

ANALISA PENERAPAN *STATIC VAR COMPENSATOR* (SVC) PADA SALURAN TRANSMISI 150 KV BALI

Ahmad Risky Firmansyah¹, I Made Wartana², Abraham Lomi³

Teknik Elektro S1, ITN Malang, Malang Indonesia

¹firmansyah02.rk@gmail.com, ²m.wartana@lecturer.itn.ac.id, ³abraham@lecturer.itn.ac.id

Abstrak— Saluran transmisi listrik 150 kV di Bali menghadapi tantangan dalam mengelola fluktuasi tegangan dan kestabilan sistem akibat dari variasi beban yang dinamis. Untuk meningkatkan kualitas daya yang disalurkan, diperlukan solusi yang efektif dalam mengendalikan daya reaktif, yang dapat dilakukan dengan menerapkan *Static Var Compensator* (SVC). Dalam konteks saluran transmisi 150 kV di Bali, penerapan SVC dapat memberikan beberapa manfaat signifikan. Pertama, SVC dapat meningkatkan kestabilan tegangan dengan cepat merespon fluktuasi beban yang terjadi secara dinamis. Hal ini sangat penting untuk menjaga tegangan tetap dalam batas yang diizinkan, mengurangi kemungkinan terjadinya lonjakan atau penurunan tegangan yang dapat mempengaruhi kinerja peralatan listrik. Selain itu, SVC juga dapat membantu dalam meningkatkan efisiensi sistem transmisi dengan mengurangi rugi-rugi daya dan meningkatkan kapasitas transmisi yang tersedia. Dengan mengontrol aliran daya reaktif, SVC memungkinkan sistem untuk mengoperasikan saluran transmisi lebih dekat dengan batas kemampuannya tanpa mengorbankan kualitas daya yang disalurkan. Namun, penerapan SVC tidak datang tanpa tantangan. Beberapa pertimbangan teknis dan ekonomis perlu diperhatikan, seperti biaya investasi awal, pemeliharaan, dan integrasi dengan sistem kontrol yang ada.

Kata Kunci : *FACTS, Profil tegangan, Stabilitas tegangan statis, SVC*

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Sistem transmisi listrik berperan sebagai komponen kunci dalam infrastruktur energi, mengalirkan daya dari sebuah pembangkit listrik ke konsumen di berbagai tempat dan lokasi. Selama melakukan proses ini, terdapat berbagai tantangan teknis yang bisa mempengaruhi keandalan sistem secara keseluruhan. Beberapa kendala yang sering terjadi pada saluran transmisi meliputi berbagai faktor teknis dan eksternal. Perubahan beban pada jaringan dapat memicu fluktuasi tegangan yang mengganggu kestabilan sistem. Selain itu,

gangguan sementara seperti hubungan pendek, lonjakan arus, atau bahkan kondisi cuaca ekstrem seperti petir, angin kencang, dan hujan deras juga berpotensi memengaruhi keandalan saluran transmisi. Faktor lain yang mempengaruhi kinerja adalah sifat kapasitansi dan induktansi pada saluran transmisi panjang, yang dapat menimbulkan distorsi pada arus dan tegangan, serta memengaruhi efisiensi penyaluran daya listrik. Fenomena-fenomena ini seringkali memerlukan tindakan mitigasi melalui teknologi kompensasi daya atau peralatan proteksi untuk menjaga kestabilan dan kualitas sistem tenaga listrik.[1]. Salah satu isu utama dalam menjaga Operasi sistem tenaga listrik sangat bergantung pada stabilitas sistem untuk menjaga keandalan dan kontinuitas pasokan energi. Salah satu aspek krusial dari stabilitas ini adalah stabilitas transien, yang menjadi perhatian utama karena gangguan transien biasanya terjadi secara mendadak dan dalam waktu yang sangat singkat. Gangguan semacam ini, seperti pemutusan mendadak pada jalur transmisi atau perubahan besar pada beban, dapat menyebabkan perubahan cepat dalam kondisi operasi sistem. Jika tidak ditangani dengan baik, gangguan transien dapat memicu ketidakseimbangan yang berpotensi merusak peralatan atau bahkan menyebabkan pemadaman luas.

Oleh karena itu, langkah-langkah proteksi dan kontrol yang cepat dan akurat sangat dibutuhkan untuk menjaga stabilitas sistem selama fase-fase kritis ini. Implementasi sistem relai proteksi, pengendalian otomatis, dan analisis dinamika sistem yang cermat adalah beberapa langkah yang diambil untuk meminimalkan dampak gangguan transien, menjaga kestabilan tegangan, dan memastikan kelangsungan operasi sistem tenaga listrik secara keseluruhan. Untuk menjaga keamanan sistem, diperlukan langkah-langkah preventif dan korektif. Secara umum, klasifikasi stabilitas sistem tenaga dapat dilihat pada gambar 1[2]. Klasifikasi stabilitas sistem tenaga terdiri dari beberapa aspek penting. Kestabilan sudut rotor mengacu pada

kemampuan mesin sinkron dalam sistem tenaga yang terhubung untuk tetap sinkron setelah adanya gangguan. Di sisi lain, kestabilan frekuensi mengacu pada kemampuan sistem tenaga untuk mempertahankan kestabilan frekuensinya setelah terjadi gangguan besar yang menyebabkan ketidakseimbangan yang signifikan antara pembangkit dan beban. Sementara itu, kestabilan tegangan merujuk pada kemampuan sistem tenaga untuk mempertahankan kestabilan tegangan di seluruh titik bus dalam sistem setelah terjadi gangguan, yang berawal dari kondisi operasi awal yang telah ditentukan.[4].

B. Rumusan Masalah

1. Bagaimana penempatan terbaik SVC pada Bus?
2. Berapa perbeban profil tegangan rugi rugi saluran sesudah pemasangan penempatan SVC pada jaringan tranmisi.

C. Tujuan

1. Menentukan penempatan terbaik pemasangan SVC pada Bus.
2. Meningkatkan profil dengan mereduksi rugi rugi saluran pada tegangan pada sistem kelistrikan 150kv Bali dengan melakukan pemasangan SVC

II. KAJIAN PUSTAKA

A. Sistem Tenaga Listrik

Sistem tenaga listrik adalah sebuah jaringan kompleks yang terdiri dari berbagai komponen dan perangkat listrik yang saling terintegrasi untuk mendistribusikan energi..Sistem tenaga listrik memiliki fungsi utama untuk mentransmisikan energi listrik yang dihasilkan oleh pembangkit listrik atau generator ke konsumen yang memerlukannya, baik itu rumah tangga, industri, maupun bisnis. Proses ini melibatkan pengaliran listrik melalui jaringan transmisi dan distribusi yang kompleks, memastikan bahwa energi sampai ke konsumen dengan tegangan dan kualitas yang sesuai.

Pada umumnya, sistem tenaga listrik terdiri dari empat komponen utama.

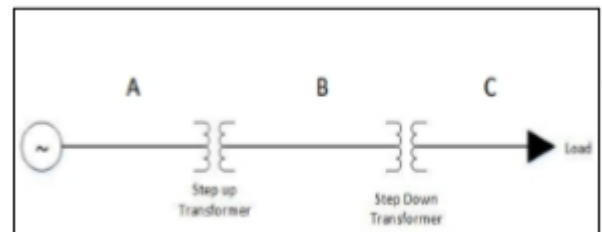
1. Sistem Pembangkit

Fasilitas pembangkit pada sistem tenaga listrik mencakup berbagai perangkat yang dibuat untuk memproduksi energi listrik, dengan generator sebagai komponen utamanya. Pembangkit listrik ini berfungsi untuk mengubah berbagai bentuk energi primer, seperti energi mekanik, termal, atau kimia, menjadi energi listrik yang dapat dialirkan ke jaringan distribusi. Proses ini

mencakup pengubahan energi dari berbagai sumber bahan bakar, seperti batu bara, air, dan energi nuklir, menjadi listrik. Setiap jenis sumber energi memiliki metode konversi yang berbeda.

