

IMPLEMENTASI SVC UNTUK KESEIMBANGAN ARUS DAN PROFIL TEGANGAN DALAM MENINGKATKAN STABILITAS SISTEM DAYA ELEKTRIK

¹Melkiwan Wandik, ²Awam Uji Krismanto ,ST.,MT.,Ph,D ¹, ³ Prof, Dr,Eng .I Made Wartana MT

Institut Teknologi Nasional, Malang, Indonesia

¹yuliuslanu@gmail.com, ²awan_uji_krismanto@lecturer.itn.ac.id, ³m.wartana@lecturer.itn.ac.id

Abstrak— Sistem distribusi merupakan bagian dari sistem tenaga listrik yang berguna untuk menyalurkan tenaga listrik dari sumber daya listrik sampai ke konsumen. Pertumbuhan beban pada sistem distribusi semakin meningkat terus-menerus. Hal ini mengakibatkan bangkitnya daya reaktif induktif (positif) pada jaringan yang diikuti dengan peningkatan permintaan suplai daya reaktif kapasitif (negatif) sehingga mengakibatkan tegangan tidak konstan, dan juga mengakibatkan faktor daya berkurang sehingga terjadi rugi-rugi daya pada jaringan. Pengaturan tegangan erat kaitannya dengan pengaturan daya reaktif dalam sistem. Tegangan memiliki nilai yang berbeda-beda dalam setiap bagian sistem. Oleh karenanya pengaturan tegangan tidak dapat dilakukan pada satu bagian saja melainkan harus merata pada bagian-bagian dalam sistem yang mengalami penurunan. Kompensasi daya reaktif adalah dengan pemasangan static VAR compensator (SVC) dengan pemasangan SVC pada bus yang memiliki tegangan terendah. Dari hasil penelitian diperoleh bahwa pemasangan SVC meningkatkan tegangan sebesar 5% dan daya aktif sebesar 4,97%.

Kata Kunci— Sistem distribusi, SVC, aliran daya, profil tegangan, rugi daya

I. PENDAHULUAN

Suatu sistem tenaga listrik yang baik harus memiliki nilai tegangan yang tidak melebihi batas toleransi serta rugi-rugi daya yang kecil. Batas toleransi yang diperbolehkan untuk suatu nilai tegangan $\pm 5\%$ -10% dari nilai nominalnya. Nilai tegangan yang konstan akan mengoptimalkan unjuk kerja dari peralatan listrik yang digunakan oleh konsumen. Sedangkan rugi-rugi daya yang kecil akan menjaga pasokan daya listrik sesuai dengan kebutuhan konsumen, serta dapat mengurangi kerugian finansial yang terjadi selama proses transmisi dan distribusi. Dalam penyediaan tenaga listrik, tegangan yang konstan merupakan salah satu syarat utama yang harus dipenuhi. Pengaturan tegangan erat kaitannya

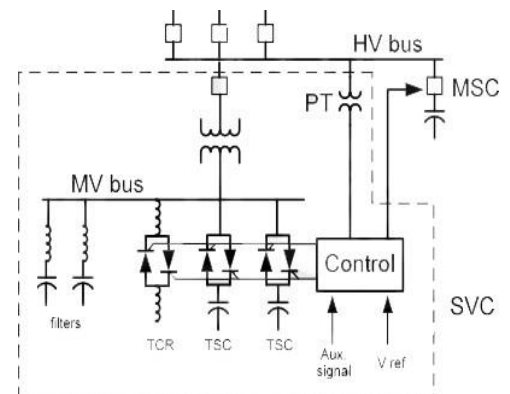
dengan pengaturan daya reaktif dalam sistem. Penyulang Neuhun memiliki panjang saluran 70 km, penyulang Neuhun merupakan salah satu penyulang terpanjang di area Banda Aceh. Semakin panjang

saluran semakin besar impedansi saluran sehingga terjadi penurunan tegangan di ujung saluran. tegangan pada ujung terima adalah 18,95 kv.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Static Var Compensator

