

# ANALISIS SUSUT DAYA DAN ALTERNATIF PERBAIKAN PADA PENYULANG CEKO DI PLN RAYON PANGKALPINANG

Antasena

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Bangka Belitung  
Balunijuk, Kabupaten Bangka, Propinsi Kepulauan Bangka Belitung, 33172

E-mail:Antasena15@gmail.com

## ABSTRAK

Susut Teknis, yaitu hilangnya energi listrik yang dibangkitkan pada saat disalurkan karena berubah terjadi energi panas. Susut teknis merupakan susut yang disebabkan oleh sifat dari penghantar dan peralatan listrik itu sendiri dalam keadaan operasi. Persentase susut kumulatif sampai dengan bulan November tahun 2016 yang ditargetkan oleh PLN Wilayah Babel kepada PLN Rayon Pangkalpinang ialah sebesar 6,92%. Penyulang *Ceko* merupakan penyulang yang paling panjang di PLN Rayon Pangkalpinang yaitu sepanjang 181,925 km/saluran. Metode yang dilakukan untuk menghitung dan memperbaiki susut ialah dengan cara perhitungan dan simulasi menggunakan *software* ETAP. Setelah dilakukan perhitungan hasil susut Penyulang Ceko ialah sebesar 338,2 kW sedangkan hasil simulasi sebesar 335 kW. Untuk menekan susut yang terjadi dilakukan 2 alternatif perbaikan yaitu; *uprating* penghantar dan penambahan kapasitor pada jaringan. Hasil susut yang didapat ketika dilakukan *Uprating* penghantar ke 150mm<sup>2</sup> ialah sebesar 190,31 kW sedangkan ketika *uprating* penghantar ke 240mm<sup>2</sup> sebesar 120,29 kW. Namun pada saat dilakukan penambahan 1 buah kapasitor pada penyulang, susut yang terjadi sebesar 286,1 kW dan pada saat ditambahkan 2 buah kapasitor susutnya sebesar 283,4. Maka alternatif yang paling besar menekan susut yang terjadi ialah melakukan *Uprating* penghantar.

**Kata Kunci** : susut, penyulang ceko, *uprating* penghantar, penambahan kapasitor

## PENDAHULUAN

Persentase susut kumulatif sampai dengan bulan November tahun 2016 yang ditargetkan oleh PLN Wilayah Babel kepada PLN Rayon Pangkalpinang ialah sebesar 6,92%. Namun realisasinya susut kumulatif sampai dengan bulan November PLN Rayon Pangkalpinang sebesar 7,85% sehingga target yang ditetapkan wilayah tidak dapat terpenuhi. Penyulang *Ceko* merupakan penyulang yang paling panjang di PLN Rayon Pangkalpinang, sehingga peluang terjadinya susut teknis karena penghantar pada penyulang *Ceko* ini sangat besar. Susut teknis merupakan susut yang disebabkan oleh sifat dari penghantar dan peralatan listrik itu sendiri dalam keadaan operasi. Susut dalam jaringan yang disebabkan karena faktor teknis tidak mungkin dihindari karena pada peralatan tidak mungkin memiliki tingkat efisiensi 100%, namun yang perlu mendapatkan perhatian adalah apakah penyusutan yang terjadi di dalam batas yang dikehendaki.

## METODE PENELITIAN

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini ialah data beban pengukuran trafo, panjang saluran, *Single Line* penyulang dan data transformator.

### Data Sampel Jaringan

Jaringan yang digunakan dalam perhitungan susut daya ini adalah jaringan tegangan menengah penyulang CEKO/Ceko yang disuplai dari GI Kampak dalam wilayah kerja PLN Rayon Pangkalpinang dengan menggunakan saluran udara (SUTM) dan saluran kabel

(SKTM). Panjang Penyulang CEKO ialah 181,9185 Kms dengan panjang SUTM sebesar 181,4645 Kms dan panjang SKTM sebesar 0,450 Kms.

### Data Penghantar

Penghantar yang digunakan pada penyulang ceko ini adalah penghantar dengan luas penampang 150 mm<sup>2</sup>, 70 mm<sup>2</sup>, 50 mm<sup>2</sup> dan 35 mm<sup>2</sup> untuk SUTM dan menggunakan XLPE 240 mm<sup>2</sup> untuk SKTM. Data Panjang penghantar dapat dilihat pada tabel 1.