2. Sistem Transmisi

Sistem transmisi listrik merupakan elemen krusial dalam infrastruktur tenaga listrik, berperan dalam mengalirkan daya yang dihasilkan oleh pembangkit listrik menuju jaringan distribusi. Sistem ini terdiri dari jaringan saluran transmisi bertegangan tinggi yang dirancang untuk membawa energi listrik jarak jauh dengan efisiensi tinggi, Sistem transmisi biasanya melibatkan berbagai komponen, termasuk tiang listrik, kabel, transformator, dan peralatan pengendalian. Dengan adanya infrastruktur transmisi yang baik, energi listrik yang dihasilkan di pembangkit yang terletak jauh dari pusat konsumsi dapat disalurkan dengan efisien ke berbagai daerah, termasuk daerah pedesaan dan terpencil yang mungkin tidak memiliki sumber pembangkit listrik local [4]. Pada sistem transmisi Listrik,Dengan meningkatkan tingkat tegangan, arus yang diperlukan untuk mentransmisikan daya yang sama menjadi lebih rendah, sehingga mengurangi kehilangan energi akibat resistansi pada kabel.



Gambar 1. Pembagian Zona Tegangan Pada Transmisi

Dengan keterangan:

- A. Tegangan rendah / menengah
- B. Tegangan tinggi / ekstra tinggi
- C. Tegangan menengah / rendah

Saluran transmisi memiliki peran penting dalam mendistribusikan energi listrik dari sumber pembangkit ke konsumen melalui jaringan dengan tingkat tegangan tinggi atau ekstra tinggi, umumnya berkisar antara 150 kV hingga 500 kV. Sistem transmisi ini juga dirancang untuk meminimalkan kehilangan energi selama proses pengiriman, sehingga memastikan efisiensi yang maksimal dalam penyediaan listrik kepada pengguna akhir. Dengan demikian, jaringan transmisi tidak hanya berfungsi sebagai penghubung antara pembangkit dan konsumen, tetapi juga

sebagai elemen kunci dalam menjaga stabilitas dan keandalan pasokan energi listrik.

3. Sistem Distribusi

Jaringan yang dikenal sebagai sistem distribusi listrik berfungsi untuk mengalirkan daya dari saluran transmisi menuju konsumen akhir. Sistem ini menjadi jembatan vital dalam penyampaian energi listrik yang telah ditransmisikan pada tegangan tinggi, sehingga siap digunakan oleh berbagai pengguna, baik di sektor residensial, komersial, maupun industri. Fungsi utama dari sistem distribusi ini adalah untuk menurunkan tegangan melalui gardu induk sebelum mengalirkan daya kepada konsumen sesuai dengan kebutuhan spesifik mereka. Proses ini sangat penting karena sebagian besar perangkat dan peralatan listrik di rumah tangga dan industri beroperasi pada level tegangan yang jauh lebih rendah dibandingkan dengan tegangan tinggi yang digunakan dalam sistem transmisi. Pada tahap ini, transformator distribusi memainkan peran penting dalam menurunkan tegangan ke tingkat yang sesuai untuk kebutuhan penggunaan di rumah tangga maupun industri. Dengan fungsi ini, transformator memastikan bahwa energi listrik yang dialirkan tidak hanya aman untuk digunakan, tetapi juga sesuai dengan spesifikasi teknis yang diperlukan oleh berbagai peralatan listrik yang terhubung [5].

4. Beban

Setiap kategori memiliki karakteristik dan kebutuhan energi yang berbeda, yang mempengaruhi cara penyediaan dan distribusi listrik. Sebaliknya, industri kecil dan menengah biasanya dilayani melalui jaringan distribusi primer. Jaringan ini dirancang untuk menyediakan daya listrik yang cukup untuk memenuhi kebutuhan operasional yang lebih kecil dibandingkan dengan beban industri besar. Dengan kapasitas yang lebih rendah, jaringan distribusi primer memastikan bahwa industri kecil dan menengah dapat mengakses energi yang diperlukan dengan efisien dan andal.

Terdapat tiga pemodelan yang sering digunakan untuk sistem tenaga listrik untuk menggambarkan beban.

1. Model pertama menggambarkan beban sebagai daya konstan, di mana daya nyata (MW) dan daya reaktif (MVar) dianggap tetap.
2. Model kedua menggambarkan beban sebagai arus (I) yang dijaga pada tingkat yang konstan..
3. Dalam analisis stabilitas, impedansi tetap sering digunakan untuk merepresentasikan karakteristik beban. Pendekatan ini mengasumsikan bahwa impedansi, yang terdiri dari komponen resistif dan reaktif, tetap konstan

selama analisis.

B. Rugi Rugi Sistem Tenaga Listrik

Pada tahap pembangkitan, transmisi listrik menghadapi kerugian yang disebabkan oleh berbagai faktor. Kerugian ini tidak hanya terbatas pada elemen tertentu, tetapi mencakup seluruh rantai sistem, mulai dari pusat pembangkit hingga ke konsumen akhir..

1. Rugi-Rugi Saluran

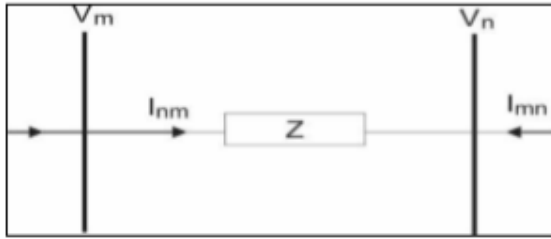
Saluran distribusi listrik terdiri dari elemen-elemen penting seperti kapasitansi, induktansi, dan resistansi. Dalam analisis sistem tenaga, membangun rangkaian ekuivalen untuk saluran distribusi, baik primer maupun sekunder, menjadi langkah penting. Pada saluran yang berjarak pendek, kapasitansi sering kali dianggap tidak signifikan dan dapat diabaikan. Hal ini dikarenakan, pada jarak yang relatif pendek, dampak kapasitansi terhadap aliran arus dan tegangan cenderung minimal dibandingkan dengan elemen resistif dan induktif lainnya.

Pelembekan logam berfungsi untuk mengurangi kerugian tegangan tarik yang terjadi pada berbagai suhu. Meskipun begitu, kerugian ini biasanya dianggap tidak signifikan jika penghantar beroperasi dalam batas yang direkomendasikan untuk kondisi tertentu. Dalam konteks ini, penting untuk memahami bahwa meskipun penghantar mungkin menunjukkan performa yang baik dalam hal kerugian tegangan, faktor-faktor lain seperti suhu kerja dan penurunan kekuatan penghantar seiring waktu tetap perlu dievaluasi secara cermat.

Dengan berjalannya waktu, arus yang mengalir dapat menyebabkan peningkatan suhu pada penghantar, yang pada gilirannya mengakibatkan lebih banyak energi listrik terbuang dalam bentuk panas. Proses ini tidak hanya menyebabkan hilangnya energi, tetapi juga berdampak pada penurunan tegangan di ujung penghantar. Ketika energi terbuang, tegangan yang tersedia untuk perangkat atau beban di ujung penghantar berkurang, yang bisa mengakibatkan performa sistem menjadi tidak optimal. Semakin panjang penghantar, semakin besar pula kemungkinan terjadinya kerugian tegangan akibat resistansi yang ada. Hambatan dalam penghantar berfungsi sebagai penghalang bagi aliran arus, sehingga energi akan hilang lebih banyak saat arus harus menempuh jarak yang lebih jauh..

Saat tegangan pada saluran meningkat, arus yang mengalir melalui konduktor cenderung mengalami penurunan. Hal ini disebabkan oleh hubungan searah antara tegangan dan arus, dimana peningkatan tegangan akan mengurangi arus yang dibutuhkan untuk menghantarkan daya yang sama. Rugi-rugi daya pada suatu saluran dapat dihitung setelah nilai tegangan

dan arus pada setiap saluran dan bus ditentukan melalui proses perhitungan yang berulang.



