ANALISIS DAMPAK PEMASANGAN STATIC VAR COMPENSATOR (SVC) TERHADAP PROFIL TEGANGAN PADA SISTEM TENAGA LISTRIK

Bimo Arya Kusuma[1], M. Iqbal Arsyad[2], Zainal Abidin[3]
[1,2,3]Program Studi Teknik Elektro, Universitas Tanjungpura Pontianak
[1]Bimoak14@gmail.com

Abstract

A deterioration in the voltage profile of a power system, particularly at terminal buses, can impair system performance and reliability. One solution that can be implemented to address this issue is the installation of a Static Var Compensator (SVC) as a reactive power compensation device. This study aims to analyze the effect of SVC installation on the voltage profile and power flow in a transmission system using the IEEE 30-Bus test system. The method used in this study is trial and error, specifically testing candidate load buses (PQ) with voltages below 0.95 pu. Based on the analysis results, the SVC was installed at bus 8 on the IEEE 30-bus system with a rating of ±30 MVAr. Simulation results show that the installation of the SVC improves the system voltage profile, as evidenced by an increase in the minimum voltage to 0.95 pu and a reduction in the maximum voltage deviation to 0.041 pu, or by 37.31%. Additionally, the installation of the SVC also resulted in a reduction in the system's total active power losses to 7.914 MW, or by 4.48%. Based on these results, it can be concluded that the installation of the SVC is effective in improving voltage quality and the performance of the power system.

Keywords: *Static Var Compensator, Voltage Profile, Power Losses, IEEE 30-Bus, Electric Power System.*

Article History
Received: July 2026
Reviewed: July 2026
Published: July 2026

Plagiarism Checker No 237.u873247.fh8374
Copyright : Author
Publish by : Kohesi

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License

Abstrak

Penurunan kualitas profil tegangan pada sistem tenaga listrik, khususnya pada bus-bus ujung, dapat mengganggu kinerja dan keandalan sistem. Salah satu solusi yang dapat diterapkan untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah pemasangan Static Var Compensator (SVC) sebagai perangkat kompensasi daya reaktif. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh pemasangan SVC terhadap profil tegangan dan aliran daya pada sistem transmisi menggunakan sistem uji IEEE 30 Bus. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah trial and error atau uji coba kandidat bus beban (PQ) dengan tegangan di bawah 0.95 pu. Berdasarkan hasil analisis , SVC dipasang di bus 8 pada IEEE 30 bus dengan rating ±30 MVAr. Hasil simulasi menunjukkan bahwa pemasangan SVC mampu memperbaiki profil tegangan sistem, yang ditunjukkan dengan peningkatan tegangan minimum menjadi 0,95 pu serta penurunan deviasi tegangan maksimum menjadi 0,041 pu atau sebesar 37.31%. Selain itu, pemasangan SVC juga menyebabkan penurunan rugi-rugi daya aktif total sistem menjadi 7.914 MW atau sebesar 4,48% . Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa pemasangan SVC efektif dalam meningkatkan kualitas tegangan dan kinerja sistem tenaga listrik.

Kata kunci: Static Var Compensator, Profil Tegangan, Rugi-rugi Daya, IEEE 30 Bus, Sistem Tenaga Listrik.

1. PENDAHULUAN

Energi listrik merupakan kebutuhan pokok yang sangat penting dalam menunjang aktivitas kehidupan masyarakat modern. Seiring dengan pertumbuhan jumlah penduduk, perkembangan industri, serta peningkatan pemanfaatan peralatan listrik, kebutuhan energi listrik terus mengalami peningkatan dari waktu ke waktu. Kondisi ini menuntut sistem tenaga listrik untuk beroperasi secara andal, efisien, dan stabil. Pertumbuhan beban yang terus meningkat, sementara pengembangan pembangkit dan jaringan transmisi tidak selalu dapat dilakukan secara seimbang, menyebabkan sistem tenaga listrik sering beroperasi mendekati batas kestabilannya. Berdasarkan Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL), pembangunan jaringan transmisi membutuhkan biaya yang besar serta waktu pelaksanaan yang relatif lama. Oleh karena itu, keterbatasan pembangunan infrastruktur transmisi sering mengakibatkan munculnya berbagai permasalahan operasional, salah satunya adalah penurunan profil tegangan, terutama pada bus-bus ujung sistem.

