

PENEMPATAN SVC (STATIC VAR COMPENSATOR) PADA JARINGAN DISTRIBUSI DENGAN ETAP 7.5.0

Liliana¹, Syahputra. I²
UIN Sultan Syarif Kasim Riau
email: lili_fst@yahoo.co.id

ABSTRAK

Suatu sistem yang baik seharusnya memiliki nilai tegangan yang tidak melebihi batas toleransi dengan kerugian daya yang minimal. Pada jaringan Distribusi tenaga listrik, aliran daya aktif dan reaktif merupakan parameter yang sangat penting dalam meningkatkan tegangan sistem. Daya reaktif yang berlebihan dapat mengakibatkan menurunnya faktor daya sehingga mengakibatkan kerugian daya meningkat. Penelitian ini menempatkan SVC pada jaringan untuk menurunkan daya reaktif tersebut. Dari hasil simulasi yang dijalankan menggunakan ETAP 7.5.0, setelah ditematkannya SVC pada jaringan menghasilkan penurunan rugi daya nyata yang mencapai 16,96% dan rugi daya reaktif menurun sebesar 22,32%.

Kata kunci: daya aktif, daya reaktif, ETAP 7.5.0, faktor daya, SVC

ABSTRACT

A good system should have a value of voltage which does not exceed the limit of tolerance with minimal power loss.. In electric power distribution network, active and reactive power flow is a very important parameter in increasing the voltage of the system. Excessive reactive power can result in decreased power factor resulting in loss of power increase. The study put the network on the SVC to derive the reactive power. From the results of a simulation run using ETAP 7.5.0, decrease in network SVC power loss reached 16.96% real and reactive power loss becomes 22.32%.

Keywords: active power, reactive power, EtAP 7.5.0 , power factor, SVCr

PENDAHULUAN

Suatu sistem yang baik harus memiliki nilai tegangan yang tidak melebihi batas toleransi serta rugi-rugi daya kecil. Batas suatu toleransi yang harus diperoleh untuk suatu nilai tegangan $\pm 5\%$ dari nilai nominalnya [8]. Nilai tegangan yang konstan akan mengoptimalkan unjuk kerja dari peralatan listrik.

Pada jaringan distribusi tenaga listrik, aliran daya aktif dan aliran daya reaktif merupakan parameter yang sangat penting dalam menstabilkan tegangan. Sewaktu-waktu sistem membutuhkan daya reaktif kapasitif (*leading*) pada saat beban induktif terlalu besar maupun sebaliknya. Dalam menjaga tegangannya agar tidak mengalami penurunan, sumber utama daya reaktif ini berasal dari generator, kemudian apabila generator sudah tidak mampu menyuplai daya reaktif, maka dibutuhkan sumber daya reaktif yang lain agar

dapat membangkitkan maupun menyerap daya reaktif pada sistem distribusi. Jaringan distribusi adalah semua bagian dari suatu sistem yang menunjang pendistribusian tenaga listrik yang berasal dari gardu-gardu induk. Sistem distribusi merupakan bagian dari sistem tenaga listrik. Sistem distribusi ini berguna untuk menyalurkan tenaga listrik dari sumber daya listrik besar sampai ke konsumen. Fungsi distribusi tenaga listrik adalah pembagian atau penyaluran tenaga listrik ke beberapa tempat (pelanggan), kemudian merupakan *sub* sistem tenaga listrik yang langsung berhubungan dengan pelanggan.

Penelitian ini menganalisis penempatan SVC (*Static Var Compensator*) untuk mengurangi rugi-rugi daya pada jaringan distribusi 20kV Rayon Bangkinang Wilayah Salo. Penelitian yang akan dilakukan sekarang menggunakan *Etap 7.5.0* yang berbasis *Grafik*

User Intervace (GUI) yang memudahkan untuk menganalisis aliran daya listrik dan memiliki komponen yang mirip dengan sebenarnya. Adapun metode yang digunakan untuk studi aliran daya adalah Metode *Newton Raphson*. Dimana Metode *Newton Rapson* ini memiliki perhitungan yang lebih baik untuk sistem tegangan yang besar, karena lebih efisien dan praktis [1,2,3]. Dengan kemampuan *Etap 7.5.0* yang bisa dikontrol dengan melihat GUI, maka penempatan SVC (*Static Var Compensator*) dapat dilakukan dengan melihat analisis aliran daya [2].

II. Landasan Teori

2.1. Sistem Distribusi

Sistem distribusi merupakan bagian dari sistem tenaga listrik. Sistem distribusi ini berguna untuk menyalurkan tenaga listrik dari sumber daya listrik besar sampai ke konsumen.

2.2 Daya

Dalam sistem tenaga listrik, daya merupakan jumlah energi listrik yang digunakan untuk melakukan usaha. Daya listrik biasanya diaktifkan dalam satuan Watt.