SVC (Static Var Compensator) adalah komponen FACTS (Flexible Alternating Current Transmission Systems) dengan hubungan paralel, yang fungsi utamanya untuk menyuntikkan atau menyerap daya reaktif statis yang terkendali dan dihubungkan paralel yang mempunyai keluaran (output) yang bervariasi untuk mempertahankan atau mengontrol variabel tertentu pada sistem tenaga listrik, terutama tegangan pada bus. Seperti ditunjukkan pada gambar 1 yang menjelaskan rangkaiannya SVC.

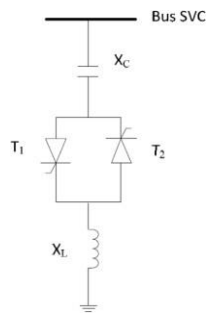


Gambar 1 Rangkaian static var

Prinsip kerja Static VAR Compensator (SVC) yaitu dengan cara mengatur sudut penyalan thyristor, sehingga dapat mengatur keluaran daya reaktif dari SVC. Nilai tegangan sistem

merupakan input bagi pengendali, yang kemudian akan mengatur sudut penyalan thyristor.

Umumnya Jenis SVC yang digunakan dalam jaringan distribusi adalah Thyristor Switched Capacitor (TSC) karena beban jaringan distribusi pada umumnya bersifat induktif. Oleh karena itu dibutuhkan kapasitor untuk mengkompensasikan daya reaktif induktif pada jaringan. Berikut adalah merupakan gambar dari skema SVC tipe TSC.

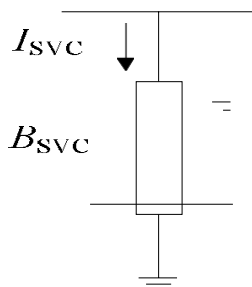


Gambar 2 Skema SVC

Pada skema SVC tipe TSC gambar 2 terdapat reaktor. Di sini reaktor tidak berfungsi sebagai kompensator, melainkan sebagai pembatas arus. Kapasitor pada SVC mengakibatkan arus sesaat (di/dt) yang sangat besar dalam bentuk step function. Arus yang sangat besar ini dapat merusak Thyristor. Untuk menekan arus yang sangat besar tersebut, reaktor dipasang pada SVC sebagai pembatas arus sehingga arusnya menjadi normal.

B. Kompensasi Daya Reaktif pada SVC

Daya reaktif kapasitif dan daya reaktif induktif akan bekerja saling meniadakan. Saat sistem bersifat induktif, saat yang sama sistem kekurangan daya reaktif kapasitif. Maka daya reaktif kapasitif diinjeksi ke sistem untuk mengimbangi beban induktif. Berikut adalah model SVC.



Gambar 3 Model SVC

Dari gambar 3 di atas arus yang ditarik oleh SVC dapat ditulis dengan persamaan :

$$I_{svc} = jB_{svc}V_K \quad (1)$$

dimana :

B_{svc} = Suseptansi SVC

V_K = Tegangan terminal pada bus K

Sedangkan daya reaktif yang diinjeksikan ke bus K adalah:

$$Q_K = -V_K^2 B_{svc} \quad (2)$$

Berdasarkan faktor daya, besar Q_{svc} (daya kapasitif yang display oleh SVC) dapat dihitung sebagai berikut:

• kVar sebelum SVC:

$$Q_1 = P \tan \theta_1 \quad (3)$$

• kVar yang diinginkan berdasarkan PF=0.999

$$Q_2 = P \tan \theta_2 \quad (4)$$

Berdasarkan persamaan (3) dan persamaan (4) maka dapat disempurnakan nilai Q_{svc} dengan persamaan (5) dibawah berikut:

$$Q_{svc} = \theta_1 - \theta_2 \quad (5)$$

dimana

Q_1 = kVar sebelum SVC

Q_2 = kVar yang diinginkan berdasarkan PF=0.999

Kurva daya reaktif yang dihasilkan SVC terhadap tegangan bus yang dipasang SVC ditunjukkan pada gambar berikut :