Penurunan profil tegangan yang tidak berada dalam batas standar dapat mengganggu kinerja peralatan listrik, meningkatkan rugi-rugi daya, serta menurunkan keandalan sistem tenaga listrik. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, diperlukan solusi yang mampu meningkatkan kualitas tegangan tanpa harus melakukan penambahan saluran transmisi baru. Salah satu teknologi yang berkembang untuk meningkatkan kinerja sistem transmisi adalah Flexible AC Transmission System (FACTS). FACTS merupakan perangkat berbasis elektronika daya yang mampu mengendalikan parameter sistem tenaga listrik, seperti tegangan, daya aktif, dan daya reaktif secara fleksibel. Dengan penerapan FACTS, sistem transmisi dapat dioperasikan lebih mendekati batas kemampuan termalnya tanpa mengorbankan stabilitas dan keamanan sistem.

Static Var Compensator (SVC) merupakan salah satu perangkat FACTS yang berfungsi sebagai kompensator daya reaktif shunt. SVC bekerja dengan mengatur daya reaktif yang diserap atau disuplai ke sistem melalui pengaturan sudut penyalaan thyristor pada rangkaian reaktor dan kapasitor. Dengan demikian, SVC mampu memperbaiki profil tegangan, mengurangi fluktuasi tegangan, serta meningkatkan stabilitas sistem tenaga listrik. Namun demikian, efektivitas pemasangan SVC sangat dipengaruhi oleh lokasi penempatannya. Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis dampak pemasangan SVC terhadap profil tegangan dan aliran daya pada sistem tenaga listrik dengan menggunakan sistem uji standar IEEE 30 Bus. Penentuan lokasi pemasangan SVC dilakukan berdasarkan trial error atau uji coba pemasangan pada bus beban (PQ) dengan nilai teganangan dibawa 0.95 p.u guna memperoleh lokasi yang paling efektif dalam meningkatkan kualitas tegangan dan kinerja sistem.

2. KERANGKA TEORITIS

2.1 Studi Aliran Daya

Studi aliran daya (load flow) merupakan analisis yang digunakan untuk menentukan kondisi operasi sistem tenaga listrik dalam keadaan tunak (steady state), meliputi besar dan sudut fasa tegangan pada setiap bus, serta aliran daya aktif dan reaktif pada setiap saluran. Dalam analisis ini, bus pada sistem tenaga listrik diklasifikasikan menjadi tiga kategori, yaitu bus slack (referensi), bus PV (generator), dan bus PQ (beban). Persamaan keseimbangan daya aktif dan reaktif pada setiap bus ke-i dinyatakan sebagai berikut:

$$P_i = -P_{Gi} + P_{Li} + \sum_{j=1}^{n} |V_i|\left|Y_{ij}\right|\left|V_j\right| \cos(\delta_i - \delta_j - \theta_{ij}) = 0 \quad (1)$$

$$Q_i = -Q_{Gi} + Q_{Li} + \sum_{j=1}^{n} |V_i|\left|Y_{ij}\right|\left|V_j\right| \sin(\delta_i - \delta_j - \theta_{ij}) = 0 \quad (2)$$

dengan P_i dan Q_i masing-masing adalah daya aktif dan daya reaktif bus ke-i; P_{Gi}, Q_{Gi} adalah daya aktif dan reaktif pembangkitan; P_{Li}, Q_{Li} adalah daya aktif dan reaktif beban; $|V|$ dan $|V_j|$ adalah magnitudo tegangan bus i dan j; $|Y_{ij}|$ dan θ_{ij} adalah magnitudo dan sudut elemen matriks admitansi bus antara bus i dan j; serta δi dan δj adalah sudut fasa tegangan bus i dan j. Rugi-rugi daya pada saluran yang menghubungkan bus p dan q dihitung dengan menjumlahkan aliran daya pada kedua arah saluran tersebut, yaitu:

$$Sloss_{pq} = P_{pq} + jQ_{pq} + P_{qp} + jQ_{qp} \quad (3)$$

dengan Ppq + jQpq adalah aliran daya kompleks dari bus p menuju bus q, dan Pqp + jQqp adalah aliran daya kompleks dari bus q menuju bus p. Penjumlahan rugi-rugi seluruh saluran menghasilkan rugi-rugi daya aktif dan reaktif total sistem.