Dimana,

$$P=V I \tag{2.1}$$

Terdapat tiga macam daya yaitu [1]:

1. Daya Aktif (P)

Daya aktif adalah daya yang terpakai untuk melakukan usaha atau energi sebenarnya. Satuan daya aktif adalah watt.

$$P_{10} =V I \cos \theta \tag{2.2}$$

2. Daya Reaktif (Q)

Daya Reaktif (*reactive power*) adalah daya yang disuplai oleh komponen reaktif. Satuan daya reaktif adalah VAR.

$$Q_{10} =V I \sin \theta \tag{2.3}$$

3. Daya Semu (S)

Daya semu (*apparent power*) adalah daya yang dihasilkan oleh perkalian antara tegangan rms (V_{rms}) dan arus rms (I_{rms}).

$$S =\sqrt{(P^2+Q^2)} \tag{2.4}$$

Dimana :

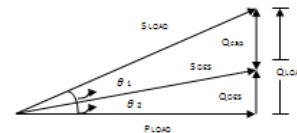
- P : Daya Aktif (Watt)
- Q : Daya Reaktif (Var)
- S : Daya Semu (VA)
- V : Tegangan (V)
- I : Arus (A)
- θ : sudut

2.3 Faktor Daya

Faktor daya adalah perkalian antara arus dan tegangan. Perkalian arus dan tegangan dalam rangkaian AC diaktifkan dalam Volt Ampere (VA) atau KiloVolt Ampere (kVA).

$$\cos \theta = P/S \tag{2.5}$$

Hubungan antara daya aktif, daya reaktif dan daya semu dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 2.1. Segitiga daya [6]

Daya reaktif kompensator

$$Q_{Cap}=P \times (\tan \theta_1 - \tan \theta_2) \tag{2.6}$$

Dimana:

- P : Daya Aktif (Watt)
- Q_{cap}: Daya Reaktif Kompensator (VAR)
- S : Daya Semu (VA)
- θ_1 : Sudut Sebelum Diperbaiki
- θ_2 : Sudut Setelah Diperbaiki

2.4 Rugi-Rugi Daya

Rugi-rugi atau losses adalah hilangnya sejumlah energi, yang dibangkitkan sehingga mengurangi jumlah energi yang dapat dijual kepada konsumen sehingga berpengaruh pada tingkat profitabilitas perusahaan bersangkutan.

Besarnya rugi daya pada beban 1 fasa dan 3 fasa dapat dituliskan sebagai berikut:

$$P_{L,S10} = 2x I_{10}^2 R \text{ (watt)} \tag{2.7}$$

dan

$$P_{L,S30} = 2x I_{30}^2 R \text{ (watt)} \tag{2.8}$$

jika disubstitusikan persamaan diatas menjadi

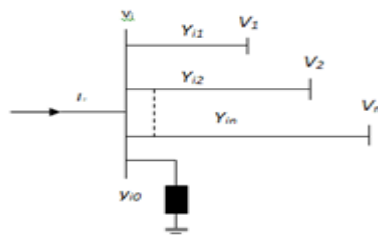
$$\frac{P_{LS1\theta}}{P_{LS3\theta}} = 2.0 \tag{2.9}$$

2.5. Studi Aliran Daya

Studi aliran daya merupakan penentuan atau perhitungan tegangan, arus, daya aktif maupun daya reaktif yang terdapat pada berbagai titik jaringan listrik pada keadaan operasi normal, baik yang sedang berjalan maupun yang diharapkan akan terjadi dimasa yang akan datang.

Diagram satu garis tipe bus dari suatu

sistem tenaga listrik terdapat pada gambar dibawah ini.



Gambar 2.2. Tipikal bus dari sistem tenaga [6]

Aplikasi hukum arus Kirchoff pada bus ini diberikan dalam bentuk:

arus pada bus i adalah :

$$I_i = V_i \sum_{j=0}^n y_{ij} - \sum_{j=i}^n y_{ij} V_j \text{ dimana } j \neq i \quad (2.10)$$

Dimana,

- I_i : Arus Pada Bus i (A)
- V_i : Tegangan Pada i (V)
- V_j : Tegangan Pada j (V)
- y_i : Admittansi Pada Bus i (Siemens)
- y_j : Admittansi Pada Bus j (Siemens)