Gambar 2. Contoh Saluran Sederhana

$$I_{mn} = I_{nm} = Z(V_m - V_n) \quad (1)$$

$$I_{nm} = I_{mn} I_{nm} = I_m = Z_{nm} (V_n - V_m) \quad (2)$$

Daya kompleks bus m ke bus n dan bus n ke bus m dapat diperoleh dengan cara berikut:

$$S_{mn} = V_m * I_{mn} \quad (3)$$

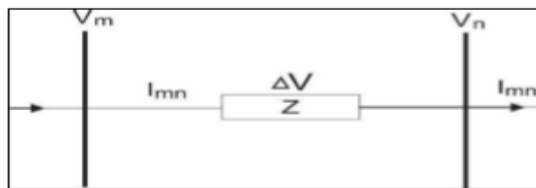
$$S_{mn} = V_n * I_{nm} \quad (4)$$

Untuk saluran m–n, rugi saluran dapat diperoleh dengan menjumlahkan persamaan (5) dan (6):

$$S_{Lmn} = S_n + S_{nm} \quad (5)$$

$$P_{Lmn} = \text{real}(S_{Lmn}) \quad (6)$$

Salah satu jenis kerugian jaringan adalah kerugian tegangan, yang dapat dimodelkan dengan persamaan berikut. Gambar 2.4 menunjukkan rangkaian saluran sederhana.



G

Gambar 3. Rangkaian saluran sederhana

Persamaan dapat dituliskan berdasarkan Hukum Kirchhoff untuk tegangan.(7).

$$V_m = V_n + \Delta V = V_n + Z * I_{nm} \quad (7)$$

C. Studi Aliran Daya (Load Flow Analysis)

Studi aliran daya, yang juga dikenal sebagai analisis aliran daya, adalah pendekatan yang digunakan untuk memahami bagaimana energi didistribusikan dalam sistem tenaga listrik. Kajian ini berfokus pada pola distribusi daya dan nilai tegangan dalam keadaan operasi yang stabil (steady state). Melalui analisis ini, para insinyur dan perencana sistem dapat menginvestigasi jalur aliran energi dari pembangkit ke berbagai beban dalam jaringan, serta mempertimbangkan faktor-faktor seperti impedansi saluran, karakteristik beban,

dan faktor daya yang memengaruhi proses tersebut.

Informasi yang diperoleh dari analisis aliran daya sangat penting untuk menilai kinerja keseluruhan sistem tenaga listrik. Ini termasuk pemahaman tentang kondisi pembangkit serta beban yang terhubung. Dalam analisis ini, terdapat beberapa elemen kunci, seperti bus rendah yang berfungsi sebagai referensi, bus pengatur tegangan, bus generator, dan bus beban. Masing-masing elemen ini memainkan peran vital dalam menjaga efisiensi dan stabilitas aliran daya. Dengan memahami hubungan antar komponen ini, kita dapat meningkatkan perencanaan dan pengelolaan sistem tenaga listrik, serta mempersiapkan diri untuk tantangan di masa mendatang.

1. Bus (Bus Slack Referensi):

Pada bus tegangan rendah ini, nilai tegangan dan sudut fasa ditetapkan, sedangkan perhitungan daya aktif dan reaktif dilakukan berdasarkan parameter yang tersedia. Karena fasor tegangan pada bus ini menjadi referensi, besar tegangannya umumnya diset pada 1 per unit (pu), dengan sudut fasa yang diatur pada nol derajat..

2. Voltage Controller (Bus Generator):

Pada bus ini, terhubung dengan fasilitas pembangkit tenaga listrik, di mana pengaturan tegangan dilaksanakan menggunakan alat Pengatur Tegangan Otomatis (AVR). Sementara itu, pengaturan daya aktif dikelola oleh Governor. Dalam konteks ini, analisis memungkinkan perhitungan daya reaktif dan sudut fase, dengan asumsi bahwa nilai tegangan dan daya aktif telah ditentukan sebelumnya.

Pentingnya pengaturan ini tidak dapat diabaikan, karena menjaga stabilitas sistem tenaga listrik sangat bergantung pada keseimbangan antara daya aktif dan daya reaktif. AVR berperan krusial dalam menyesuaikan tegangan agar tetap dalam rentang yang aman, sementara Governor memastikan bahwa output daya sesuai dengan kebutuhan beban. Dengan pemahaman yang baik mengenai interaksi ini, insinyur dapat merancang dan mengelola sistem tenaga listrik yang lebih efisien dan responsif terhadap fluktuasi beban, sehingga meningkatkan keandalan pasokan energi. Selain itu, pemantauan dan analisis berkala terhadap parameter ini sangat penting untuk menjaga kinerja optimal sistem secara keseluruhan.

2. Load Bus (Bus Beban):

Bus ini khusus digunakan untuk beban-beban yang nilai daya aktif dan reaktifnya telah ditentukan sebelumnya. Oleh karena itu, tegangan dan sudut fasa akan disesuaikan dengan kebutuhan beban. Selain itu, daya listrik terbagi menjadi tiga komponen,

yaitu daya aktif (P), daya reaktif (Q), dan daya semu (S) [7]. Masing-masing memiliki peran dan tujuan tertentu:

- Daya aktif (P) Daya ini umumnya dihasilkan melalui proses konversi dari sumber energi primer, seperti bahan bakar fosil, tenaga air, atau energi matahari. Dalam sistem tenaga listrik, daya aktif menjadi komponen utama yang menggerakkan perangkat dan alat listrik, seperti motor, pemanas, dan penerangan. Secara matematis, daya aktif dilambangkan dengan simbol P dan diukur dalam satuan watt (W)
- Daya reaktif (Q) Daya ini berperan penting dalam menjaga stabilitas dan efisiensi sistem, terutama dalam aplikasi yang melibatkan motor listrik, trafo, dan peralatan induktif lainnya. Dalam konteks ini, daya reaktif tidak digunakan untuk melakukan pekerjaan nyata, tetapi diperlukan untuk memastikan bahwa peralatan dapat berfungsi dengan baik. Daya reaktif dilambangkan dengan simbol Q dan diukur dalam satuan Volt-Ampere Reaktif (VAR)..
- Daya total (S) adalah jumlah keseluruhan dari daya aktif dan daya reaktif dalam suatu sistem tenaga listrik. Daya ini mencakup semua energi yang digunakan untuk melakukan pekerjaan dan juga yang diperlukan untuk mendukung operasi komponen sistem. Daya total dilambangkan dengan simbol S dan diukur dalam satuan Volt-Ampere (VA).

D. Flexible Alternating Current Transmission System (FACTS)

Kontrol elektronik yang terintegrasi, dirancang untuk mengelola variabel-variabel penting pada saluran transmisi listrik. Dengan kemampuan untuk mengatur faktor-faktor seperti impedansi saluran, tegangan sistem, dan sudut tegangan secara cepat dan efisien., FACTS memainkan peran kunci dalam meningkatkan kinerja dan keandalan jaringan listrik. Oleh karena itu, perangkat FACTS memegang peranan krusial dalam menjaga kelancaran operasi sistem tenaga listrik.[11]. Seperti yang diilustrasikan dalam gambar sebelumnya. Dengan penerapan teknologi FACTS, sistem transmisi dapat dioptimalkan untuk mengelola aliran daya yang lebih tinggi, meningkatkan efisiensi operasional, dan mengurangi kerugian daya yang sering terjadi. Berbagai perangkat FACTS telah banyak digunakan dalam sistem tenaga modern sebagai solusi untuk mengatasi tantangan dalam distribusi daya [12].