Metode Newton-Raphson umum digunakan dalam perhitungan aliran daya karena memiliki karakteristik konvergensi yang baik dan cepat untuk sistem berskala besar. Metode ini menyelesaikan sistem persamaan aliran daya nonlinear pada (1) dan (2) secara iteratif melalui persamaan:

$$X^{(k+1)} = X^{(k)} + \Delta X^{(k)} \quad (4)$$

$$\Delta X^{(k)} = -\left[J(X^{(k)})\right]^{-1} F(X^{(k)}) \quad (5)$$

dengan X berisi variabel sudut fasa (δ) dan magnitudo tegangan (|V|) yang dicari, F(X) adalah vektor selisih daya (power mismatch) pada (1) dan (2), J(X) adalah matriks Jacobian dari F(X), dan k adalah indeks iterasi. Proses iterasi dihentikan apabila nilai mutlak selisih daya terbesar telah lebih kecil dari toleransi konvergensi yang ditetapkan.

2.2 FACTS *(Flexible AC Transmission System)*

FACTS merupakan peralatan berbasis elektronika daya yang memungkinkan pengontrolan aliran daya dan tegangan pada sistem transmisi, baik dalam kondisi tunak maupun dinamis. Konsep FACTS pertama kali diperkenalkan oleh Hingorani pada tahun 1988 dan telah digunakan secara luas pada saluran transmisi untuk meningkatkan kemampuan transfer daya tanpa penambahan saluran baru. Secara umum, perangkat FACTS bekerja sebagai kompensator paralel (shunt), kompensator seri, atau kombinasi keduanya. Pemilihan jenis kompensasi FACTS yang akan digunakan dapat ditentukan berdasarkan hubungan antara daya aktif dan daya reaktif yang mengalir pada saluran antara bus i dan j, yang dinyatakan melalui persamaan:

$$P_{ij} = \frac{V_i V_j}{X_{ij}} \sin \theta_{ij} \quad (6)$$

$$Q_{ij} = \frac{1}{X_{ij}} (V_i^2 - V_i V_j \cos \theta_{ij}) \quad (7)$$

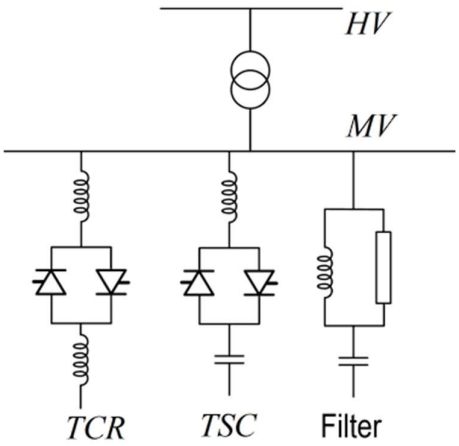
dengan V_i dan V_j adalah tegangan pada bus i dan j, X_{ij} adalah reaktansi saluran, dan θ_{ij} adalah sudut fasa antara V_i dan V_j. Berdasarkan (6) dan (7), daya aktif yang tersalur sangat dipengaruhi oleh selisih sudut fasa tegangan (θ_{ij}), sedangkan daya reaktif dipengaruhi oleh magnitudo tegangan V_i dan V_j antarbus, sehingga hubungan ini menjadi dasar pemilihan jenis kompensasi FACTS yang sesuai dengan tujuan pemasangan.

2.3 *Static Var Compensator (SVC)*

SVC adalah peralatan kompensasi daya reaktif shunt yang bekerja secara cepat pada jaringan transmisi tegangan tinggi. Disebut "static" karena proses kompensasinya tidak melibatkan bagian yang bergerak secara mekanis, melainkan dikendalikan sepenuhnya oleh sistem elektronika daya melalui pengaturan sudut penyalaan thyristor. Pada kondisi beban bersifat kapasitif (leading), SVC akan menyerap daya reaktif dari sistem sehingga tegangan sistem turun; sebaliknya pada kondisi beban induktif (lagging), SVC akan menyuplai daya reaktif ke sistem sehingga tegangan sistem naik. Dalam analisis aliran daya, SVC dapat dimodelkan sebagai injeksi daya reaktif ideal pada bus ke-i tempat SVC dipasang, sesuai persamaan:

$$\Delta Q_i = Q_{svc} \quad (8)$$

dengan ΔQ_i adalah perubahan daya reaktif pada bus ke-i dan Qsvc adalah daya reaktif yang disuntikkan (kapasitif) atau diserap (induktif) oleh SVC. Secara umum fungsi SVC meliputi peningkatan kapasitas transmisi, kontrol tegangan dan daya reaktif, pembatasan overvoltage akibat load rejection, perbaikan stabilitas jaringan AC, serta pencegahan ketidakstabilan tegangan. SVC tersusun atas beberapa komponen utama, yaitu thyristor valve tower sebagai pengatur sudut penyalaan, reaktor dan kapasitor sebagai elemen kompensasi daya reaktif, serta sistem pendingin (cooling system) untuk membuang panas yang timbul pada rangkaian thyristor.



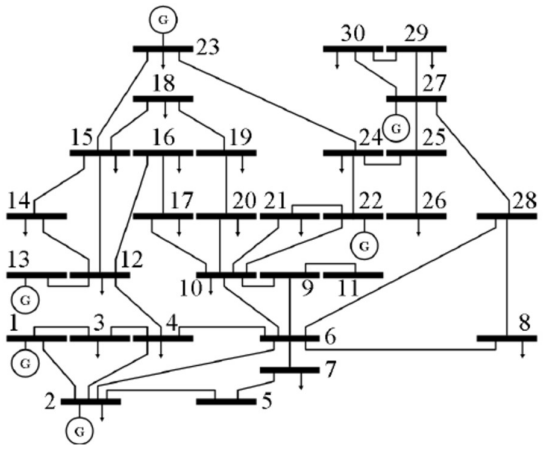
Gambar 2.1. Single Line Diagram Konfigurasi SVC pada Sistem

3. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah simulasi numerik menggunakan perangkat lunak MATLAB R2015a dengan pendekatan trial and error dalam menentukan lokasi pemasangan SVC. Penelitian dilaksanakan melalui tahapan studi literatur, pengumpulan data sistem, pemodelan dan perhitungan aliran daya, uji coba pemasangan SVC, hingga analisis hasil simulasi.

3.1 Sistem Uji IEEE 30 Bus

Penelitian ini menggunakan sistem uji standar IEEE 30 Bus yang terdiri atas bus slack, bus PV (generator), dan bus PQ (beban), dilengkapi dengan data saluran transmisi, transformator dengan tap changer, serta data pembebanan pada setiap bus. Seluruh data pembangkit, saluran, transformator, dan beban mengacu pada data standar IEEE 30 Bus System tanpa perubahan, agar hasil simulasi dapat dibandingkan secara objektif dengan penelitian-penelitian sebelumnya. Diagram satu garis (single line diagram) sistem IEEE 30 Bus ditunjukkan pada Gambar 3.1.



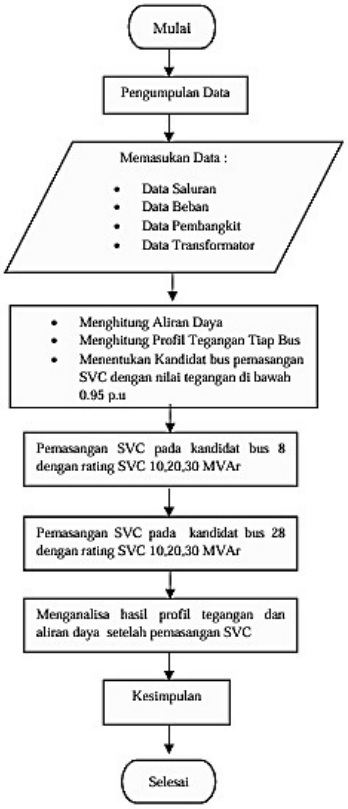
Gambar 3.1. Single Line Diagram Sistem IEEE 30 Bus

3.2 Prosedur Penelitian

1. Studi literatur terkait sistem tenaga listrik, FACTS, SVC, dan sistem uji IEEE 30 Bus.
2. Pengumpulan data sistem IEEE 30 Bus (data pembangkit, saluran, transformator, dan pembebanan) serta penyiapan perangkat lunak MATLAB R2015a sebagai alat simulasi.
3. Pemodelan sistem dan perhitungan aliran daya awal (sebelum pemasangan SVC) menggunakan metode Newton-Raphson pada kondisi steady state, dengan tegangan bus disetel sebesar 1,00 pu, MVAbase 100, dan toleransi konvergensi 0,001.

