

PENGGUNAAN KAPASITOR BANK SEBAGAI SOLUSI DROP TEGANGAN PADA JARINGAN 20 KV

Zuraidah Tharo¹⁾, AmaniDarma Tarigan²⁾, Siti Anisah³⁾, Kevin Tri Yuda⁴⁾

^{1,2,3)}Fakultas Sains & Teknologi, Universitas Pembangunan Pancabudi

¹⁾zuraidahtharo@dosen.pancabudi.ac.id

²⁾amanidarmatarigan@dosen.pancabudi.ac.id

³⁾sitianisah@dosen.pancabudi.ac.id

⁴⁾PT. PLN (Persero) ULP LabuhanBilik

kevintyuda@gmail.com

Abstrak

Dalam sistem distribusi energi listrik, salah satu persyaratan keandalan sistem penyaluran adalah kualitas tegangan yang baik dan stabil. Salah satu permasalahan yang dihadapi saat ini pada bidang distribusi tenaga listrik adalah drop tegangan. Drop tegangan merupakan selisih antara tegangan kirim dan tegangan terima. Apabila terjadi drop tegangan hingga di luar batas toleransi yang diizinkan maka akan mengganggu kinerja peralatan listrik yang ada. Untuk meningkatkan kehandalan saluran distribusi maka dibutuhkan kapasitor bank yang berfungsi untuk memperbaiki tegangan yang disalurkan. Kapasitor bank ini dihitung dan di analisa dengan berdasarkan persentase drop tegangan pada SPLN No. 72 : 1987 persentase drop tegangan pada trafo distribusi yaitu sebesar 3%. Berdasarkan perhitungan dan analisa, pemasangan kapasitor bank pada jaringan tegangan menengah 20 kV dapat memperbaiki tegangan pada pelanggan sehingga dapat menjaga kualitas penyaluran energi listrik agar kontinuitas pelayanan terpenuhi.

Kata-Kata Kunci: *Kapasitor Bank, Drop Tegangan, Jaringan 20 KV*

I. PENDAHULUAN

Untuk memenuhi kebutuhan energi listrik PT. PLN (Persero) terus berupaya membangun pembangkit dan peralatan pendukung untuk meningkatkan keandalan sistem sehingga pelayanan kepada pelanggan dapat tercapai. Secara umum, konsumen mengharapkan sistem pelayanan tenaga listrik yang kontinyu dan dengan mutu yang memadai. Salah satu persyaratan keandalan sistem penyaluran tenaga listrik adalah kualitas tegangan yang baik dan stabil. Meskipun kontinuitas catu daya terjamin, namun belum tentu dapat mempertahankan tegangan agar tetap stabil. Saat ini salah satu permasalahan yang dihadapi pada bidang distribusi tenaga listrik adalah drop tegangan.

Drop tegangan merupakan selisih tegangan pada sisi kirim dengan tegangan pada sisi terima. Pelanggan yang berada di daerah yang jauh dari gardu distribusi cenderung menerima tegangan yang nilainya lebih kecil daripada di daerah yang dekat dengan gardu distribusi. Permasalahan muncul karena konsumen memakai peralatan dengan tegangan yang besarnya sudah ditentukan. Apabila terjadi penurunan tegangan hingga di luar batas toleransi yang diizinkan, maka secara teknis akan mengakibatkan terganggunya kinerja peralatan listrik pelanggan. Misalnya, nyala lampu pijar menjadi redup dan motor listrik tidak bisa start. Sesuai SPLN 1 : 1995, toleransi tegangan pelayanan adalah +5% dari tegangan standar tegangan rendah pada sisi pangkal dan -10 % pada sisi ujung. Terjadinya drop tegangan hingga di luar standar yang diperbolehkan

secara terus menerus tentunya sangat merugikan pelanggan karena berpengaruh terhadap umur peralatan.