Dengan penerapan teknologi FACTS, sistem transmisi dapat dioptimalkan untuk mengelola aliran daya yang lebih

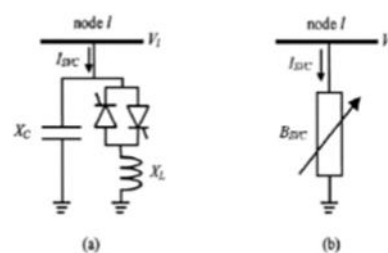
tinggi, meningkatkan efisiensi operasional, dan mengurangi kerugian daya yang sering terjadi. Berbagai perangkat FACTS telah banyak digunakan dalam sistem tenaga modern sebagai solusi untuk mengatasi tantangan dalam distribusi daya

1. Static Var Compensator (SVC)

Merupakan jenis penyerap atau generator VAR statis yang terhubung secara paralel, di mana outputnya diatur untuk menggantikan arus induktif atau kapasitif. Hal ini bertujuan untuk mengontrol atau mengelola faktor-faktor yang relevan dari arus, terutama faktor tegangan pada bus.. Kompensator VAR statis bekerja dengan thyristor yang tidak memiliki kemampuan untuk mematikan melalui gerbang. Karakteristik dan fungsi thyristor ini memungkinkan SVC reaktif untuk menyesuaikan impedansi secara adaptif.. Peralatan utama yang terdapat dalam perangkat ini adalah TCR (*Thyristor Controlled Reactor*) dan TSR (*Thyristor Controlled Capacitor*), yang merupakan reaktor dan kapasitor yang dikendalikan oleh thyristor

Salah satu peralatan FACTS dengan jenis impedansi variabel yang sedang dikembangkan dan akan digunakan dalam tugas akhir ini adalah (SVC). SVC berfungsi untuk memberikan kompensasi daya reaktif dengan cepat pada jaringan transmisi tenaga listrik tegangan tinggi.. Secara rinci, fungsi SVC adalah: [3]

1. Meningkatkan kapasitas sistem transmisi
2. Kontrol ketegangan
3. Kontrol aliran daya reaktif
4. Mengurangi dan membatasi frekuensi tegangan lebih akibat penolakan beban
5. Meningkatkan stabilitas jaringan AC
6. Mencegah ketidakstabilan tegangan



Gambar 5. Struktur Dasar SVC

1. Kontruksi Static Var Compensator

Kompensator VAR statis (SVC) adalah sekumpulan perangkat listrik yang dirancang untuk menyediakan daya reaktif dengan cepat pada jaringan transmisi listrik tegangan tinggi. SVC merupakan bagian dari sistem transmisi AC fleksibel yang

berfungsi untuk mengatur tegangan, faktor daya, harmonik, serta menstabilkan sistem secara keseluruhan. Kompensator VAR statis tidak memiliki bagian bergerak yang signifikan, kecuali untuk switchgear internal.

Sebelum adanya SVC adalah perangkat yang berfungsi sebagai pencocokan impedansi otomatis, dirancang untuk membawa sistem mendekati faktor daya satu.. SVC digunakan dalam dua situasi utama:

Terhubung dengan sistem tenaga listrik, SVC berfungsi untuk mengatur tegangan dalam proses transmisi.

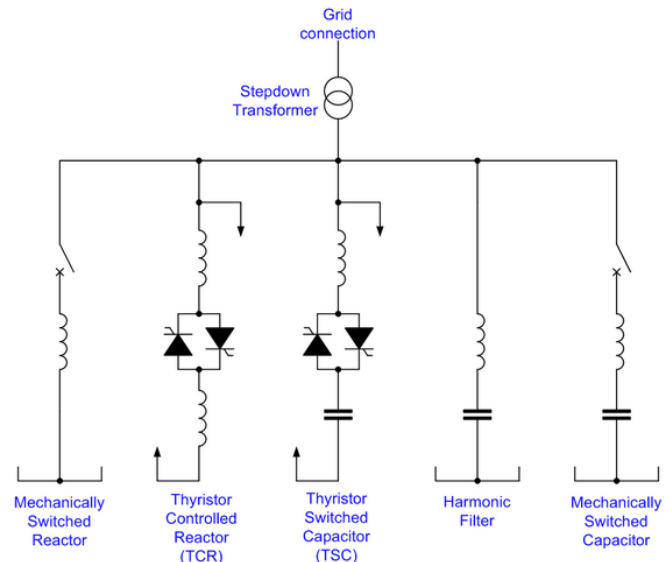
Terhubung di dekat beban industri besar, untuk meningkatkan kualitas daya ("industrial SVC")

Dalam aplikasi transmisi, SVC digunakan untuk mengatur tegangan jaringan. Jika beban reaktif sistem tenaga bersifat kapasitif (leading), SVC akan memanfaatkan reaktor yang dikontrol thyristor untuk menyerap VAR dari sistem, sehingga menurunkan tegangan. Sebaliknya, dalam kondisi induktif (lagging), bank kapasitor akan diaktifkan secara otomatis sehingga menghasilkan tegangan sistem yang lebih tinggi. Dengan menghubungkan reaktor yang dikontrol thyristor, yang memiliki karakteristik variabel kontinu, bersamaan dengan bank kapasitor, hasil akhirnya adalah daya maju dan mundur yang bersifat variabel kontinu.

Dalam aplikasi industri, SVC biasanya dipasang dekat dengan beban tinggi yang bervariasi dengan cepat, seperti tungku busur, di mana SVC dapat membantu menstabilkan tegangan kedepan.

SVC terdiri dari satu atau lebih kumpulan kapasitor atau reaktor shunt, baik yang tetap maupun yang dapat disambungkan, di mana setidaknya satu dari kumpulan tersebut dikendalikan oleh thyristor.. Elemen yang dapat digunakan untuk membuat SVC biasanya meliputi:

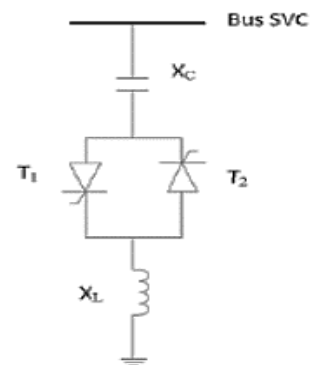
- Reaktor yang dikendalikan thyristor (TCR), dimana reaktornya mungkin berinti udara atau besi
- Kapasitor saklar thyristor (TSC)
- Filter harmonik
- Kapasitor atau reaktor yang diaktifkan secara mekanis (dialihkan oleh pemutus arus)



Gambar 6. Struktur *Static Var Compensator*

2. Prinsip kerja *Static VAR Compensator* (SVC)

Dengan mengatur sudut penyalan thyristor, keluaran daya reaktif dari SVC dapat dikendalikan. Nilai tegangan sistem berfungsi sebagai masukan bagi pengontrol, yang kemudian akan mengatur sudut penyalan thyristor. Jenis SVC yang umum digunakan pada jaringan distribusi adalah Thyristor Switched Capacitor (TSC), karena beban pada jaringan distribusi cenderung bersifat induktif. Oleh karena itu, diperlukan kapasitor untuk mengkompensasi daya reaktif induktif dalam jaringan .



Gambar 7. Skema SVC

Pada skema SVC tipe TSC, terdapat reaktor yang berfungsi bukan sebagai kompensator, tetapi sebagai pembatas arus sesaat (di/dt) yang sangat besar dalam bentuk fungsi step. Arus besar ini memiliki potensi untuk merusak thyristor. Oleh karena itu reaktor dipasang pada SVC untuk

membatasi arus sehingga nilai arus dapat Kembali ke tingkat normal.[16].