4. Identifikasi kandidat bus kritis, yaitu bus PQ dengan tegangan di bawah 0,95 pu.
5. Uji coba pemasangan SVC pada setiap kandidat bus dengan rating 10, 20, dan 30 MVAr.
6. Analisis hasil simulasi dengan membandingkan profil tegangan, aliran daya, dan rugi-rugi daya sistem sebelum dan sesudah pemasangan SVC.

Perhitungan kebutuhan kompensasi daya reaktif pada bus terpilih mengacu pada pemodelan SVC sebagai injeksi daya reaktif ideal pada bus ke-i sebagaimana dinyatakan pada Persamaan (8), dengan aliran daya sistem pada setiap tahap uji coba dihitung kembali menggunakan Persamaan (1)–(5). Diagram alir penelitian secara keseluruhan ditunjukkan pada Gambar 3.2.

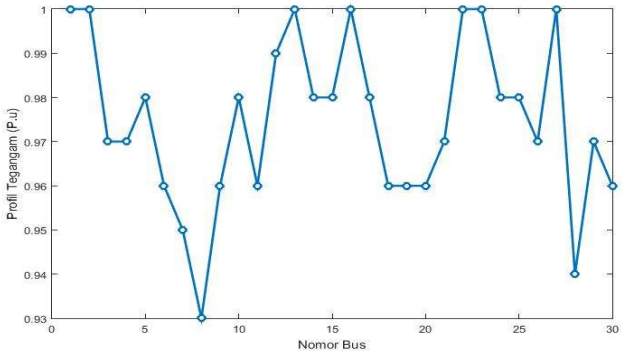


Gambar 3.2. Diagram Alir Penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Profil Tegangan dan Rugi-Rugi Daya Sebelum Pemasangan SVC

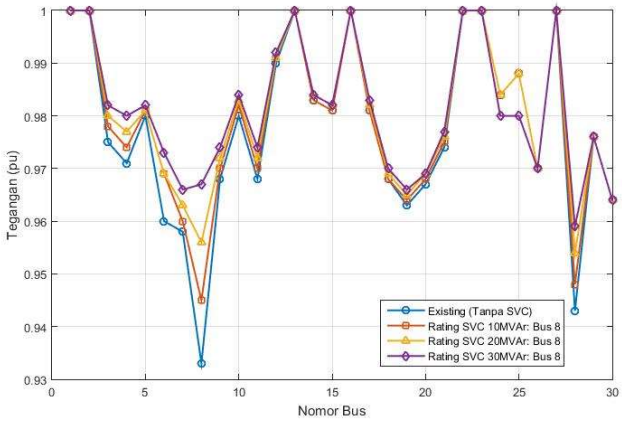
Hasil perhitungan aliran daya awal pada sistem IEEE 30 Bus menggunakan metode Newton-Raphson menunjukkan bahwa beberapa bus beban memiliki tegangan di bawah batas 0,95 pu, dengan rugi-rugi daya aktif total sistem sebesar 8,285 MW. Bus-bus dengan tegangan di bawah 0,95 pu inilah yang selanjutnya dijadikan kandidat lokasi pemasangan SVC, di antaranya bus 8 dan bus 28. Profil tegangan awal sistem ditunjukkan pada Gambar 4.1.



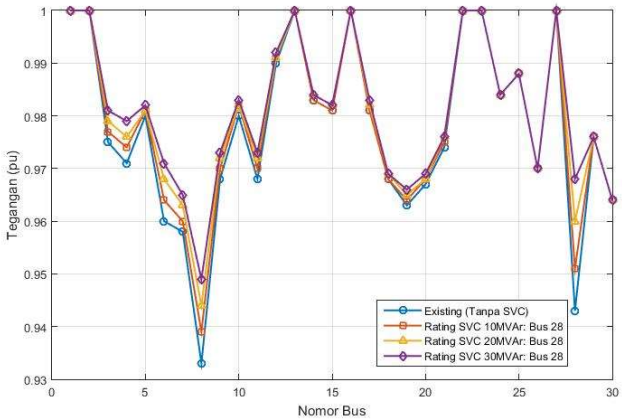
Gambar 4.1 Grafik Profil Tegangan Awal Sistem IEEE 30 Bus