Dalam penyaluran energi listrik ke konsumen ada beberapa masalah yang dihadapi antara lain, drop tegangan, faktor daya dan rugi-rugi daya. Beban pada jaringan distribusi dapat berupa beban kapasitif maupun beban induktif. Apabila beban reaktif induktif semakin tinggi, maka akan memperbesar drop tegangan serta rugi-rugi daya yang berdampak pada penurunan kapasitas penyaluran daya. Untuk mengurangi beban daya reaktif induktif diperlukan sumber daya reaktif kapasitif, salah satu diantaranya adalah dengan menggunakan kapasitor bank yang dipasang secara paralel pada penghantar penyulang jaringan tegangan menengah 20 kV. Pemasangan kapasitor bank tersebut akan menyebabkan arus yang mengalir pada penghantar menjadi lebih kecil, sehingga akan mengurangi besarnya rugi-rugi daya dan drop tegangan pada konsumen.

II. METODE PENELITIAN

Adapun penelitian ini dimulai dari adanya permasalahan yang terjadi pada sistem distribusi tenaga listrik di wilayah Labuhan Batu yang tepatnya PT. PLN (Persero) ULP Labuhan Bilik Kecamatan Panai Hulu. Drop Tegangan menjadi permasalahan utama dalam sistem distribusi tenaga listrik.

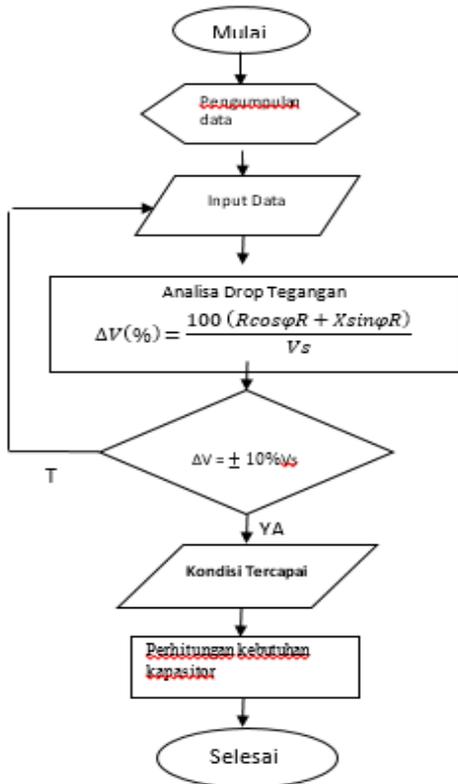
Kajian

atau observasi lapangan dilakukan untuk pengambilan data baik melalui database yang sudah ada maupun dengan cara melakukan pengukuran langsung pada lokasi yang mengalami drop tegangan. Data yang sudah diperoleh selanjutnya dianalisis dengan mengaplikasikan pada teori-teori yang mendukung untuk keperluan penelitian ini.

Adapun data yang akan dianalisis yaitu :

- a. Besar drop (jatuh) tegangan
- b. Kapasitas kapasitor yang akan dipakai

Untuk memudahkan dalam penelitian ini dibuat suatu rancangan penelitian sebagai berikut :



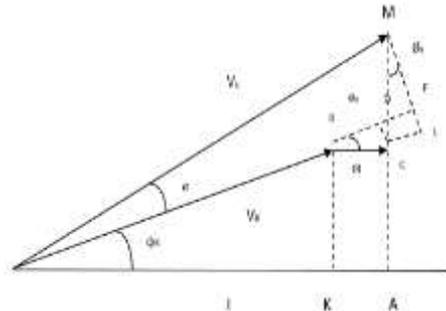
Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Dengan tahapan – tahapan berikut :

