

KINERJA PENYULANG 20 Kv GODEAN 2

Bimo Basworo Her Kris Nugroho, Dulhadi, ST, MT., Ir. Budi Utama, MT.

Jurusan Teknik Elektro , Sekolah Tinggi Teknologi Nasional Yogyakarta

Basworobimo77@gmail.com

Abstrak

Penyulang Godean 2 adalah salah satu penyulang tegangan menengah terletak di area pelayanan jaringan PLN Area Yogyakarta Rayon Sedayu.. Penyulang tersebut dibebani oleh konsumen rumah tangga ,sekolah dan industri. Jarak panjang jaringan penyulang utama dari PMT sampai recloser sekitar 8,810 km, dari recloser sampai ujung jaringan sekitar 10,530 km, total panjang penyulang utama sekitar 19,340 km dan enam tapping feeder 6 arah sepanjang 13,850 km dengan total panjang keseluruhan penyulang 32,790 km adapun jenis kabel yang digunakan AAAC 240 mm untuk main feeder, dan AAAC 70 mm untuk tapping feeder. Melihat kondisi penyulang Godean 2 maka sangat dimungkinkan akan terjadinya susut tegangan pada penyulang tersebut.

Hasil perhitungan susut tegangan pada penyulang 20 kV Godean 2 diperoleh tegangan terima pada bus 5 sampai dengan bus 13 melebihi batas toleransi $\pm 5\%$ yaitu sebesar 18934,56 Volt pada bus 5 turun sampai dengan 18527,25 Volt pada bus 13 dengan tegangan kerja 20 kV adapun prosentase susut tegangannya adalah 5,33% sampai dengan 7,36%. Hasil perhitungan susut tegangan setelah dinaikan faktor daya dari 0,85 menjadi 0,95 dengan memasang kapasitor shunt pada setiap bus diperoleh susut terbesar pada bus 2 sebesar 617,21 Volt dan tegangan pada bus 5 sampai dengan bus 13 mempunyai tegangan yang melebihi standar yaitu 18995,08 Volt sampai dengan tegangan terendah 18627,59 dalam kisaran 5,02% sampai dengan 6,86% dari standar 5% tegangan kerja 20 kV (SPLN72, 1987).

Dari hasil yang didapatkan dapat dipakai sebagai acuan untuk mengkoreksi jaringan penyulang Godean 2 ,penulis juga menyarankan agar kedepannya sebagian beban pada jaringan dapat dipindah ke penyulang lain yang terdekat guna mengurangi terjadinya susut tegangan.

Kata Kunci: Penyulang, Susut tegangan, Daya, Kapasitor, SPLN72 1987.

I. Latar Belakang Masalah

Penyulang tegangan menengah merupakan bagian dari sistem distribusi yang berfungsi untuk menyalurkan dan mendistribusikan tenaga listrik dari pusat suplai daya besar atau disebut gardu induk ke pusat pusat beban. Di Indonesia penyulang tenaga listrik mempunyai

tegangan kerja 20 kV dan frekuensi 50 Hz. Faktor penghantar pada penyulang mempunyai sifat resistif maka apabila dialiri arus akan menimbulkan susut tegangan dan rugi daya , susut tegangan dan rugi daya pada penyulang secara umum berbanding lurus dengan panjang saluran dan beban serta berbanding terbalik dengan luas

penampang penghantar (Nazario M 2014). Susut tegangan yang dibolehkan adalah 5% dari tegangan kerja 20 kV dan untuk frekuensi dibolehkan 1% dari standar frekuensi Indonesia sebesar 50 Hz (SPLN72, 1987).

Penyulang Godean 2 adalah salah satu penyulang tegangan menengah terletak di area pelayanan jaringan PLN Area Yogyakarta Rayon Sedayu. Penyulang tersebut berfungsi untuk memasok tenaga listrik ke sebagian wilayah kecamatan Mlati, Godean, Gamping dan Sedayu Yogyakarta. Penyulang tersebut dibebani oleh konsumen rumah tangga, sekolah dan industri. Jarak panjang jaringan penyulang utama dari PMT sampai recloser sekitar 8,810 km, dari recloser sampai ujung jaringan sekitar 10,530 km, total panjang penyulang utama sekitar 19,340 km dan enam tapping feeder 6 arah sepanjang 13,850 km dengan total panjang keseluruhan penyulang 32,790 km dan jenis kabel yang digunakan AAAC 240 mm untuk main feeder, AAAC 70 mm untuk tapping feeder.

Melihat kondisi penyulang Godean 2 maka sangat dimungkinkan akan terjadinya susut tegangan pada penyulang tersebut. Oleh karena itu penting bagi penulis untuk menganalisa berapa susut tegangan pada penyulang tersebut.