2.6. Metode Newton Raphson

Adapun metode yang digunakan untuk studi aliran daya adalah Metode Newton Raphson. Dimana Metode Newton Raphson ini memiliki perhitungan yang lebih baik. Bila untuk sistem tegangan yang besar, karena lebih efisien dan praktis. Dalam bentuk admintasi persamaan (2.10) dapat ditulis menjadi[1]:

$$I_i = V_i \sum_{j=0}^n y_{ij} y_{ij} \quad (2.11)$$

atau dalam berbentuk polar menjadi:

$$I_i = \sum_{j=1}^n |Y_{ij} V_j| \angle(\theta_{ij} + \delta_j) \quad (2.12)$$

daya kompleks di bus i adalah :

$$P_i - j Q_i = V_i \angle -\delta_i \sum_{j=1}^n |Y_{ij} V_j| \angle(\theta_{ij} + \delta_j) \quad (2.13)$$

daya aktif di bus i adalah :

$$P_i = \sum_{j=1}^n |Y_{ij} V_j V_{ij}| \cos(\theta_{ij} + \delta_j - \delta_i) \quad (2.14)$$

daya reaktif di bus i adalah :

$$Q_i = - \sum_{j=1}^n |Y_{ij} V_j V_{ij}| \sin(\theta_{ij} + \delta_j - \delta_i) \quad (2.15)$$

Memperluas persamaan (2.14) dan persamaan (2.15) ke dalam deret Taylor dan order pertama maka diperoleh persamaan :

$$\begin{bmatrix} \Delta P \\ \Delta Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} J_1 & J_2 \\ J_3 & J_4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta \delta \\ \Delta |V| \end{bmatrix} \quad (2.16)$$

Dimana $J_1, J_2, J_3,$ dan J_4 adalah matrik Jakobian dengan elemen sebagai berikut :

$$[J^m] = \begin{bmatrix} \left[\frac{\partial P}{\partial \delta} \right] & \left[\frac{\partial P}{\partial |V|} \right] \\ \left[\frac{\partial Q}{\partial \delta} \right] & \left[\frac{\partial Q}{\partial |V|} \right] \end{bmatrix} \quad (2.17)$$

2.7. SVC (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.

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

Persamaan aliran daya untuk SVC (Static Var Compensator) adalah sebagai berikut:

$$\frac{\partial P_k^P}{\partial B_{SVC}^{Pj}} B_{SVC}^{Pj} = -V_k^P V_k^j B_{SVC}^{Pj} \sin(\theta_k^P - \theta_k^j) \quad (2.18)$$

$$\frac{\partial P_k^P}{\partial B_{SVC}^{Pj}} B_{SVC}^{Pj} = -2(V_k^P V_k^j B_{SVC}^{Pj} \sin(\theta_k^P - \theta_k^j)) \quad (2.19)$$

Matriks baru Jacobian dari persamaan linear dapat dibentuk seperti berikut:

$$\begin{bmatrix} \Delta P_i^P \\ \Delta Q_i^P \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial P_i^P}{\partial \theta_i^P} & \frac{\partial P_i^P}{\partial \theta_i^P} V_i^P \\ \frac{\partial Q_i^P}{\partial \theta_i^P} & \frac{\partial Q_i^P}{\partial \theta_i^P} V_i^P \end{bmatrix}^{(i)} \begin{bmatrix} \Delta \theta_i^P \\ \Delta V_i^P \end{bmatrix}^{(i)} \quad (2.20)$$

Suseptansi Static Var Compensator (SVC) dapat diperbaharui dengan menggunakan persamaan berikut:

$$B_{SVC}^P = B_{SVC}^{Pj(i-1)} + \left(\frac{\Delta B_{SVC}^{Pj}}{B_{SVC}^{Pj}} \right)^{(i)} B_{SVC}^{Pj(i-1)} \quad (2.21)$$

2.7.1. Kompensasi Daya Reaktif SVC (Static Var Compensator)

Dalam menentukan besarnya Suseptansi SVC (*Static Var Compensator*), (B_{svc}) yang akan ditempatkan pada bus beban, dapat menggunakan persamaan aliran daya.

Arus yang mengalir pada SVC (*Static Var Compensator*) adalah:

$$I_{svc} = j B_{svc} V_{bus} \quad (2.22)$$

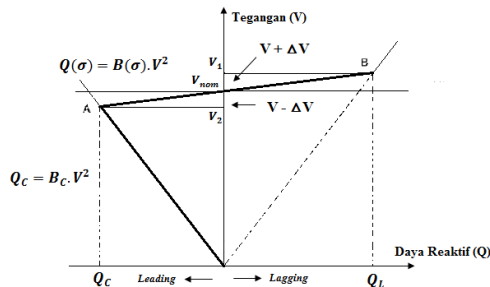
Sedangkan besarnya suseptansi SVC (*Static Var Compensator*) (B_{svc}) dapat diaktifkan sebagai fungsi sudut konduksi *thyristor* (σ) berikut ini:

$$B_{svc} = B_C - B_L(\sigma) \quad (2.23)$$

Berdasarkan persamaan (2.22) dan (2.23), maka dapat dihitung daya reaktif yang diinjeksikan ke bus oleh SVC (*Static Var Compensator*) dengan persamaan (2.24) sebagai berikut:

$$Q_{svc} = -B_{svc} V^2 \quad (2.24)$$

Kurva daya reaktif yang dihasilkan SVC (*Static Var Compensator*) terhadap tegangan bus yang dipasang SVC (*Static Var Compensator*) ditunjukkan pada Gambar berikut ini:



Gambar 2.3. kurva daya reaktif dan tegangan pada SVC [7]

Dimana:

- Q_C : Daya Reaktif *Capasitif*(VAR) V_1 : Tegangan Akhir (V)
- Q_L : Daya Reaktif *Induktif*(VAR) ΔV : Perubahan Tegangan (V)
- V : Tegangan (V) B : Suseptansi(Siemens)
- V_1 : Tegangan Mula-mula (V)

3 area kerja SVC (*Static Var Compensator*):

1. Area kerja pertama terdapat di antara V_1 dan V_2 . Di area ini, SVC bersifat kapasitif atau induktif. Daya reaktif yang dihasilkan berubah-ubah sesuai kebutuhan sistem.
2. Area kerja kedua, bila tegangan bus melebihi V_1 . Diarea ini SVC memiliki karakteristik induktif. Daya reaktif yang dihasilkan berubah-ubah sesuai kebutuhan sistem seperti diberikan pada persamaan (2.24)

3. Area kerja ketiga bila tegangan kurang dari V_2 . Di area ini SVC (*Static Var Compensator*) hanya berfungsi sebagai *fixed capacitor* saja

2.7.2. Penentuan Kapasitas SVC (*Static Var Compensator*)

Hal ini diupayakan agar mendapatkan tegangan pada ujung beban sama dengan ujung sumber atau $|V_R| = |V_S|$ [4]. Bila nilai daya aktif pada ujung beban mendekati 1 ($pf=1$) dan $|V_R| = |V_S|$ maka dapat dicari nilai δ , dengan rumus berikut:

$$P_R = \frac{|V_R| \cdot |V_S|}{|B|} \cos(\beta - \delta) - \frac{|A|}{|B|} |V_R|^2 \cos(\beta - \alpha) \quad (2.25)$$

Kapasitas kapasitor (Q_R) dapat dihitung dengan persamaan :

$$Q_R = \frac{|V_S| \cdot |V_R|}{|B|} \sin(\beta - \delta) - \frac{|A|}{|B|} |V_R|^2 \sin(\beta - \alpha) \quad (2.26)$$

Berdasarkan faktor daya Q bisa dicari dengan persamaan berikut:

kVAR sebelum SVC (*Static Var Compensator*):

$$Q_1 = P \tan \theta_1 \quad (2.27)$$

kVAR yang diinginkan berdasarkan PF=0.999

$$Q_2 = P \tan \theta_2 \quad (2.28)$$

Berdasarkan persamaan (2.27) dan persamaan (2.28) maka dapat disempurnakan nilai Q dengan persamaan (2.29) dibawah berikut:

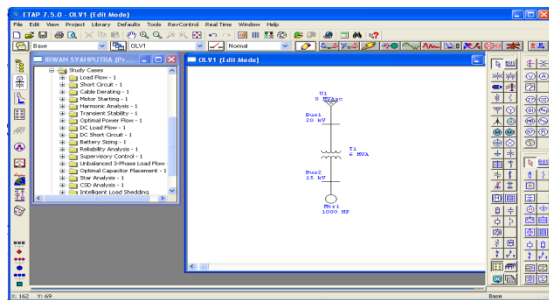
$$Q = Q_1 - Q_2 \quad (2.29)$$

Dimana, Q_1 = kVAR sebelum SVC

Q_2 = kVAR yang diinginkan berdasarkan PF=0.999

2.8. ETAP 7.5.0

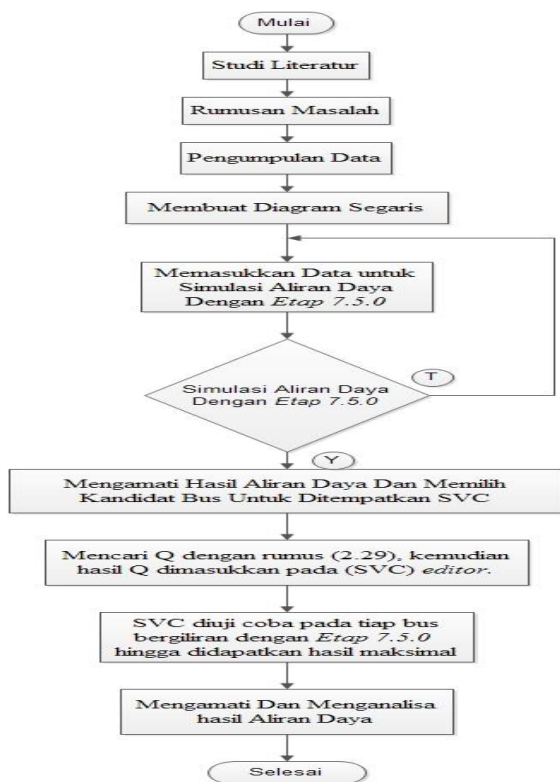
ETAP (Electric Transient and Analysis Program) merupakan suatu perangkat lunak yang mendukung sistem tenaga listrik [5]. Perangkat ini mampu bekerja dalam keadaan *offline* untuk simulasi tenaga listrik, *online* untuk pengelolaan data *real-time* atau digunakan untuk mengendalikan sistem secara *real-time*. Fitur yang terdapat didalamnya pun bermacam-macam antara lain fitur yang digunakan untuk menganalisa pembangkitan tenaga listrik, sistem transmisi maupun sistem distribusi tenaga listrik. Tampilan perangkat lunak *Etap 7.5.0* secara umum dapat melihat gambar dibawah



Gambar 2.4. Tampilan *Etap 7.5.0* Secara Keseluruhan

BAHAN DAN METODE

Metode penelitian terdiri dari langkah-langkah yang dijabarkan sebagai berikut



Gambar 4. Flowchart tahapan penelitian

Analisa data dilakukan dengan melihat hasil simulasi aliran daya sebelum dan sesudah penempatan SVC (*Static Var Compensator*) dengan tujuan mempertahankan tegangan di bus yang terpasang SVC (*Static Var Compensator*) pada nilai yang dikehendaki, dengan cara menghasilkan atau menyerap daya reaktif pada bus tersebut melalui kontrol sudut penyalan *thyristor*.

Hasil penelitian ini berupa hasil eksekusi program *Etap 7.5.0*, Studi kasus akan dilakukan

pada sistem distribusi 20kV Rayon Bangkinang Wilayah Salo. Sistem distribusi ini dimulai dari gardu induk bangkinang sebagai *power grid* dengan kapasitas 35 MVA dan tegangan 150 kV dengan persentase operasi tegangan 100%, yang mempunyai daya aktif 8.931 dan daya reaktif 6.128 yang menyuplai daya ke 41 bus dengan 216 beban dan 128 kabel.

Studi yang dilakukan terhadap sistem ini yakni *running program* pada saat kondisi beban puncak. Tahap-tahap yang dilakukan untuk penempatan SVC (*Static Var Compensator*) sebagai berikut:

1. Menjalankan analisis aliran daya dengan menggunakan *Etap 7.5.0*. Setelah dilakukan analisis aliran daya maka menghasilkan bermacam informasi diantaranya nominal kV, tegangan, beban aktif dan beban reaktif dan jatuh tegangan. Tegangan yang masih berada dalam batasan toleransi dibedakan menjadi 3 jenis berdasarkan warna tegangan yaitu tegangan normal berwarna putih, tegangan *marginal* berwarna merah muda/pink dan tegangan *Critical* berwarna merah.
2. Memilih kandidat bus yang mengalami penurunan tegangan pada batas *critical* sebagai kandidat bus untuk diuji coba satu-persatu pada tiap bus.
3. Menentukan kompensasi daya reaktif dengan mencari nilai Q untuk setiap bus dengan persamaan (2.29).
4. Menguji coba penempatan SVC (*Static Var Compensator*) menggunakan *Etap 7.5.0* pada setiap bus yang mengalami penurunan tegangan secara bergiliran berdasarkan nilai Q yang telah dicari. Hasil uji coba penempatan SVC (*Static Var Compensator*) secara bergiliran tersebut dipilih 1 buah bus dengan peningkatan tegangan paling baik untuk ditempatkan SVC (*Static Var Compensator*)
5. Apabila hasil akhir belum mendapatkan hasil yang diinginkan, maka dilakukan kembali penambahan SVC (*Static Var Compensator*) pada bus yang mengalami penurunan tegangan hingga mendapatkan hasil yang maksimal. Penambahan SVC (*Static Var Compensator*) ini dilakukan seperti tahap 1 hingga tahap ke 5 sampai mendapatkan hasil penempatan yang ideal.