1. Observasi lapangan
Pengumpulan data untuk penelitian ini secara langsung diperoleh dari PT. PLN (Persero) ULP Labuhan Bilik
2. Studi Pustaka
Mengkaji beberapa teori yang berhubungan langsung dalam penelitian ini, serta mengkaji teori-teori yang mendukung dalam penyelesaian masalah
3. Analisis Perhitungan
Mengaplikasikan data yang diperoleh dari lapangan ke dalam teori yang ada
4. Menghitung kapasitas kapasitor yang dibutuhkan sesuai kondisi dan keadaan di lapangan
5. Melakukan analisis ulang
6. Penulisan laporan

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Drop (jatuh) tegangan pada jaringan distribusi adalah selisih antara tegangan pangkal pengirim (*sendringend*) dengan tegangan pada ujung penerima (*receivingend*). Jatuh tegangan terjadi karena ada pengaruh dari impedansi saluran, perbedaan sudut fasa antara arus dan tegangan, besar beban dan jarak. Besar jatuh tegangan pada sistem arus bolak balik dapat dihitung berdasarkan diagram fasor berikut:



Gambar 2. Diagram Fasor Saluran

Dari gambar diperoleh hasil :

$$OM^2 = OA^2 + AM^2 = (KO + KA)^2 + (AC+CM)^2$$

$$V_s = \sqrt{[(VR \cos \theta R + IR)^2 + (VR \sin \theta R + IX)^2]}$$

ML ⊥ OF, CL ⊥ OF dan CD ⊥ OF, α ≈ 0,

maka: OM = OF = OD + DF = OB + BD + DF

Atau $D3$

$$V_s = V_R + BD \quad \dots = V_R + BD + CL = V_R + IR \cos \theta_R + IX \sin \theta_R$$

Atau

$$V_s - V_R = IR \cos \theta_R + IX \sin \theta_R$$

$$\Delta V = I (IR \cos \theta R + IX \sin \theta R)$$

Adapun hasil yang diperoleh pada saat pengukuran di lapangan sebagai berikut :

Diketahui :

a. Pada Penyulang RA 01

Jenis Penghantar: AAAC 120 mm²

Panjang Penghantar: 1,39 km

Beban (S): 71 kVA

Tegangan = 20 kV

Impedansi saluran = 0,346 + j0,772 Ohm

Cos φ = 0,8

Maka dihitung drop tegangan berdasarkan rumus :

$$\Delta V (\%) = \frac{100 (R \cos \phi R + X \sin \phi R)}{V^2 S^2} \sum_{i=1}^n S_i I_i [\%]$$

Dengan memasukkan nilai yang diperoleh dari hasil pengukuran maka :

$$\Delta V (\%) = \frac{100 ((0,346 \times 0,8) + (0,772 \times 0,6))}{V^2} \times 71 \times 1,39$$

$$\Delta V (\%) = 0,185 \times 98,69 = 18,25\%$$

$$\Delta V = 18,25 \times \frac{20.000}{100} = 3651,53 \text{ V}$$

Jadi jatuh tegangan pada penghantar tersebut sebesar **3651,53 V**.

Untuk jenis penghantar yang sama dengan panjang yang berbeda diperoleh besar jatuh tegangan seperti terlihat pada table berikut :

Tabel 1. Pengukuran Jatuh Tegangan

Penyulang		Tahun 2019		
Awal	Akhir	Panjang (km)	ΔV (%)	ΔV (Volt)
GI Rap	Kodim	1,39	18,25	3651
Kodim	Pangkalan	1,56	19,63	3924
Pangkalan	Bangun Sari	1,563	8,85	1771
Bangun Sari	Selat Besar	1,647	11,45	2290
Selat Besar	Ajamu	2,76	3,88	776
Ajamu	Sej Pinang	0,8	18,95	3791
Ajamu	Dermaga	2,975	18,69	3738
Sej Pinang	Sej Dondong	2,645	12,98	2596
Sej Dondong	Meranti Paham	1,912	16,72	3344
Meranti Paham	Disbun	0,908	7,38	1476
Disbun	Putat	1,921	21,39	4278
Putat	Selat Beting	1,339	7,71	1542
Dermaga	Sej Rakyat	1,072	15,54	3108
Sej Rakyat	Sej Berombang	1,348	14,8	2960
TOTAL		23,84	30,77	6153

b. Penyulang AP 03 dan RT 02

Dengan cara perhitungan yang sama dengan penyulang RA 01 maka diperoleh Total jatuh tegangan pada penyulang AP 03 dan RT 02 sebagai berikut :