3. Software ETAP (Electric Transient Analysis Program)12.6.0

Pada penelitian ini menggunakan *software* ETAP (*Electric Transient Analysis Program*) adalah software yang digunakan untuk menganalisis suatu sistem tenaga listrik. Software Etap 12.6.0 dapat menyelesaikan beberapa analisis seperti load flow, transient, star-delta transformator dan lain-lain. Software ini didesain secara detail untuk menyelesaikan beberapa simulasi ketenagalistrikan dan dapat menampilkan report atau laporan analisis secara detail.[5]

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Alur Penelitian

Proses identifikasi masalah diawali dengan melakukan analisis aliran daya pada sistem transmisi 150 kV di Bali sebagai langkah awal penelitian ini. Pada tahap ini, data awal yang diperoleh dari PT PLN (Persero) UP2B Bali akan digunakan untuk mensimulasikan aliran listrik. Hasil simulasi tersebut kemudian dianalisis guna memahami pola aliran daya dalam sistem secara lebih mendalam. Tujuan utama dari tahap ini adalah mengumpulkan informasi yang diperlukan untuk menentukan lokasi pemasangan Static Var Compensator (SVC). Informasi yang akan diperoleh mencakup data mengenai pembangkitan energi, beban, serta rugi-rugi energi yang terjadi dalam sistem transmisi 150 kV di Bali.

Langkah-langkah dalam Proses Penelitian:

1. Pengumpulan Data: Informasi diambil dari PT PLN (Persero) UP2B Bali Transmisi 150 kV, yang meliputi:

- Gambar Rangkaian Tunggal (Single Line Diagram)
- Data Beban
- Data Pembangkit
- Data Saluran
- Data Transformator

2. Pembuatan Model: Model sistem dibuat menggunakan perangkat lunak Electrical Transient And Analysis Program (ETAP) untuk menyusun diagram satu garis yang menggambarkan subsistem 150 kV di Bali.

3. Input Data Data mengenai beban, pembangkit, saluran, dan transformator dimasukkan berdasarkan informasi yang diperoleh dari perusahaan.

4. Simulasi Aliran Daya: Simulasi aliran daya atau Load Flow dilakukan untuk menganalisis profil tegangan, daya aktif, daya reaktif, serta rugi-rugi dalam sistem transmisi sebelum pemasangan SVC.

5. Analisis Base Case: Dalam kondisi awal sebelum pemasangan SVC, terdapat dua belas bus yang menunjukkan penurunan tegangan.

6. Kasus Percobaan 1: Dilakukan percobaan pemasangan SVC di GI Ampra, dengan kondisi tegangan tercatat sebesar 0.9339 p.u.

7. Kasus Percobaan 2: Percobaan pemasangan SVC dilakukan di GI Gnayr, yang menunjukkan profil tegangan sebesar 0.9356 p.u.

8. Kasus Percobaan 3: Di GI Pygn, percobaan pemasangan SVC menghasilkan profil tegangan 0.9411 p.u.

9. Penilaian Kondisi Sistem: Evaluasi dilakukan untuk memastikan bahwa profil tegangan berada dalam batas yang diperbolehkan, yaitu antara 0,95 p.u dan 1,05 p.u. Jika kriteria ini terpenuhi, pemasangan SVC akan dilanjutkan. Sebaliknya, jika tidak memenuhi, hasil akan dianalisis lebih mendalam.

10. Analisis Hasil Simulasi: Setelah simulasi aliran daya selesai dan profil tegangan memenuhi batasan yang telah ditetapkan, analisis dilakukan untuk menilai kondisi sistem sebelum dan setelah pemasangan SVC. Tujuan dari analisis ini adalah untuk mengukur dampak pemasangan SVC terhadap pengurangan kerugian dalam sistem dan peningkatan stabilitas tegangan.

Simulasi ini menggunakan data langsung dari PT PLN (Persero) UP2B Bali 150 kV, mencakup informasi penting mengenai beban, pembangkit, saluran, dan transformator yang diperoleh dari perusahaan. Dengan pendekatan ini, diharapkan dapat meningkatkan efisiensi dan keandalan sistem tenaga listrik di Bali.

Gambar 9 menampilkan Single Line Diagram dari PT PLN (Persero) UP2B Bali, diikuti oleh Gambar 10 yang menunjukkan modifikasi sistem transmisi 150 kV menggunakan perangkat lunak ETAP versi 12.6.0. Modifikasi ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik sistem transmisi sebelum dan setelah penerapan pemodelan Static Var Compensator (SVC), serta untuk mengumpulkan data yang diperlukan dalam perancangan SVC tersebut.

Data Penelitian

Data yang digunakan dalam simulasi merupakan data aktual dan terbaru yang diperoleh langsung dari PT PLN (Persero) UP2B Bali pada bulan Desember 2022. Informasi ini mencakup data terkait beban, pembangkit, dan saluran, yang merupakan data asli dan paling mutakhir yang disediakan oleh perusahaan. Penggunaan data yang valid dan up-to-date sangat penting untuk memastikan akurasi hasil simulasi dan analisis, sehingga dapat memberikan gambaran yang jelas tentang kondisi sistem tenaga listrik yang sedang diteliti. Dengan informasi yang lengkap, analisis yang dilakukan diharapkan dapat memberikan rekomendasi yang tepat untuk meningkatkan efisiensi dan kinerja sistem transmisi di Bali.

a). Data beban

Tabel 1. Data beban Subsistem Bali 150 kV

GARDU INDUK	DAYA	P	Q
	(MVA)	(MW)	(Mvar)
GLNUK	30	7,35	1,12
KAPAL	60	30,56	10,18
PMRON	60	37,38	5,70
GNYAR	60	50,57	4,13
NSDUA	60	20,82	6,67
NGARA	30	9,12	2,78
SANUR	60	42,28	13,96
AMPRA	60	21,0	5,92
PSGRN	60	25,45	6,89
BTRTI	30	8,72	1,76
ASARI	60	7,08	0,31
PBIAN	60	28,77	8,09
PYNGN	60	24,16	0,0
PKLOD	60	32,28	10,61
BNDRA	60	20,56	6,73

Sumber : Data PT PLN (Persero) UP2B Bali, 12 Desember 2022

b). Data Pembangkit

Tabel 2. Data pembangkit Saluran 150kV Bali

NO	PASOKAN DAYA	UNIT	KAPASITAS
			(MW)
1	PLTDG GILIMANUK	1	130,4
2	PLTDG PESANGGARAN	1	17,7
3	PLTDG PESANGGARAN	2	18,4
4	PLTDG PESANGGARAN	3	39,6
5	PLTDG PESANGGARAN	4	36,2
6	PLTDG PEMARON	1	45,0
7	PLTDG PEMARON	2	43,0
8	PLTD B PESANGGARAN	1	16,7
9	PLTD B PESANGGARAN	2	16,7
10	PLTD B PESANGGARAN	3	16,7
11	PLTDG PESANGGARAN	1	45,6
12	PLTDG PESANGGARAN	2	45,6
13	PLTDG PESANGGARAN	3	45,6
14	PLTDG PESANGGARAN	4	45,6
15	PLTU CELUKAN BAWANG	1	126,6
16	PLTU CELUKAN BAWANG	2	125,8
17	PLTU CELUKAN BAWANG	3	128,5

Sumber : Data PT PLN (Persero) UP2B Bali, 12 September 2023

c). Data saluran

Tabel 3. Data Saluran Subsistem Bali 150kV

No	TRANSMISI		TEG	KMS	JENIS
			(Kv)		PENGHANTAR
1	GILIMANUK	NGARA-1	150	34,81	ACCC LISBON
2	GILIMANUK	NGARA-2	150	34,81	ACCC LISBON
3	GILIMANUK	CLBWG	150	49	ACCC LISBON
4	GILIMANUK	PMRON-2	150	75,08	2XACCC LISBON
5	CLBWG	PMRON	150	28,13	2XACCC LISBON
6	CLBWG	KAPAL-1	150	70,94	2XTACSR
7	CLBWG	KAPAL-2	150	70,94	2XTACSR
8	NEGARA	ASARI-1	150	43,66	ACCC LISBON
9	NEGARA	ASARI-2	150	43,66	ACCC LISBON
10	KAPAL	ASARI-1	150	23.31	ACSR.HAWK
11	KAPAL	ASARI-2	150	23.31	ACSR.HAWK
12	KAPAL	BTRTI	150	38.17	TACSR
13	KAPAL	PYNGAN	150	21.48	TACSR
14	KAPAL	GNYAR-1	150	19.21	ACSR.HAWK