II. Tinjauan Pustaka

Jatuh tegangan merupakan besarnya tegangan yang hilang pada suatu penghantar. Jatuh tegangan pada saluran tenaga listrik secara umum berbanding lurus dengan panjang saluran dan beban serta berbanding terbalik dengan luas penampang penghantar. Besarnya jatuh tegangan dinyatakan baik

dalam persen atau dalam besaran Volt. Besarnya batas atas dan bawah ditentukan oleh kebijaksanaan perusahaan kelistrikan. Perhitungan jatuh tegangan praktis pada batas-batas tertentu dengan hanya menghitung besarnya tahanan masih dapat dipertimbangkan, namun pada sistem jaringan khususnya pada sistem tegangan menengah masalah induktansi dan kapasitansinya diperhitungkan karena nilainya cukup berarti (*PT.PLN(Persero),2010: hal 20*).

III. Dasar Teori

1. Tegangan jatuh

Tegangan jatuh pada jaringan disebabkan adanya rugi tegangan akibat hambatan listrik (R) dan reaktansi (X). Jatuh tegangan phasor V_d pada suatu penghantar yang mempunyai impedansi (Z) dan membawa arus (I) dapat dijabarkan dengan rumus :

$$V_d = I \cdot Z \quad (2.1)$$

Dalam pembahasan ini yang dimaksudkan dengan jatuh tegangan (ΔV) adalah selisih antara tegangan kirim (V_k) dengan tegangan terima (V_T), maka jatuh tegangan dapat didefinisikan adalah :

$$\Delta V = (V_k) - (V_T) \quad (2.2)$$

Karena adanya resistansi pada penghantar maka tegangan yang diterima konsumen (V_r) akan lebih kecil dari tegangan kirim (V_s), sehingga tegangan jatuh (V_{drop}) merupakan selisih antara tegangan pada pangkal pengiriman (sending end) dan tegangan pada ujung penerimaan (receiving end) tenaga listrik. Tegangan jatuh relatif

dinamakan regulasi tegangan V_R (*voltage regulation*) dan dinyatakan oleh rumus:

$$V_R = \frac{V_S - V_r}{V_r} \times 100\% \quad (2.3)$$

Dengan :

V_s : tegangan pada pangkal pengiriman

V_r : tegangan pada ujung penerimaan

Untuk menghitung jatuh tegangan, diperhitungkan reaktansinya, maupun faktor dayanya yang tidak sama dengan satu, maka berikut ini akan diuraikan cara perhitungannya. Dalam penyederhanaan perhitungan, diasumsikan beban-bebannya merupakan beban fasa tiga yang seimbang dan faktor dayanya ($\cos \phi$) antara 0,6 s/d 0,85. tegangan dapat dihitung berdasarkan rumus pendekatan hubungan sebagai berikut:

$$(\Delta V) = I (R \cdot \cos \phi + X \cdot \sin \phi) L \quad (2.4)$$

Dengan :

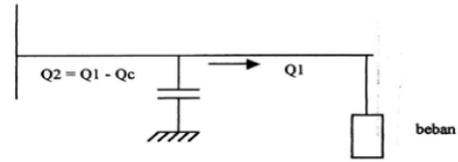
I : Arus beban (Ampere)

R : Tahanan rangkaian (Ohm)

X : Reaktansi rangkaian (Ohm)

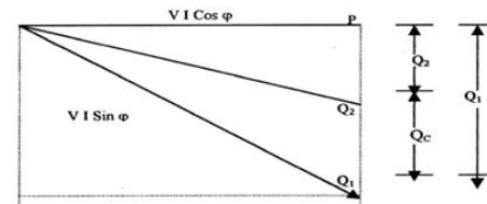
2. Kapasitor sebagai perbaikan tegangan

Jika suatu feeder melayani beban induktif dengan faktor daya lagging (terbelakang), dengan faktor daya yang rendah akan menambah daya terpasang (kVA) yang lebih tinggi untuk kebutuhan daya aktif yang konstan.