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Sebelum Penempatan SVC (*Static Var Compensator*)

Tahap awal, untuk mengetahui tegangan pada setiap bus, maka dilakukan analisa aliran daya dengan bantuan *Etap 7.5.0.* pada proyek *Load Flow Analysis. One –line diagram.*

Dalam analisa aliran daya kita menggunakan Metode *Newton Raphson* jumlah maksimum iterasi 99 dengan presisi 0.0001 dan hasil aliran daya dapat dilihat pada tabel 1 berikut:

Tabel 1. Profil Tegangan Sebelum Penempatan SVC (*Static Var Compensator*)

Bus ID	Nominal kV	Type	Voltage %	MW Loading	Mvar Loading
Bus1	150	SWNG	100	8.931	6.128
Bus4	20	Load	98.08	8.911	5.895
Bus7	20	Load	96.44	8.67	5.655
Bus10	20	Load	96.19	8.052	5.241
Bus13	20	Load	96.43	0.602	0.393
Bus25	20	Load	95.99	7.876	5.121
Bus29	20	Load	95.91	1.449	0.938
Bus36	20	Load	95.83	0.326	0.208
Bus41	20	Load	95.8	0.163	0.106
Bus60	20	Load	95.66	0.461	0.298
Bus68	20	Load	95.61	0.299	0.187
Bus93	20	Load	95.63	6.021	3.908
Bus99	20	Load	95.38	5.75	3.719
Bus103	20	Load	95.03	5.332	3.366
Bus110	20	Load	94.86	5.323	3.424
Bus118	20	Load	93.24	5.018	3.33
Bus119	20	Load	93.23	0.415	0.274
Bus134	20	Load	92.41	4.318	2.848
Bus137	20	Load	91.99	3.601	2.365
Bus140	20	Load	92.29	3.815	2.512
Bus156	20	Load	91.34	3.148	2.056
Bus157	20	Load	91.32	0.521	0.331
Bus185	20	Load	91.08	0.079	0.05
Bus189	20	Load	91.07	0.059	0.038
Bus206	20	Load	90.55	2.22	1.448
Bus210	20	Load	90.39	2.178	1.419
Bus213	20	Load	90.1	2.172	1.413
Bus217	20	Load	90.01	2.132	1.385
Bus223	20	Load	89.94	2.091	1.359
Bus234	20	Load	89.74	1.816	1.177
Bus241	20	Load	89.6	1.736	1.125
Bus245	20	Load	89.53	0.404	0.262
Bus262	20	Load	89.59	1.137	0.736
Bus266	20	Load	89.45	0.942	0.607
Bus270	20	Load	89.39	0.863	0.557
Bus283	20	Load	89.26	0.804	0.519
Bus286	20	Load	89.22	0.188	0.118
Bus289	20	Load	89.21	0.149	0.093
Bus299	20	Load	89.19	0.461	0.301
Bus303	20	Load	89.16	0.442	0.289
Bus312	20	Load	89.12	0.163	0.106

- Tanpa warna/tidak berwarna merupakan batas normal ($101\% \geq V \geq 98\%$).
- Warna merah muda/pink merupakan batas *marginal* yaitu batas maksimal $105\% \leq V \leq 102\%$ dan batas minimal $98\% \geq V \geq 95\%$
- Warna merah merupakan batas *critical* yaitu melebihi batas tegangan maksimal 105% dan kurang dari batas minimal yaitu 95% ($105\% > V > 95\%$).

Q dapat dihitung dengan nilai perhitungan daya setelah dijalankan, dimana daya sebelum penempatan SVC (*Static Var*

Compensator) dinyatakan dalam tabel 2 berikut:

Tabel 2. Nilai Daya Reaktif (Q) Yang Diinginkan

ID	Nominal kV	Voltage %	Q: Sebelum SVC	Q: yang diinginkan berdasarkan PF=0.999	Q/Rating SVC yang diinginkan
Bus110	20	94.86	4224.41	238.23	3186.18
Bus118	20	93.24	3323.92	224.58	3108.34
Bus119	20	93.23	0.27	0.01	0.26
Bus134	20	92.41	2856.73	193.25	2663.48
Bus137	20	91.99	2363.60	161.38	2202.22
Bus140	20	92.29	2504.07	170.74	2333.33
Bus156	20	91.34	2058.05	140.88	1917.17
Bus157	20	91.32	0.32	0.02	0.3
Bus185	20	91.08	0.04	0.00	0.04
Bus189	20	91.07	0.03	0.00	0.03
Bus206	20	90.55	144.55	9.93	134.62
Bus210	20	90.39	1418.22	97.47	1320.75
Bus213	20	90.1	1408.64	97.20	1311.44
Bus217	20	90.01	2031.25	95.41	1935.25
Bus223	20	89.94	1257.32	93.58	1163.74
Bus234	20	89.74	1196.71	81.27	1115.44
Bus241	20	89.6	1121.34	77.69	1043.65
Bus245	20	89.53	0.26	0.01	0.25
Bus262	20	89.59	752.22	50.88	701.34
Bus266	20	89.45	0.62	0.04	0.58
Bus270	20	89.39	0.55	0.03	0.52
Bus283	20	89.26	0.50	0.03	0.47
Bus286	20	89.22	0.11	0.00	0.11
Bus289	20	89.21	0.09	0.00	0.09
Bus299	20	89.19	0.30	0.02	0.28
Bus303	20	89.16	0.29	0.01	0.28
Bus312	20	89.12	0.10	0.00	0.10