Untuk mendapatkan nilai daya dapat dihitung dengan persamaan di bawah ini :

$$P_i - jQ_i = V_i \left(\sum_{k=1}^n Y_{ik} V_k + B_{SVC} V_i \right) \quad (6)$$

$$V_i = \frac{1}{Y_{ii}} \left[\frac{P_i - jQ_i}{V_i^*} - \sum_{k=1}^n Y_{ik} V_k \right] \quad (7)$$

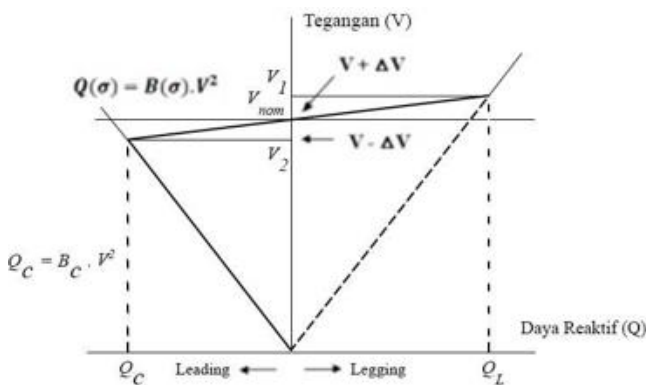
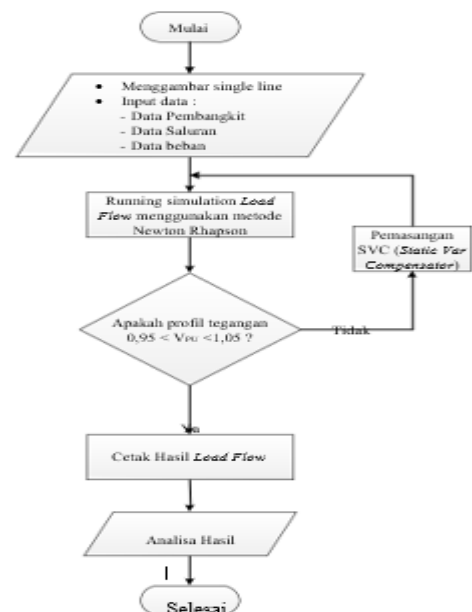
III. METODE PENELITIAN

Dalam melakukan sebuah penelitian diperlukan adanya metode yang sistematis sehingga penelitian dapat berjalan sesuai dengan yang diharapkan. Penulis menggunakan metode seperti gambar 6.

Prosedur penelitian dilakukan dalam beberapa tahap diantaranya, studi literatur, mengumpulkan data saluran penyalang ABENAHO di PLN, melakukan pemodelan di ETAP, kemudian melakukan perbandingan antar simulasi memakai SVC dengan tanpa pakai SVC.

Penulis memodelkan suatu pemodelan kelistrikan one line diagram penyalang Neuhnen melalui simulasi dengan merancang menggunakan sistem software ETAP 12.6.0. Data-data yang diperoleh akan dimasukkan pada saat pemodelan simulasi one line diagram. Data-data tersebut meliputi data penyalang, beban, trafo, bus, dan konduktor (tipe, impedansi, dan panjang saluran konduktor). Kemudian dilakukan sebuah simulasi studi aliran daya pada simulasi ini. Dengan melakukan simulasi akan diperoleh nilai aliran daya pada penyalang ABENAHO