Gambar 1 Diagram pemasangan kapasitor shunt

Kapasitor mengambil daya reaktif leading dari sumber dan dapat dilihat pada gambar 2



Gambar 2 Diagram segitiga daya reaktif

Keterangan:

P : Daya aktif (WATT)

Q_1 : Daya reaktif yang diinginkan (VAR)

Q_2 : Daya reaktif awal (VAR)

Q_C : Daya reaktif yang perlu ditambahkan (VAR)

Jika beban disuplai oleh daya aktif P dan daya reaktif Q lagging dan daya nyata S_1 pada faktor daya lagging ϕ_1 maka :

$$\cos \phi = \frac{P}{S_1} = \frac{P}{\sqrt{P_1^2 + Q_1^2}} \quad (2.5)$$

Bila kapasitor shunt $Q_c = \text{kVAR}$ dipasang paralel dengan beban yang faktor dayanya lagging dengan sudut ϕ_2 maka :

$$\cos \phi = \frac{P}{S_2} = \frac{P}{\sqrt{P_1^2 + Q_2^2}} = \frac{P}{\sqrt{P_1^2 + (Q_1 + Q_c)^2}} \quad (2.6)$$

Dengan memperhatikan gambar 2 akan diperoleh hubungan berikut :

$$Q_1 = P \cdot \tan \phi_1 \quad (2.7)$$

$$Q_2 = P \cdot \tan \phi_2$$

Untuk menentukan kapasitas kapasitor untuk menaikkan faktor daya dari saluran distribusi ditulis dengan persamaan :

$$C = \frac{P(\tan \phi_1 - \tan \phi_2)}{\omega V^2} \quad (2.8)$$

atau

$$C = \frac{Q_c}{-\omega V^2} \quad (2.9)$$

Dengan :

C : Kapasitas kapasitor (Farad)

Qc : Daya reaktif kapasitor (Var)

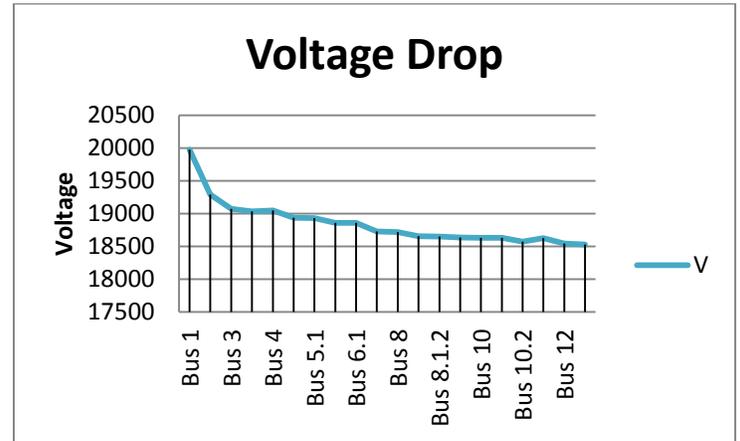
V : Tegangan (Volt)

ω : $2\pi f$ (omega)

IV. Analisa dan Pembahasan

Dari data yang diperoleh dihitung jatuh tegangan yang terjadi pada jaringan penyulang Godean 20 kV Godean 2. Jatuh tegangan ini akan berhubungan dengan rugi-rugi jatuh tegangan yang terjadi sepanjang jaringan. Tegangan pada setiap bus dilakukan perhitungan besar jatuh tegangan yang terjadi pada titik-titik beban jaringan. Dengan menggunakan persamaan (2.1), (2.2), (2.3), dan (2.4) diperoleh hasil bahwa susut tegangan terbesar terjadi pada bus 2 sebesar 684,10 Volt dan tegangan pada bus 5 sampai dengan bus 13 mempunyai tegangan dibawah standar susut tegangan yang dibolehkan yaitu 5% dari tegangan kerja 20 kV (SPLN72, 1987). Melihat

kondisi maka perlu adanya perbaikan tegangan pada jaringan.



Grafik I Hasil Perhitungan

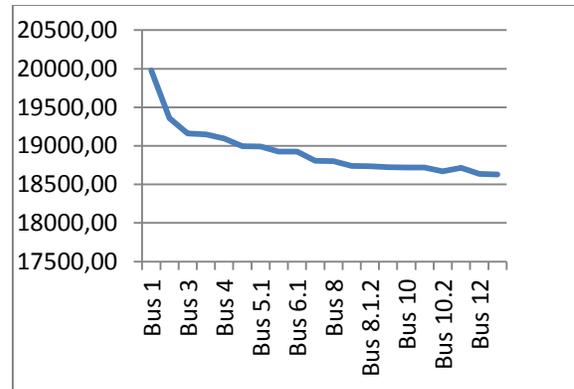
Pada perhitungan jatuh tegangan diketahui bahwa kondisi tegangan pada jaringan pada 5 sampai dengan bus 13 tidak sesuai dengan standar PLN yang melebihi susut tegangan 5% dari tegangan kerja 20 kV (SPLN72, 1987), melihat kondisi itu maka perlu adanya perbaikan tegangan agar sesuai dengan standar. Penulis akan memperbaiki tegangan pada jaringan dengan cara pemasangan kapasitor bank (*kapasitor shunt*) untuk menaikkan faktor daya ($\cos \theta$) yang disambung paralel pada jaringan. Dalam hal ini penulis akan menaikkan faktor daya ($\cos \theta$) dari 0,85 (standar PLN) menjadi sebesar 0,95. Dalam menaikkan faktor daya ($\cos \theta$) maka perlu untuk menentukan besaran kapasitas kapasitor.