Selanjutnya dilakukan analisa aliran daya dengan bantuan *Etap 7.5.0.* pada proyek *Load Flow Analysis. One –line diagram*

4.2 Setelah Penempatan SVC

Tahap selanjutnya Uji coba penempatan SVC secara bergiliran, setelah dilakukan percobaan penempatan 1 buah SVC (*Static Var Compensator*) pada sistem yaitu pada bus, masih terdapat bus yang nilainya belum tercukupi, maka tahap selanjutnya ditambahkan lagi 1 buah SVC (*Static Var Compensator*) pada bus yang mengalami penurunan tegangan.

Penambahan ini dilakukan berulang seperti tahap 1 hingga tahap ke 5 sampai didapatkan penempatan SVC yang ideal.

Perbandingan Hasil Simulasi Sebelum Dan Sesudah Penambahan SVC (*Static Var Compensator*) Pada Sistem.

Berdasarkan perhitungan program aliran daya pada *Etap 7.5.0* dengan metode *Newton Raphson* dapat dilihat jumlah beban dan rugi-rugi daya pada tabel 3. dan perbedaan tegangan sebelum dan sesudah penempatan SVC (*Static Var Compensator*)

Tabel 3. Perbandingan Jumlah Beban Dan Rugi-Rugi Daya Sebelum Dan Sesudah Penempatan SVC (*Static Var Compensator*)

SEBELUM PENEMPATAN SVC (<i>Static Var Compensator</i>)		SETELAH PENEMPATAN SVC (<i>Static Var Compensator</i>)	
<i>Load-MW</i>	8.931	<i>Load-MW</i>	9.071
<i>Load-Mvar</i>	6.128	<i>Load-Mvar</i>	2.174
<i>Loss-MW</i>	0.554	<i>Loss-MW</i>	0.46
<i>Loss-Mvar</i>	0.936	<i>Loss-Mvar</i>	0.727

Dari tabel 3 di atas dapat dilihat jumlah rugi rugi daya berkurang yaitu: Rugi - rugi daya nyata berkurang dari 0.554 MW menjadi 0.46 MW yaitu sekitar 0.094 yaitu 16.96%. Rugi rugi daya reaktif berkurang dari 0.936 Mvar menjadi 0.727 Mvar yaitu sekitar 0.209 yaitu 22.32%

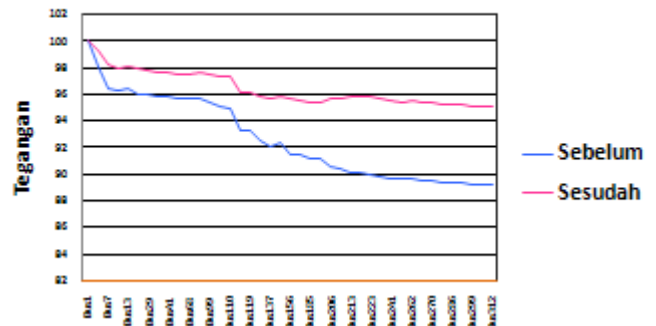
Dari simulasi aliran daya yang dilakukan dengan bantuan *Etap 7.5.0* didapatkan persentase tegangan setiap bus meningkat. dari awalnya 27 bus mengalami penurunan tegangan dari 41 bus setelah dilakukan penempatan SVC (*Static Var Compensator*) terhadap sistem sebesar **20.12 Mvar** tidak ada lagi bus yang mengalami penurunan tegangan pada batas *critical*. Untuk hasilnya dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4. Perbandingan Sebelum Dan Sesudah Penempatan SVC (*Static Var Compensator*)

Bus ID	% Voltage Sebelum Penempatan SVC	% Voltage Sesudah Penempatan SVC	% Peningkatan Tegangan
Bus1	100	100	0
Bus4	98.08	99.22	1.14
Bus7	96.44	98.12	1.68
Bus10	96.19	97.95	1.76
Bus13	96.43	98.1	1.67
Bus25	95.99	97.82	1.83
Bus29	95.91	97.73	1.82
Bus36	95.83	97.65	1.82
Bus41	95.8	97.62	1.82
Bus60	95.66	97.48	1.82
Bus68	95.61	97.43	1.82
Bus93	95.63	97.62	1.99
Bus99	95.38	97.5	2.12
Bus103	95.03	97.32	2.29
Bus110	94.86	97.24	2.38
Bus118	93.24	96.07	2.83
Bus119	93.23	96.06	2.83
Bus134	92.41	95.75	3.34
Bus137	91.99	95.65	3.66
Bus140	92.29	95.72	3.43
Bus156	91.34	95.54	4.2
Bus157	91.32	95.53	4.21
Bus185	91.08	95.28	4.2
Bus189	91.07	95.27	4.2
Bus206	90.55	95.65	5.1
Bus210	90.39	95.69	5.3
Bus213	90.1	95.77	5.67
Bus217	90.01	95.8	5.79
Bus223	89.94	95.73	5.79
Bus234	89.74	95.55	5.81
Bus241	89.6	95.42	5.82
Bus245	89.53	95.35	5.82
Bus262	89.59	95.41	5.82
Bus266	89.45	95.3	5.85
Bus270	89.39	95.25	5.86
Bus283	89.26	95.14	5.88
Bus286	89.22	95.1	5.88

