KESIMPULAN

A. Kesimpulan

Hasil analisa standart *IEEE* 14-bus, sebelum dan sesudah pemasangan SVC yang mana sebelum pemasangan terjadi jatuh tegangan namun saat penempatan SVC mampu menaikkan nilai tegangannya diantara $(0,95 \leq V_{base} \leq 1,05)$ P.U. Namun dengan penempatan SVC terjadi harmonisa gelombang arus maupun tegangan.

Hasil nilai persenan pada orde sebelum dan sesudah pemasangan *Passive Filter* pada SVC sesuai dengan Standar *IEEE 519-2014* (max 2,5% untuk THD_v) yaitu orde ke 3 yaitu 1,99% menjadi 1,95%, orde ke 5 yaitu 3,40% menjadi 2,13%,

orde ke 7 yaitu 2,81% menjadi 2,06%, orde ke 9 yaitu 1,67 menjadi 1,64%, orde ke 11 2,09% menjadi 1,84%, orde ke 13 yaitu 2,11% menjadi 1,98% dan orde ke 15 yaitu 2,19% menjadi 1,96%.

Simulasi penempatan *passive filter* dapat membantu mengurangi nilai THDv dan juga dapat memperbaiki *output* grafik garis gelombang yang dihasilkan pada sistem saat beroperasi.

B. Saran

Pada penelitian ini masih bisa dikembangkan dengan menggunakan perangkat *FACTS devices* lainnya seperti *Tyristor Controlled Series Capacitor* (TCSC), *Static Condenser* (STATCON) dan *Unified Power Flow Controller* (UPFC), untuk memperbaiki profil tegangan, kestabilan aliran daya serta kualitas daya. Filter aktif dalam perangkat *FACTS devices* juga memungkinkan untuk dilakukan penelitian lanjutan untuk mereduksi total harmonisa dalam suatu sistem transmisi.

V. KUTIPAN

- [1] I. N. Syamsiana, R. A. Susilo, dan F. Ronilaya, "Design Synergetic Control for Electric Power System with Static VAR Compensator," dalam *4th International Conference on Vocational Education and Training, ICOVET 2020*, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., Sep 2020, hlm. 228–234. doi: 10.1109/ICOVET50258.2020.9230086.
- [2] J. H. (Joe H.) Chow, J. J. Sanchez-Gasca, dan Institute of Electrical and Electronics Engineers, *Power system modeling, computation, and control*.
- [3] IEEE Control Systems Society. Tunisia Chapter, IEEE Signal Processing Society. Tunisia Chapter, dan Institute of Electrical and Electronics Engineers, *Proceedings, 2019 19th International Conference on Sciences and Techniques of Automatic Control & Computer Engineering (STA)*.
- [4] J. Fredy, C. Acero, W. R. Limachi Viamonte, O. Chayña Velasquez, dan W. O. Paredes Pareja, "Power Quality Improvement with SVC in a Power System of 220kV," 2020.
- [5] Institute of Electrical and Electronics Engineers, *2019 8th International Conference on Modeling Simulation and Applied Optimization (ICMSAO)*.
- [6] Institute of Electrical and Electronics Engineers, *2017 Innovations in Power and Advanced Computing Technologies (i-PACT) : 21-22 April 2017*.
- [7] J. Tupsa-Ard, C. Chamchoy, dan T. Tayjasant, "Electrical Power Systems Power Engineering and Power System High-Voltage Passive Harmonic Filter Design."
- [8] M. Asadi *dkk.*, "Optimal Placement and Sizing of Capacitor Banks in Harmonic Polluted Distribution Network," dalam *2021 IEEE Texas Power and Energy Conference, TPEC 2021*, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., Feb 2021. doi: 10.1109/TPEC51183.2021.9384992.
- [9] University of Wollongong in Dubai, IEEE Power & Energy Society., dan Institute of Electrical and Electronics Engineers, *2020 19th International Conference on Harmonics and Quality of Power (ICHQP) : 6-7 July 2020, Dubai, UAE*.
- [10] H. Dirik, I. U. Duran, dan C. Gezegin, "A Computation and Metering Method for Harmonic Emissions of Individual Consumers," *IEEE Trans Instrum Meas*, vol. 68, no. 2, hlm. 412–420, Feb 2019, doi: 10.1109/TIM.2018.2843538.
- [11] R. Darussalam, A. Rajani, T. D. Atmaja, A. Junaedi, dan M. Kuncoro, "Study of Harmonic Mitigation Techniques Based on Ranges Level Voltage Refer to IEEE 519-2014," dalam *Proceeding - 2020 International Conference on Sustainable Energy Engineering and Application: Sustainable Energy and Transportation: Towards All-Renewable Future, ICSEEA 2020*, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., Nov 2020, hlm. 14–21. doi: 10.1109/ICSEEA50711.2020.9306137.

- [12] IEEE Staff, *2019 Research, Invention, and Innovation Congress (RI2C)*. IEEE, 2019.
- [13] A. de Melo Rodrigues, L. Fernandes Silva, dan L. Carvalho Souza, "SVC OPERATING AS AN UNBALANCE COMPENSATOR WITH CONTROL SYSTEM BASED ON THE STEINMETZ METHOD AND THE INSTANTANEOUS POWER THEORY," 2019.
- [14] IEEE Staff dan IEEE Staff, *2010 Annual IEEE India Conference*.
- [15] L. Gumilar, A. Kusumawardana, M. A. Habibi, S. Norma Mustika, dan W. S. Nugroho, "Current and Voltage Harmonic Distortion Minimization in Nonlinear Loads," dalam *4th International Conference on Vocational Education and Training, ICOVET 2020*, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., Sep 2020, hlm. 13–18. doi: 10.1109/ICOVET50258.2020.9230217.



Made Dika Nugraha memperoleh gelar sarjana Teknik pada tahun 2016 di Teknik Elektro Institut Teknologi Nasional Malang. Bidang keahlian yang dikerjakan sepanjang S1 adalah Kualitas Daya dan Elektronika Daya. Ia kemudian melanjutkan pendidikan magister di Program Pasca Sarjana Program Studi Manajemen Energi dan lulus pada tahun 2019. Pada tahap magister ini, bidang yang ia kerjakan adalah Simulasi Filter Aktif dalam 6 Pulse *Static Compensator* (STATCOM) dalam Mereduksi Harmonisa. Sejak tahun 2021 hingga saat ini (2023), ia mengajar di Program Studi Teknologi Telekomunikasi Sekolah Vokasi Universitas Warmadewa.