15	KAPAL	GNYPAR-2	150	19,21	ACCC LISBON
16	KAPAL	PKLOD-1	150	12,516	ACCC LISBON
17	KAPAL	PBIAN-1	150	9,9	ACCC LISBON
18	KAPAL	PBIAN-2	150	9,9	ACCC LISBON
19	PBIAN	PKLOD	150	2,69	ACCC LISBON
20	GIANYAR	SANUR-1	150	16,22	ACCC LISBON
21	GIANYAR	SANUR-2	150	16,37	ACCC LISBON
22	GIANYAR	AMPRA-1	150	33,90	ACSR.HAWK
23	GIANYAR	AMPRA-2	150	33,90	ACSR.HAWK
24	SANUR	PSGRN-1	150	8,01	ACCC LISBON

Sumber : Data PT PLN (Persero) UP2B Bali, 12 Desember 2022

d) Data Kapasitor

Tabel 4. Data Kapasitor Subsistem Bali 150kV

NO	GI	KAPASITOR 150 KV	TEG (KV)	KEMAMPUAN (MVAR)
1	KAPAL	KAPASITOR 1	150	50
2	GNYPAR	KAPASITOR 1	150	50
3	AMPRA	KAPASITOR 1	150	25
4	SANUR	KAPASITOR 1	150	25
5	SANUR	KAPASITOR 2	150	25
6	PSGRN	KAPASITOR 1	150	50
7	NSDUA	KAPASITOR 1	150	50
8	NSDUA	KAPASITOR 2	150	25
9	PKLOD	KAPASITOR 1	150	50
10	PBIAN	KAPASITOR 1	150	50

Sumber : Data PT PLN (Persero) UP2B Bali, 12 Desember 2022

IV. HASIL DAN ANALISIS

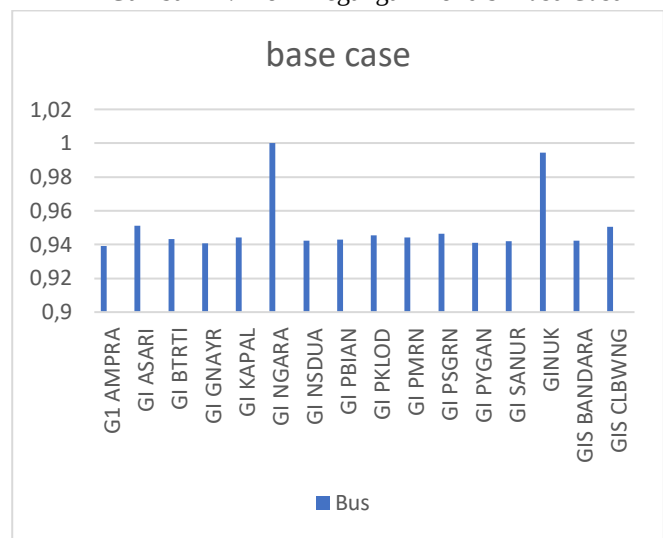
A. Hasil Simulasi Profil Tegangan Pada Kondisi Base Case

Hasil simulasi aliran daya pada kondisi base case ditunjukkan pada gambar dibawah ini. Dari grafik dibawah ini dapat dilihat bahwa kondisi tegangan pada setiap bus dalam batas aman yaitu sebesar $0,95 \text{ p.u.} \leq V_L \leq 1,05 \text{ p.u.}$ Pada penelitian ini sebelum pemasangan SVC pada subsistem 150Kv Bali. Pada penelitian beban dinaikkan dengan persentase sama yaitu 10% sehingga terjadi kondisi *undervoltage* pada dua belas bus sebelum adanya pemasangan SVC. Hasil dari simulasi aliran daya menghasilkan Profil Tegangan yang mengalami yang mengalami *undervoltage* ditunjukkan pada tabel 5 dan hasil dari simulasi aliran daya pada base case ditunjukkan pada gambar 6 *P losses* yang dihasilkan yaitu 0,0033071 MW.

Tabel 5. Hasil Profil Tegangan *Undervoltage* pada 14 bus

Bus ID	Voltage Vp.u
GI AMPRA	0,9391
GI BTRTI	0,9431
GI GNAYR	0,9408
GI KAPAL	0,9443
GI NSDUA	0,9424
GI PBIAN	0,9428
GI PKLOD	0,9454
GI PMRN	0,9443
GI PSGRN	0,9464
GI PYGAN	0,9411
GI SANUR	0,942
GIS BANDARA	0,9423

Gambar 11. Profil Tegangan Kondisi Base Case

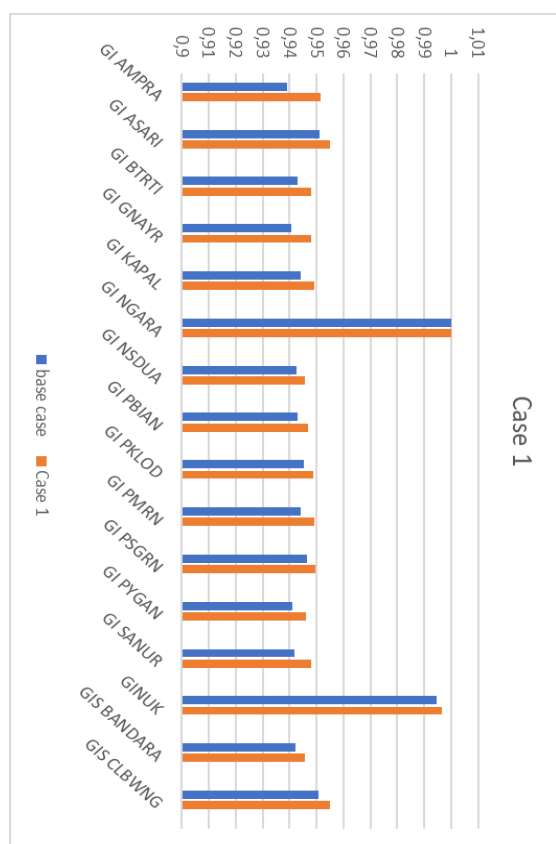


B. Hasil Simulasi Aliran Daya pada Case 1 Setelah Pemasangan SVC

Hasil simulasi aliran daya setelah pemasangan SVC pada sistem kelistrikan Bali 150kV pada bus yang sebelumnya mengalami *undervoltage*. Dapat dilihat dari Tabel 6 Pemasangan SVC pada bus GI Ampara, dapat menaikkan tegangan pada satu bus yang mengalami kondisi *undervoltage* Gambar 8 menunjukkan hasil simulasi aliran daya pada kondisi base case. *P losses* yang dihasilkan yaitu 0,029867 MW. Setelah melakukan pemasangan SVC pada Base Case empat bus yang *Undervoltage* bisa terselesaikan.