Tabel 2. Total Jatuh Tegangan Pada Ketiga Penyulang

Penyulang	Panjang (Km)	Tahun 2019	
		ΔV (%)	ΔV (Volt)
AP 03	8,6	13,15	2630
RT 02	7,5	13,15	2630
RA 01	23,84	30,77	6153

Untuk pemasangan kapasitor pada jaringan sistem tenaga listrik dilakukan secara paralel (*shunt*). Kapasitor paralel (*shunt*) memperbaiki tipe daya reaktif atau arus reaktif untuk melawan komponen dari arus

yang dihasilkan oleh beban induktif. Kapasitor paralel (*shunt*) sebagai satuan tunggal atau satuan kelompok (*capasitor bank*) untuk *supplay lagging* kVAr kepada sistem pada titik sambung.

Dengan memasang kapasitor paralel maka arus yang mengalir pada saluran akan berkurang sehingga, jatuh tegangan akan berkurang pula. Berkurangnya jatuh tegangan menyebabkan kenaikan tegangan pada saluran.

Perhitungan besar kapasitor yang dibutuhkan, menggunakan persamaan berikut :

$$Q_c = \frac{10.(\%VR)V^2}{X_L}$$

Dimana:

Q_c = Kapasitansi Kapasitor daya (kVAr)

% VR = Presentase kenaikan tegangan yang diinginkan. (%)

V = Tegangan saluran (kV)

X_L = Reaktansi induktif (kV)

Dari data diperoleh :

$$\% .VR = 10$$

$$V = 17,10$$

$$X_L = 0,75$$

Makaharga Q_c yang diperoleh :

$$Q_c = \frac{10.(\% VR)V^2}{X_L}$$

$$Q_c = \frac{10.(10)17,10^2}{0,75} = \frac{29241}{0,75}$$

$$Q_c = 39016 \text{ kVAr}$$

Jadi dari perhitungan di atas maka besar kapasitor yang dibutuhkan adalah :

$$C = \frac{Q_c}{2\pi fV^2}$$

$$= \frac{39016}{2 \times 3,14 \times 50 \times 400^2}$$

$$= \frac{39016}{502400}$$

$$= 0,0776592 \text{ F} \approx 77659,2 \mu\text{F}$$

Dengan menggunakan rumus yang sama maka diperoleh besar kapasitas kapasitor pada setiap penyulang sebagai berikut :

Tabel 3. Hasil Perhitungan Besar Kapasitas Kapasitor Bank Pada Penyulang RA 01, RT 02, Dan AP 03

Penyulang		Tahun 2019				
Awal	Akhir	Panjang (km)	ΔV (%)	ΔV (Volt)	Qc (kVAr)	C (μF)
GI Rap	Kodim	1,39	18,25	3651	39016	77659,2
Kodim	Pangkatan	1,56	19,56	3912	34655	68978,9
Pangkatan	Bangun Sari	1,563	8,85	1771	29398	58515,1
Bangun Sari	Selat Besar	1,647	11,45	2290	22580	44944,3
Selat Besar	Ajamu	2,76	3,88	776	14730	29319,3
Ajamu	Sei Pinang	0,8	18,95	3791	31051	61805,3
Ajamu	Dermaga	2,975	18,69	3738	18357	36538,6
Sei Pinang	Sei Dondong	2,645	12,98	2596	18691	37203,4
Sei Dondong	Meranti Baham	1,912	16,72	3344	25256	50270,7
Meranti Baham	Disbun	0,908	7,38	1476	38437	76506,8
Disbun	Putat	1,921	21,39	4278	15828	31504,8
Putat	Selat Beting	1,339	7,71	1542	36316	72285,0
Dermaga	Sei Rakyat	1,072	15,54	3108	28987	57697,1
Sei Rakyat	Sei Berombang	1,348	14,8	2960	28459	56646,1
TOTAL		23,84	30,77	6153	381759	759870,6