4.2. Hasil Simulasi Pemasangan SVC pada Bus 8 dan Bus 28

Uji coba pemasangan SVC dengan rating 10, 20, dan 30 MVAr dilakukan pada kandidat bus 8 dan bus 28. Hasil simulasi menunjukkan bahwa pemasangan SVC pada bus 8 memberikan perbaikan profil tegangan dan penurunan rugi-rugi daya yang lebih baik dibandingkan pemasangan pada bus 28 untuk setiap rating yang diuji. Grafik hasil simulasi pemasangan SVC pada kedua bus tersebut ditunjukkan pada Gambar 4.2 dan Gambar 4.3.



Gambar 4.2. Grafik Hasil Simulasi Pemasangan SVC di Bus 8



Gambar 4.3. Grafik Hasil Simulasi Pemasangan SVC di Bus 28

4.3. Perbandingan Rugi-Rugi Daya Aktif

Tabel 4.1 menunjukkan perbandingan rugi-rugi daya aktif total sistem sebelum dan sesudah pemasangan SVC pada bus 8 untuk setiap rating yang diuji. Rugi-rugi daya aktif total sistem sebelum pemasangan SVC adalah sebesar 8,285 MW.

Tabel 4.1. Penurunan Rugi-Rugi Daya Aktif Sistem Akibat Pemasangan SVC di Bus 8

Rating SVC (MVAr)	Rugi-Rugi Daya (MW)	Penurunan (%)
10	8,105	2,17
20	7,983	3,65
30	7,914	4,48

Berdasarkan Tabel 4.1, penurunan rugi-rugi daya terbesar diperoleh pada pemasangan SVC dengan rating 30 MVAr, yaitu sebesar 4,48%, sehingga rating tersebut ditetapkan sebagai kapasitas SVC yang optimal untuk dipasang pada bus 8.

4.4. Perbandingan Profil Tegangan

Pemasangan SVC dengan rating 30 MVAr pada bus 8 juga memberikan perbaikan profil tegangan sistem secara signifikan, sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2. Pengaruh Pemasangan SVC 30 MVAr di Bus 8 Terhadap Profil Tegangan dan Rugi-Rugi Daya Sistem

Parameter	Sesudah Pemasangan SVC	Perubahan
Tegangan minimum sistem	0,95 pu	Naik ± 2,79%
Deviasi tegangan maksimum	0,041 pu	Turun 37,31%
Rugi-rugi daya aktif total	7,914 MW	Turun 4,48%

Berdasarkan Tabel 4.2, pemasangan SVC berkapasitas 30 MVAr pada bus 8 mampu menaikkan tegangan minimum sistem hingga mencapai 0,95 pu atau meningkat sekitar 2,79% dari kondisi awal, serta menurunkan deviasi tegangan maksimum menjadi 0,041 pu atau berkurang sebesar 37,31%. SVC bekerja secara korektif dan stabil dalam menyuplai daya reaktif ke sistem tanpa menimbulkan overcompensation, sehingga profil tegangan pada bus-bus di sekitar lokasi pemasangan menjadi lebih merata. Peningkatan tegangan tersebut turut berkontribusi terhadap penurunan rugi-rugi daya aktif total sistem, karena aliran daya reaktif dari pembangkit maupun saluran yang jauh dapat dikurangi setelah kebutuhan daya reaktif lokal dipenuhi oleh SVC.

Perbandingan antara bus 8 dan bus 28 menunjukkan bahwa lokasi pemasangan SVC sangat memengaruhi efektivitas kompensasi. Bus 8 memberikan hasil perbaikan tegangan dan penurunan rugi-rugi daya yang lebih baik dibandingkan bus 28 pada setiap rating yang diuji, sehingga bus 8 dengan rating SVC 30 MVAr ditetapkan sebagai lokasi dan kapasitas pemasangan SVC yang paling optimal pada sistem IEEE 30 Bus dalam penelitian ini.