Dari tabel 4 diatas grafik perbandingan tegangan sebelum dan sesudah dapat dilihat pada gambar berikut:

Grafik perbandingan tegangan sebelum dan sesudah penempatan SVC (*Static Var Compensator*)



Gambar 2. Grafik Perbandingan Tegangan Pada Bus Sebelum Dan Sesudah Penempatan SVC (*Static Var Compensator*)

KESIMPULAN

A. Kesimpulan

Dari hasil pembahasan sistem distribusi 20 kV Rayon Bangkinang Wilayah Salo diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Cara penempatan SVC (*Static Var Compensator*) pada *Etap 7.5.0* dilakukan dengan menguji coba tiap-tiap bus yang mengalami penurunan tegangan secara bergiliran berdasarkan nilai Q yang telah dicari. Selanjutnya dipilih 1 buah bus dengan peningkatan tegangan yang paling baik untuk ditempatkan SVC (*Static Var Compensator*).
2. Dari hasil simulasi penempatan SVC (*Static Var Compensator*) pada bus yang mengalami penurunan tegangan didapatkan 3 buah SVC (*Static Var Compensator*) dengan *rating* yang paling baik untuk meningkatkan tegangan pada sistem yaitu pada bus 217 dengan *rating* 19.35 Mvar, pada bus 283 dengan *rating* 0.49 Mvar dan pada bus 303 dengan *rating* 0.28 Mvar.
3. Setelah penempatan SVC (*Static Var Compensator*), maka didapatkan rugi-rugi daya berkurang yaitu rugi - rugi daya nyata berkurang dari 0.554 MW menjadi 0.46 MW sama dengan 0.094 MW yaitu sekitar 16.96% dan rugi rugi daya reaktif berkurang dari 0.936 Mvar menjadi 0.727 Mvar sama dengan 0.209 Mvar yaitu sekitar 22.32%.

B. Saran

1. Agar mendapat iterasi yang konvergen, selanjutnya dilakukan kembali penempatan SVC (*Static Var Compensator*) pada bus yang berbeda sehingga didapatkan tempat yang ideal untuk penempatan SVC (*Static Var Compensator*).
2. Penempatan SVC (*Static Var Compensator*) yang kurang tepat maka akan mengakibatkan tidak meratanya peningkatan pada bus.

DAFTAR PUSTAKA

- C.Cekmas, (2006), "Sistem Tenaga Listrik" 2ed ed. Yogyakarta:andi.
- R.Imam, (2006), "Desain System Tenaga Modern", 1st ed. Yogyakarta:Andi.

Suhadi,dkk, (2008) "Teknik distribusi tenaga listrik", Jilid 1., Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.

B.Ida, C.Fery, dan B.M.Agung, (2011), "Penentuan Kapasitas Dan Penempatan Kompensator Daya Reaktif Statik (Svc) Dalam Memperbaiki Profil Tegangan Pada Pengembangan Sistem Kelistrikan Lombok", Dielektrika No1,Vol. 1. PP 44 - 49, Agustus 2010

K.D.Unggul, Ir. Bambang Winardi, "Simulasi Aliran Daya Pada Penyulang 2 Gardu Induk Rawali Dengan Menggunakan Software *Etap 7.0*," Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.

S.Asrul, S.Indhana ST.MT., Ir.Sutedjo, MT., "Rancang Bangun Alat Untuk Perbaikan faktor Daya Pada Beban Dinamis 1 fase dan Monitoring Daya Dengan LCD Grafik." Mahasiswa Jurusan Teknik Elektro Industri, PENS-IT, Surabaya ,Indonesia (<http://www.eepis-its.edu/uploadta/downloadmk.php?id=1891> diakses 8 Oktober 2013)

A. Hastanto, Ir. Yuningtyastuti.,MT, S. Handoko, ST., MT., (2012), "Optimasi Penempatan SVC Untuk Memperbaiki Profil Tegangan Pada Sistem 500 kV Jamali Menggunakan Metode Particle Swarm Optimization (PSO)", Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.