Bus	Besar Kapasitor Micro Farad
Bus 1	17.4
Bus 2	16.8
Bus 3	16.6
Bus 3.1	2.9
Bus 4	13.4

Bus 5	13.3
Bus 5.1	0.2
Bus 6	12.9
Bus 6.1	0.0
Bus 7	12.8
Bus 8	10.3
Bus 8.1.1	3.3
Bus 8.1.2	1.7
Bus 9	6.2
Bus 10	5.1
Bus 10.1	0.0
Bus 10.2	1.6
Bus 11	3.6
Bus 12	3.1
Bus 13	1.7

Tabel 1. Tabel Besaran Kapasitor

Adapun hasil perhitungan perbaikan tegangan diketahui terjadi perbaikan tegangan kerja dengan susut terbesar pada bus 2 sebesar 617,21 Volt dan tegangan pada bus 5 sampai dengan bus 13 mempunyai tegangan yang melebihi standar yaitu 18995,08 Volt sampai dengan tegangan terendah 18627,59 dalam kisaran 5,02% sampai dengan 6,86% dari standar 5% tegangan kerja 20 kV (SPLN72, 1987).



Grafik II Hasil Perhitungan Perbaikan Tegangan

V. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa dan pembahasan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan diantaranya:

1. Hasil perhitungan susut tegangan pada penyulang 20 kV Godean 2 diperoleh tegangan terima pada bus 5 sampai dengan bus 13 melebihi batas toleransi $\pm 5\%$ yaitu sebesar 18934,56 Volt pada bus 5 turun sampai dengan 18527,24 Volt pada bus 13 dengan tegangan kerja 20 kV adapun prosentase susut tegangannya adalah 5,33% sampai dengan 7,36%.
2. Hasil perhitungan daya yang disalurkan pada penyulang 20 kV Godean 2 diperoleh daya semu (S) 10192000,00 VA, daya aktif (P) 8663200,00 Watt dan daya reaktif (Q) 5371184,00 VAR.
3. Besar kapasitas kapasitor yang digunakan untuk menaikkan faktor daya dari 0,85 menjadi 0,95 dengan kapasitas terkecil pada bus 5.1 sebesar 0,2 μF dan terbesar pada bus 1 sebesar 17,4 μF .
4. Hasil perhitungan susut tegangan pada penyulang 20 kV Godean 2

setelah dinaikan faktor daya dari 0,85 menjadi 0,95 diperoleh susut terbesar pada bus 2 sebesar 617,21 Volt dan tegangan pada bus 5 sampai dengan bus 13 mempunyai tegangan yang melebihi standar yaitu 18995,08 Volt sampai dengan tegangan terendah 18627,59 dalam kisaran 5,02% sampai dengan 6,86% dari standar 5% tegangan kerja 20 kV (SPLN72, 1987).

VI. Saran

Berdasarkan hasil analisa dan pembahasan, hasil yang diperoleh dapat dipergunakan sebagai acuan untuk mengoreksi keadaan jaringan penyulang Godean 2 dimana setelah dipasang dengan kapasitor sebesar 18 μ F masih terjadi susut tegangan yang melebihi standar 5% tegangan kerja 20 kV (SPLN72, 1987), maka dari itu disini penulis menyarankan agar untuk memindahkan sebagian beban pada penyulang Godean 2 ke penyulang terdekat lainnya guna mengurangi terjadinya susut tegangan.

VII. DAFTAR PUSTAKA

- Tanjung, A, 2010, Analisis Penentuan Peletakan Kapasitor Optimum Untuk Memperbaiki Jatuh Tegangan Dan Meminimalkan Rugi-Rugi Daya Pada Sistem Distribusi.
- Hakiki, I, 2011, Analisa Drop Tegangan Pada Feeder Setapak Tegangan Menengah 20 Kv Di Gardu Induk Sei-Wie Pt Pln (Persero) Cabang Singkawang
- Darmana, I, 2013, Perbaikan Jatuh Tegangan Dengan Pemasangan Automatic Voltage Regulator.
- Cahyanto, D, R, 2008, Studi Perbaikan Kualitas dan Rugi-Rugi Daya pada Penyulang Pupur dan Bedak Menggunakan Kapasitor Bank.
- Standar Umum Perusahaan Listrik Negara 72 : 1987, Spesifikasi desain untuk Jaringan Tegangan Menengah (JTM) dan Jaringan Tegangan Rendah (JTR).