KESIMPULAN

1. Lokasi penempatan SVC yang optimal pada sistem transmisi IEEE 30 Bus adalah pada bus 8 dengan rating SVC 30 MVAr.
2. Penempatan optimal tersebut diperoleh berdasarkan uji coba pemasangan pada kandidat bus kritis, yaitu bus dengan hasil perhitungan tegangan di bawah 0,95 pu.
3. Pemasangan SVC terbukti meningkatkan profil tegangan sistem, dengan kenaikan tegangan minimum sekitar 2,79%, serta bekerja secara korektif dan stabil tanpa menyebabkan overcompensation.
4. Pemasangan SVC menyebabkan penurunan rugi-rugi daya aktif total sistem dan penurunan deviasi tegangan maksimum (VDmax) secara signifikan, menunjukkan peningkatan efisiensi dan kualitas tegangan sistem.

Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengevaluasi pemasangan SVC pada lebih dari satu bus secara bersamaan, menerapkan metode optimasi seperti Particle Swarm Optimization (PSO) atau Genetic Algorithm (GA) dalam penentuan lokasi dan rating SVC, menganalisis

pengaruh pemasangan SVC pada berbagai kondisi pembebanan (ringan, normal, dan puncak), serta membandingkan kinerja SVC dengan perangkat FACTS lain seperti STATCOM atau TCSC.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, "Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik PT Perusahaan Listrik Negara (Persero) Tahun 2016 s.d 2025," Jakarta.
[2] I. S. Syahbudin, "Pemasangan perangkat FACTS pada sistem transmisi menggunakan algoritma optimal whale," 2018.
[3] F. Relic, "Pengaruh Implementasi Perangkat FACTS terhadap Kinerja Jaringan Distribusi dengan Sumber Energi Terbarukan yang Terintegrasi," 2020.
[4] A. Alfian, "Analisis Penempatan Thyristor Controlled Series Compensator (TCSC) Pada Saluran Bukit Kemuning–Baturaja Di Sistem Tenaga Listrik Lampung," 2016.
[5] M. N. Dawood, "Alokasi Perangkat FACTS yang Optimal untuk Meningkatkan Faktor Kehilangan Daya pada Sistem IEEE 9 Bus," 2019.
[6] F. Alfarizy, A. Soeprijanto, and H. Suryoatmojo, "Penempatan Optimal Thyristor Controlled Series Capacitor (TCSC) dan Static Var Compensator (SVC) Menggunakan Quantum Behaved Particle Swarm Optimization (QPSO) untuk Pembebanan Maksimal," Tugas Akhir, Jurusan Teknik Elektro ITS, Surabaya, 2012.
[7] Umar, "Optimal Location of TCSC and SVC in 500 kV Jawa-Bali Power System by Means of Breeder Genetic Algorithm," M.T. thesis, Dept. Electrical Engineering, Sepuluh Nopember Institute of Technology, Surabaya, 2008.
[8] D. J. Gotham and G. T. Heydt, "Power Flow Control and Power Flow Studies for Systems With FACTS Devices," IEEE Trans. Power Syst., vol. 13, no. 1, Feb. 1998.
[9] Z. Abidin, "Dampak Pemasangan Peralatan FACTS Terhadap Stabilitas Tegangan Pada Sistem Tenaga Listrik," 2014.
[10] F. R. Priyana, "Analisa Dampak Pemasangan Static Var Compensator (SVC) pada IPP PLTBg 2x1.5MW PT. Gree Energy Hamparan terhadap Sistem Distribusi 20 kV Penyulang Rambutan," 2022.
[11] H. Saadat, Power System Analysis, McGraw-Hill International Edition, 1999.
[12] R. Hazbullah, "Simulasi dan Analisa Penempatan Static Synchronous Compensator (STATCOM) Sebagai Pengatur Stabilitas Tegangan Pada Saluran Transmisi 150 KV," Teknik Elektro Universitas Siliwangi, 2020.
[13] R. Gianto, "Analisa Sistem Tenaga," Academia.edu.
[14] C. R. Fuerte-Esquivel and E. Acha, "A Newton-Type Algorithm for the Control of Power Flow in Electrical Power Networks," IEEE Trans. Power Syst., vol. 12, no. 4, Nov. 1997.
[15] Appendix, Data Sheets For IEEE 30 Bus System.
[16] M. Calasan, T. Konjić, K. Kecojević, and L. Nikitović, "Optimal Allocation of Static Var Compensators in Electric Power Systems," 2020.