A. Diagram Alir Sistem

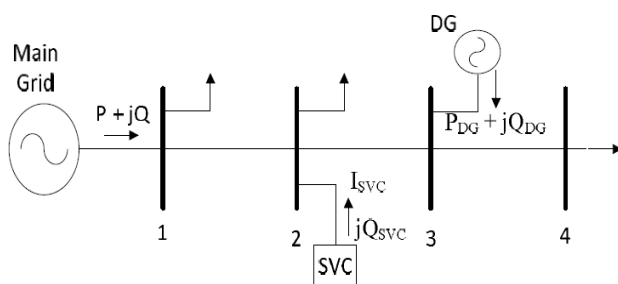


Gambar 4 Kurva daya reaktif terhadap tegangan pada SVC

Area kerja SVC ada 3 :

- Area kerja pertama terdapat di antara V1 dan V2. Di area ini, SVC bersifat kapasitif atau induktif. Daya reaktif yang dihasilkan berubah-ubah sesuai kebutuhan sistem.
- Area kerja kedua, bila tegangan bus melebihi V1. Di area ini SVC memiliki karakteristik induktif. Daya reaktif yang dihasilkan berubah-ubah sesuai kebutuhan sistem
- Area kerja ketiga bila tegangan kurang dari V2. Di area ini SVC hanya berfungsi sebagai fixed capacitor saja.

C. Pengaruh SVC pada Persamaan Aliran Daya
SVC yang telah dipasang pada jaringan distribusi akan menginjeksi atau mengabsorpsi daya reaktif ke atau dari sistem. Dengan demikian, pemasangan SVC memberikan pengaruh terhadap aliran daya jaringan distribusi tersebut, yaitu dengan penambahan ke sistem atau pengurangan dari sistem daya reaktif sebesar Qk. Gambar 5 merupakan contoh kasus pemasangan SVC pada jaringan distribusi sistem 4 bus.



Gambar 5 Diagram satu garis jaringan distribusi 4 bus dengan SVC

Gambar 6 Diagram alir penelitian

Pemodelan simulasi ini memiliki 2 kondisi yang berbeda yaitu simulasi aliran daya dasar tanpa pemasangan SVC dan simulasi dengan pemasangan SVC. Simulasi aliran daya yang digunakan keempat kondisi itu menggunakan metode fast-decoupled. Berikut adalah metode yang digunakan untuk perbaikan profil tegangan:

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Simulasi Dengan Menggunakan ETAP Sebelum Pemasangan SVC

Penyulang ABENAHO merupakan saluran yang terpanjang di yalimo Besar yang memiliki panjang saluran sekitar 70 KM, Aceh Besar. Jumlah trafo yang dimiliki pada penyulang tersebut berjumlah 19 trafo.. Gambar 8 merupakan pemodelan dari one line diagram data PLN yang digambarkan pada software ETAP.

TABEL I
Aliran Daya Sebelum Pemasangan Svc

No	ID Bus	Aliran daya		
		V(kV)	Q (Var)	P(kW)
1	Bus1	20	0,829	1,254
2	Bus2	19,882	0,823	1,248
3	Bus4	19,417	0,755	1,155
4	Bus12	18,893	0,686	1,062
5	Bus15	18,801	0,596	0,923
6	Bus15	18,886	0,043	0,067
7	Bus26	18,723	0,507	0,786
8	Bus30	18,555	0,288	0,446
9	Bus31	18,6	0,332	0,514
10	Bus32	18,651	0,462	0,717
11	Bus35	18,795	0,043	0,067
12	Bus46	18,396	0,242	0,377
13	Bus50	18,221	0,026	0,041
14	Bus51	18,228	0,069	0,108
15	Bus52	18,274	0,155	0,242
16	Bus57	18,645	0,043	0,067
17	Bus59	18,651	0,043	0,067
18	Bus64	18,267	0,043	0,067
19	Bus68	18,39	0,043	0,067
20	Bus88	0,357	0,025	0,041