Tabel 6. Hasil Perbandingan Profil Tegangan Setelah dipasang SVC pada Base Case

Bus ID	Voltage (p.u)	
	Base Case	Case 1
GI AMPRA	0,9391	0,9516
GI BTRTI	0,9431	0,9479
GI GNAYR	0,9408	0,9482
GI KAPAL	0,9443	0,9492
GI NSDUA	0,9424	0,9457
GI PBIAN	0,9428	0,9468
GI PKLOD	0,9454	0,9488
GI PMRN	0,9443	0,9492
GI PSGRN	0,9464	0,9496
GI PYGAN	0,9411	0,9459
GI SANUR	0,942	0,9481
GIS BANDARA	0,9423	0,9457



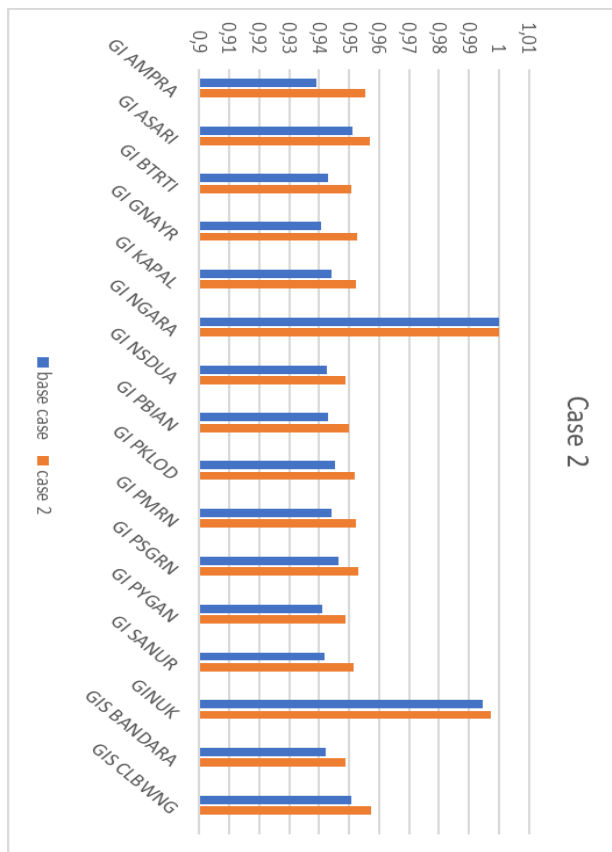
Gambar 12. Hasil Perbandingan Profil Tegangan Case 1 Setelah dipasang SVC pada Base Case

C. Hasil Simulasi Aliran Daya pada Case 2 Setelah Pemasangan SVC

Hasil simulasi aliran daya setelah pemasangan SVC pada sistem kelistrikan Bali 150 kV pada bus yang sebelumnya mengalami undervoltage. Dapat dilihat dari Tabel 6 Pemasangan SVC pada bus GI Gnayr dapat menaikkan tegangan pada satu bus yang mengalami kondisi *undervoltage* Gambar 9 menunjukkan hasil simulasi aliran daya pada kondisi base case. *P losses* yang dihasilkan yaitu 0,030264 MW. Setelah melakukan pemasangan SVC pada Base Case tujuh bus yang *Undervoltage* bisa terselesaikan.

Tabel 7. Hasil Perbandingan Profil Tegangan Setelah dipasang SVC pada Base Case

Bus ID	Voltage (p.u)	
	Base Case	Case 2
GI AMPRA	0,9391	0,9555
GI BTRTI	0,9431	0,9508
GI GNAYR	0,9408	0,9526
GI KAPAL	0,9443	0,9521
GI NSDUA	0,9424	0,9489
GI PBIAN	0,9428	0,9499
GI PKLOD	0,9454	0,9518
GI PMRN	0,9443	0,9521
GI PSGRN	0,9464	0,9529
GI PYGAN	0,9411	0,9488
GI SANUR	0,942	0,9517
GIS BANDARA	0,9423	0,9488



Gambar 13. Hasil Perbandingan Profil Tegangan Case 2 Setelah dipasang SVC pada Base Case

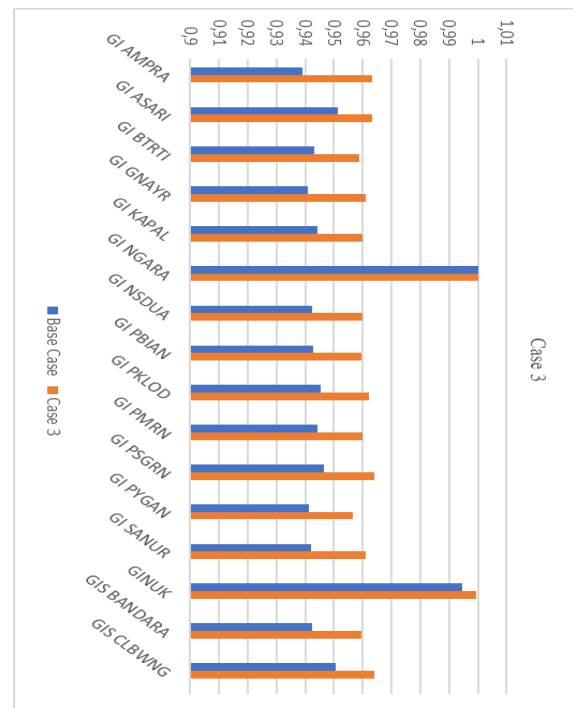
D. Hasil Simulasi Aliran Daya pada Case 3 Setelah Pemasangan SVC

Hasil simulasi aliran daya setelah pemasangan SVC pada sistem kelistrikan Bali 150 kV pada bus yang sebelumnya mengalami *undervoltage*. Dapat dilihat dari Tabel 6 Pemasangan SVC pada bus GI Pygn dapat menaikkan tegangan pada dua belas bus yang mengalami kondisi *undervoltage* Gambar 12 menunjukkan hasil simulasi aliran daya pada kondisi base case. P_{losses} yang dihasilkan yaitu 0,031571 MW. Setelah melakukan pemasangan SVC pada *Base Case* dua belas bus yang *Undervoltage* bisa terselesaikan.

Tabel 8. Hasil Perbandingan Profil Tegangan Setelah dipasang SVC pada Base Case

Bus ID	Voltage(p.u)	
	Base Case	Case 3
GI AMPRA	0,9391	0,9631
GI ASARI	0,9512	0,9634
GI BTRTI	0,9431	0,9587
GI GNAYR	0,9408	0,9609
GI KAPAL	0,9443	0,96
GI NGARA	1	1

GI NSDUA	0,9424	0,9599
GI PBIAN	0,9428	0,9596
GI PKLOD	0,9454	0,962
GI PMRN	0,9443	0,96
GI PSGRN	0,9464	0,9642
GI PYGAN	0,9411	0,9567
GI SANUR	0,942	0,9609
GINUK	0,9944	0,9996
GIS BANDARA	0,9423	0,9594
GIS CLBWNG	0,9506	0,9639

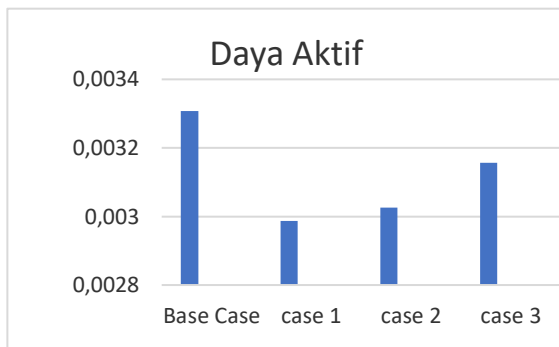


Gambar 14. Hasil Perbandingan Profil Tegangan Case 3 Setelah dipasang SVC pada Base Case

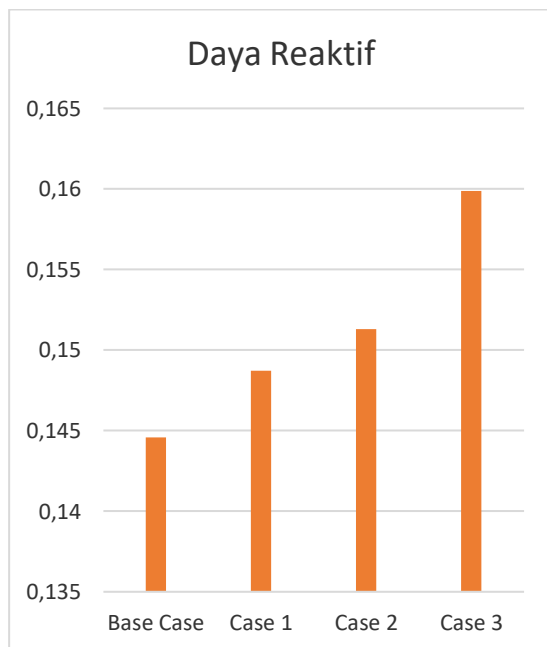
Tabel 13. Penempatan dan Kapasitas SVC

No	Bus	Kapasitas SVC (MVAR)
1	GI AMPRA	50
2	GI GNAYR	50
3	GI PYGN	75

E. Total Daya Aktif dan Reaktif Pada (Base Case, Case 1, Case 2, Case 3)



Gambar 15. Total Daya Aktif Base Case, Case 1, Case 2, Case 3



Gambar 16. Total Daya Aktif Base Case, Case 1, Case 2, Case 3

A. Kesimpulan

Setelah dilakukan pengujian baik pada kondisi base case maupun setelah penempatan SVC pada subsistem Bali 150 kV, maka dapat diambil kesimpulan:

1. Pada kondisi *Base Case* profil tegangan mengalami *Undervoltage* pada 12 bus.
2. Penempatan SVC mampu mengurangi losses daya aktif.
3. Sebelum penempatan SVC GI Ampira mengalami *undervoltage* dengan nilai 0,9391 dan setelah penempatan SVC GI Ampira dapat menaikkan tegangan 0,9516
4. Sebelum penempatan SVC GI Gnayr mengalami *undervoltage* dengan nilai 0,9408 dan setelah penempatan SVC GI Gnayr dapat menaikkan tegangan 0,9526
5. Sebelum penempatan SVC GI PYGN mengalami *undervoltage* dengan nilai 0,9411 dan setelah penempatan SVC GI PYGN dapat menaikkan tegangan 0,9567
6. Penempatan SVC dengan lokasi terbaik di bus yang *Undervoltage*, terbukti berpengaruh pada profil tegangan.

B. Saran

Dalam penelitian dapat diusulkan dengan menggunakan metode untuk penempatan optimal dan pengaturan parameter SVC untuk meningkatkan profil tegangan. Pemasangan diusulkan pada bus yang mengalami *Undervoltage*.

Pemasangan Static Var Compensator (SVC) diharapkan dapat dianalisis dari perspektif ekonomi. Hal ini penting mengingat bahwa biaya investasi untuk teknologi ini masih cukup tinggi dalam konteks nyata. Dengan mempertimbangkan aspek efisiensi biaya, perusahaan dapat mengevaluasi apakah manfaat jangka panjang dari pemasangan SVC, seperti pengurangan kerugian energi dan peningkatan stabilitas sistem, sebanding dengan pengeluaran awal yang dikeluarkan.

Penting untuk melakukan analisis cost-benefit yang komprehensif, yang mencakup tidak hanya biaya pemasangan, tetapi juga potensi penghematan yang dapat diperoleh dari peningkatan efisiensi operasional. Selain itu, evaluasi terhadap biaya pemeliharaan dan pengoperasian SVC dalam jangka panjang juga harus diperhatikan. Dengan pendekatan yang tepat, perusahaan dapat memastikan bahwa investasi dalam SVC tidak hanya mendukung keandalan sistem tenaga listrik, tetapi juga memberikan keuntungan ekonomi yang signifikan di masa depan.

VI. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Alkindi, Mahdi Syukri, Syahrizal STUDI PENGARUH PEMASANGAN STATIC VAR COMPENSATOR TERHADAP PROFIL TEGANGAN PADA PENYULANG NEUHEN
- [2] S. S. Wibowo And H. Suyono, "Analisis Implementasi Fixed Capacitor, Svc, Dan Statcom Untuk Perbaikan Performansi Stabilitas Tegangan Pada Sistem Petrochina," Vol. 7, No. 2, 2013.
- [3] O. L. Bekri, M. K. Fellah, M. F. Benkhoris, And M. F. Benkhoris, "Optimal Location Of Svc Device Via Pso Technique To Enhance Voltage Stability".
- [4] A. A. Setiyawan, "Pengontrolan Power Flow Saluran Pada Sistem Jamali (Jawa-Madura-Bali) Dengan Menggunakan Statcom".
- [5] "Short - 2004 - Electric Power Distribution Handbook.Pdf."
- [6] J. Aghaei, M. Gitizadeh, And M. Kaji, "Placement And Operation Strategy Of Facts Devices Using Optimal Continuous Power Flow," Scientia Iranica, Vol. 19, No. 6, Pp. 1683–1690, Dec. 2012, Doi: 10.1016/J.Scient.2012.04.021. [7] D. Issicaba And J. Coelho, "Rotational Load Flow Method For Radial Distribution Systems," Ijece, Vol. 6, No. 3, P. 1344, Jun. 2016, Doi: 10.11591/Ijece.V6i3.10083.
- [8] Fakultas Teknik Manajemen, Fakultas Ekonomi Dan Bisnis, Universitas Malikussaleh Et Al., "Analisa Aliran Daya Pada Sistem Tenaga Listrik Dengan Metode Fast Decoupled Menggunakan Software Etap," Rele.N.A.Elektrikal.Dan.N.A.J.Teknik.N.A, Vol. 3, No. 1, Pp. 37–45, Dec. 2020, Doi: 10.30596/Rele.V3i1.5236.
- [9] N. P. Agustini, L. M. Hayusman, And I. M. Wartana, "Analisis Evaluasi Stabilitas Dan Keamanan Sistem Tenaga Dengan Beroperasinya Pltu Celukan Bawang Pada Sistem Kelistrikan Bali 15 -Bus Menggunakan," 2017.
- [10] O. Zebua, "Penilaian Keamanan Tegangan Sistem Kelistrikan Wilayah Lampung Dengan Menggunakan Kurva P -V," Vol. 7, No. 2, 2013.
- [11] W. -H. Zhang, S. -J. Lee, And M. -S. Choi, "Setting Considerations Of Distance Relay For Transmission Line With Statcom," Journal Of Electrical Engineering And Technology, Vol. 5, No. 4, Pp. 522 –529, Nov. 2010, Doi: 10.5370/Jeeet.2010.5.4.522.
- [12] C. R. Shabira And R. S. Lubis, "Simulasi Perbaikan Stabilitas Dinamis Sistem Tenaga 150 Kv Dengan Statcom Berbasis Modular Multilevel Converter (Mmc)".
- [13] A. Pahade And N. Saxena, "Transient Stability Improvement By Using Shunt Fact Device (Statcom) With Reference Voltage Compensation (Rvc) Control Scheme".
- [14] V. Komoni, I. Krasniqi, G. Kabashi, And A. Alidemaj, "Increase Power Transfer Capability And Controlling Line Power Flow In Power System Installed The Facts," In 7th Mediterranean Conference And Exhibition On Power Generation, Transmission, Distribution And Energy Conversion (Medpower 2010), Agia Napa, Cyprus: Iet, 2010, Pp. 193 –193. Doi: 10.1049/Cp.2010.0920.
- [15] P. S. Borse, D. A. G. Thosar, And S. Shaha, "Modeling And Simulation Of Statcom," International Journal Of Engineering Research, Vol. 3, No. 12.
- [16] F. Milano, L. Vanfretti, And J. C. Morataya, "An Open Source Power System Virtual Laboratory: The Psat Case And Experience," Ieee Trans. Educ., Vol. 51, No. 1, Pp. 17 –23, 2008, Doi: 10.1109/Te.2007.89335

VII. BIODATA PENULIS



Ahmad Risky Firmansyah, lahir di Pasuruan, 29 Januari 2002. Penulis menyelesaikan pendidikan SMK di SMK Negeri 1 Purwosari pada tahun 2020. Pada tahun 2020 penulis melanjutkan studi di perguruan tinggi swasta Institut Nasional Malang Teknologi dengan program studi sarjana Teknik Elektro dengan konsentrasi Teknik Energi Listrik. Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih dan syukur atas selesainya penelitian yang berjudul "Analisis Penerapan *Static VAR Compensator* (SVC) pada Saluran Transmisi Bali 150kV"