Selanjutnya melakukan perhitungan besar jatuhnya tegangan sesudah menggunakan Kapasitor Bank dengan rumus :

$$\Delta V(\%) \text{ sesudah} = [\% V(\text{sebelum})] - (\% VR)$$

Dimana:

ΔV (%) sesudah: Tegangan sesudah pemasangan kapasitor

% V(sebelum): Tegangan sebelum pemasangan kapasitor

(% .VR) : Presentase kenaikan yang diinginkan

Contoh perhitungan pada penyulang GI Rip – Kodim sebagai berikut :

Diketahui:

$$QC = 39016 \text{ kVAr}$$

$$V = 12,57$$

$$X_L = 1,10$$

$$(\% V) = \frac{Qc \cdot X_L}{10 \cdot V^2}$$

$$(\% V) = \frac{39016 \cdot 1,10}{10 \cdot 158.01}$$

$$(\% V) = \frac{42918}{1580}$$

$$(\% V) = 27,15\%$$

$$\Delta V(\%) = 37,15 - 27,15$$

$$\Delta V(\%) = 10\% \text{ pada } 20.000$$

$$\Delta V = 10 \times \frac{\text{---}}{100}$$

$$\Delta V = 2000 \text{ V}$$

Dengan mengikuti langkah perhitungan jatuh tegangan setelah pemasangan kapasitor pada penyulang di atas maka diperoleh harga-harga seperti dalam table berikut :

Tabel 4. Hasil Perhitungan Jatuh Tegangan Setelah Pemasangan Kapasitor Pada Penyulang RA 01, RT 02 dan AP 03

Penyulang		Tahun 2019				
Awal	Akhir	Sebelum		Sesudah		Kapasitas Kapasitor Qc (kVAr)
		ΔV (%)	ΔV (Volt)	ΔV (%)	ΔV (Volt)	
GI Rap	Kodim	18,25	3651	10	2000	39016
Kodim	Pangkatan	19,56	3912	10	2000	34655
Pangkatan	Bangun Sari	8,85	1771	10	2000	29398
Bangun Sari	Selat Besar	11,45	2290	10	2000	22580
Selat Besar	Ajamu	3,88	776	10	2000	14730
Ajamu	Sei Pinang	18,95	3791	10	2000	31051
Ajamu	Dermaga	18,69	3738	10	2000	18357
Sei Pinang	Sei Dondong	12,98	2596	10	2000	18691
Sei Dondong	Meranti Baham	16,72	3344	10	2000	25256
Meranti Baham	Disbun	7,38	1476	10	2000	38437
Disbun	Putat	21,39	4278	10	2000	15828
Putat	Selat Beting	7,71	1542	10	2000	36316
Dermaga	Sei Rakyat	15,54	3108	10	2000	28987
Sei Rakyat	Sei Berombang	14,8	2960	10	2000	28459
TOTAL		13,95	2789	10	2000	381759

Tabel 5. Hasil Perhitungan Jatuh Tegangan Setelah Pemasangan Kapasitor Pada penyulang RA 01, RT 02 Dan AP 03

Penyulang	Tahun 2019				
	Sebelum pemasangan Kapasitor	Setelah Pemasangan Kapasitor			
		ΔV (%)	ΔV (Volt)	ΔV (%)	ΔV (Volt)
AP 03	13,95	2789	10	2000	381759
RT 02	12,91	2581	6,94	13,89	387104
RA 01	15,36	3073	8,78	1857	599434