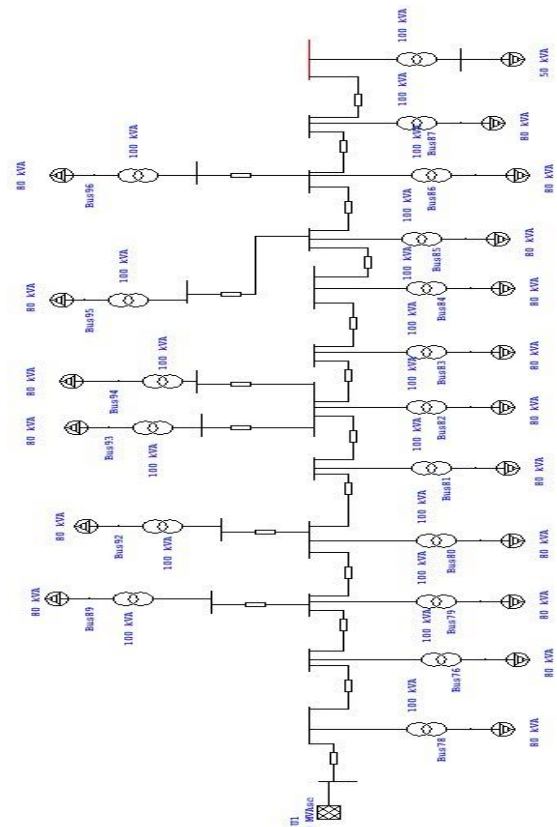
B. Hasil Simulasi Dengan Menggunakan ETAP sesudah Pemasangan SVC

Gambar 9 merupakan hasil pemodelan one line diagram penyulang ABENAHO setelah penambahan

SVC dengan rating $Q_c = 400$ kVar yang disimulasikan dengan software ETAP. Penempatan SVC dilakukan pada bus 50 dikarenakan bus 22 memiliki nilai jatuh tegangan terbesar yaitu 18.221kV. Adapun hasil simulasi yang dikelurakan pada simulasi ETAP terdapat pada tabel 1.

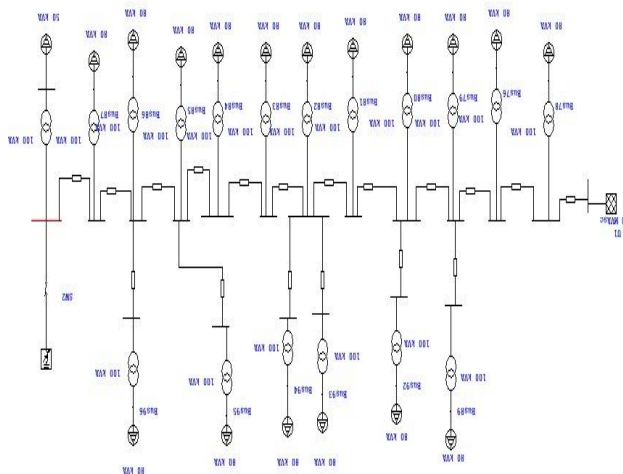
C. Perbandingan Hasil Simulasi

Hasil yang didapat dari pada table 2 merupakan nilai jatuh tegangan dari setiap bus. Tabel 3 menunjukkan keadaan tegangan pada jaringan distribusi pada penyulang ABENAHO.Terdapat 2 keadaan pada hasil data tersebut yaitu profil tegangan sebelum dan sesudah pemasangan SVC pada bus 50. Terjadi perbaikan tegangan yang signifikan mulai dari bus pertama hingga bus



terakhir.

Gambar 8 Single line sebelum pemasangan SVC



Gambar 9 Single line sesudah pemasangan SVC

TABLE II
Aliran Daya Sesudah Pemasangan Svc

No	ID Bus	Aliran daya		
		V(kV)	Q (KVar)	P(kW)
1	Bus1	20	0,191	1,294
2	Bus2	19,938	0,24	1,289
3	Bus4	19,71	0,302	1.203
4	Bus12	19,476	0,409	1,114
5	Bus15	19,444	0,5	0,975
6	Bus15	19,47	0,044	0,086
7	Bus26	19,424	0,546	0,836
8	Bus30	19,432	0,766	0,49
9	Bus31	19,419	0,72	0,56
10	Bus32	19,412	0,683	0,768
11	Bus35	19,437	0,043	0,068
12	Bus46	19,519	0,863	0,413
13	Bus50	19,989	1,05	0,043
14	Bus51	19,896	1,018	0,116
15	Bus52	19,693	0,962	0,264
16	Bus57	19,405	0,043	0,068
17	Bus59	19,412	0,047	0,069
18	Bus64	19,687	0,044	0,068
19	Bus68	19,513	0,044	0,068
20	Bus88	0,392	0,026	0,042

TABLE II
Data Hasil Perbandingan

No	ID Bus	Aliran daya			
		sebelum		Sesudah	
		V(kV)	P(kW)	V(kV)	P(kW)
1	Bus1	20	1,254	20	1,294
2	Bus2	19,882	1,248	19,938	1,289
3	Bus4	19,417	1,155	19,71	1.203
4	Bus12	18,893	1,062	19,476	1,114
5	Bus15	18,801	0,923	19,444	0,975
6	Bus15	18,886	0,067	19,47	0,086
7	Bus26	18,723	0,786	19,424	0,836
8	Bus30	18,555	0,446	19,432	0,49
9	Bus31	18,6	0,514	19,419	0,56
10	Bus32	18,651	0,717	19,412	0,768
11	Bus35	18,795	0,067	19,437	0,068
12	Bus46	18,396	0,377	19,519	0,413
13	Bus50	18,221	0,041	19,989	0,043
14	Bus51	18,228	0,108	19,896	0,116
15	Bus52	18,274	0,242	19,693	0,264
16	Bus57	18,645	0,067	19,405	0,068
17	Bus59	18,651	0,067	19,412	0,069
18	Bus64	18,267	0,067	19,687	0,068
19	Bus68	18,39	0,067	19,513	0,068
20	Bus88	0,357	0,041	0,392	0,042

V. REFERENSI

- [1] Abdul Kadir, Distribusi dan Utilasi Tenaga listrik, Universitas Indonesia, Cetakan Pertama, 2001
- [2] William D. Stevensen Jr, Analisis Sistem Tenaga Listrik, Erlangga, jakarta 1984
- [3] Kishor Porate, K.L.Thakre and G.L.Bodhe, "Voltage stability enhancement of low voltage radial distribution network using static var compensator: a case study", WSEAS Transaction on power systems vol4, no.1, 2009.
- [4] Abdul Hadi, Ir. As Pabla, Sistem Distribusi Daya Listrik, Erlangga, Cetakan Pertama, 1994.
- [5] Mark Ndubuka NWOHU, "Voltage stability improvement using static var compensator in power systems" London jurnal of sciences, 14 jaunari 2009
- [6] Taylor Carson W., "Power System Operation Voltage Stability", McGraw-Hill, Singapore, 1994

- [7] Liliana.Syafutra ,”penempatan SVC pada jaringan distribusi dengan ETAP,
- [8] arya wiguna B,”Penempatan SVC Untuk Memperbaiki Profil Tegangan Pada Jaringan Transmisi PLN Lampung” Jurnal ELTEK vol. 3,no.1, april 2012

VI. BIODATA PENULIS

Penulis lahir di Nipsan kabupaten Yalimo (Papua Pengunungan Tengah) pada tanggal 30 Desember 1997 dari Bapak Mesak Wandik dan Ibu Selepina Yikwa Penulis memulai pendidikan pada tahun 2003 di SD YPK Pasvalley hingga lulus dari pendidikan SD pada tahun 2009. Pertengahan tahun 2009 penulis menempuh pendidikan di SMP YPK Betlehem Wamena selama 4 tahun hingga tahun 2013, Setelah lulus dari SMP penulis melanjutkan pendidikan di SMA YPPK Santo Thomas Wamena hingga lulus pada tahun 2016.

Email : melkiwanwandikmelki@gmail.com