Berdasarkan hasil perhitungan dapat dianalisa bahwa tegangan drop pada penyulang adalah sebesar 13,15% pada penyulang RA 01, 13,15% pada penyulang RT 02

dan 30,77% untuk penyulang AP 03. Dengan presentase drop tegangan yang $> \pm 10\%$ artinya pada penyulang tersebut harus dipasang kapasitor bank dengan kapasitas untuk masing-masing penyulang adalah untuk AP 03 sebesar 381759 kVAr, RT 02 sebesar 387104 kVAr, RA 01 sebesar 599434 kVAr sesuai dengan perhitungan pada pembahasan.

Berdasarkan hasil perhitungan maka tegangan jatuh yang dihasilkan setelah pemasangan kapasitor bank adalah sebagai berikut untuk penyulang AP 03 sebesar 10%, untuk penyulang RT 02 sebesar 6,94% dan RA 01 adalah sebesar 8,78%. Dari hasil perhitungan tegangan jatuh setelah pemasangan kapasitor bank, dapat dilihat bahwa pemasangan kapasitor bank mempengaruhi besarnya tegangan jatuh pada penyulang dan dapat memperbaiki tegangan pada jaringan tegangan menengah (JTM).

IV. KESIMPULAN

Setelah melakukan perhitungan serta perbaikan jatuh tegangan menggunakan kapasitor bank pada jaringan distribusi 20 KV di PT.PLN (Persero) ULP Labuhan Bilik, dapat diambil kesimpulan bahwa:

1. Rata – rata Jatuh tegangan yang terjadi pada penyulang AP 03 yaitu sebesar 13% atau 2630 V, untuk penyulang RT 02 yaitu sebesar 15% atau 3073 V dan untuk penyulang RA 01 yaitu sebesar 30% atau 6153
2. Jumlah kapasitas kapasitor daya yang dipasang untuk memenuhi beban pada penyulang RT 02 yaitu sebesar 387.104 kVAr sehingga rata – rata jatuh tegangan menjadi 6,936 % atau 1389 V, untuk penyulang RA 01 yaitu sebesar 599.434 kVAr sehingga rata–rata jatuh tegangan menjadi 9,06 % atau 1857 V dan untuk penyulang AP 03 yaitu sebesar 381.759 kVAr sehingga rata – rata jatuh tegangan menjadi 10 % atau 2000 V.
3. Dari kesimpulan 1, 2 dan 3 jatuh tegangan untuk penyulang RA 01 dan RT 02 sudah memenuhi standart yang ditentukan oleh SPLN (Standar Perusahaan Umum Listrik Negara) yaitu jatuh tegangan tidak boleh lebih dari 10% dikarenakan sudah diperbaiki dengan melakukan pemasangan kapasitor bank pada masing - masing penyulang.
4. Dengan pemasangan kapasitor bank pada jaringan 20 kV akan memperbaiki tegangan di JTM sehingga pelanggan dapat menggunakan energi listrik secara kontinyu yang berdampak dengan bertambahnya kWh jual perusahaan dan meningkatnya pemasukan perusahaan dengan pemasangan kapasitor bank.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Arismunandar, A dan Kuwahara, S. (1972) Teknik Tenaga Listrik, Jilid III gardu induk. Jakarta : PT Pradnya Paramita
- [2]. Abdul Haris,dkk (2017) Sistem Tenaga Listrik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
- [3]. Suswanto, D (2009) Sistem Distribusi Tenaga Listrik. Padang, Universitas Negeri Padang
- [4]. SPLN 64 : 1985, Petunjuk pemilihan dan penggunaan pelebur pada system distribusi tegangan menengah
- [5]. Siti Anisah, Zuraidah Tharo, Suhardi, (2019) Analisis Perbaikan Tegangan Ujung Pada Tegangan Menengah 20 KV dengan Simulasi E-TAP (Studi Kasus PT. PLN (Persero) Rayon Kuala, javascript:void(0)