### Data Transformasi Distribusi

Data pengukuran beban gardu digunakan untuk menghitung arus primer pada masing-masing gardu. Jumlah Trafo yang ada di Penyulang CEKO ialah sebanyak 132 buah, dengan trafo dimulai dari 25 kVa sampai dengan 250 kVa. Data pengukuran gardu dapat dilihat pada tabel 3.2

**Tabel 2.** Data Transformasi Distribusi

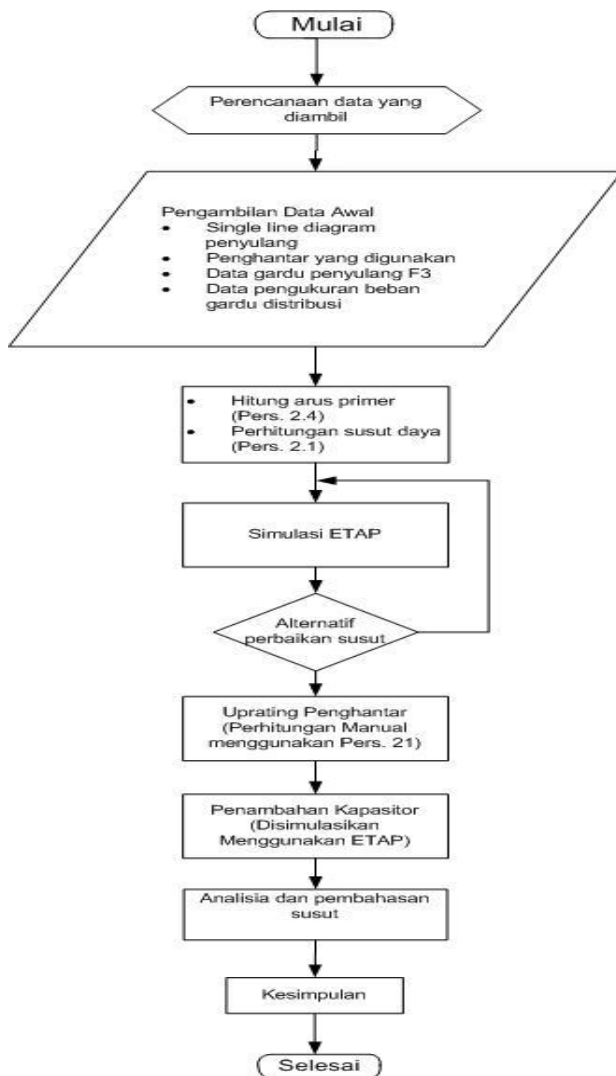
No.	Jenis Penghantar	Luas Penampang (mm <sup>2</sup> )	Panjang (km/saluran)
1.	XLPE	240	0,454
2.	AAAC	35	31,166
		40	2,338
		70	71,838
		150	75,122
<b>JUMLAH</b>			<b>181,925</b>

Tabel 1. Data Jarak Antar Tiang

No.	Gardu / Keypoint / Percabangan		Jenis Penghantar	Panjang (km/saluran)
0	2	3	6	7
1	GI Kampak	Tiang Awal	XLPE 240	0,08
2	Tiang Awal	Jointing SKTM	A3C 150	1,985
3	Jointing SKTM	Jointing SUTM	XLPE 240	0,03
4	Jointing SUTM	Jointing SKTM	A3C 150	2,184
5	Jointing SKTM	Jointing SUTM	XLPE 240	0,344
5.1 (6)	Jointing SKTM	Percabangan 1	A3C 150	1,944
5.2 (7)	Percabangan 1	Gardu ST Yos	A3C 150	0,002
6	Percabangan 1	Percabangan 2	A3C 150	0,03
6.1	Percabangan 2	Percabangan 3	A3C 150	2,474
	Percabangan 3	Gardu P957	A3C 150	0,075

**Langkah penelitian**

Rancangan /model penelitian ini dibuat dalam bentuk Flow Chart.



Gambar 1. Flow Chart Langkah Penelitian

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Untuk mempermudah penghitungan losses maka perlu dilakukan perhitungan setiap terjadi percabangan atau branchline pada Penyulang Ceko.

Perhitungan dimulai dengan menghitung arus setiap cabang Perhitungan dimulai dengan menghitung arus setiap cabang yang ada di penyulang Ceko. Arus pada percabangan merupakan penjumlahan dari arus primer yang ada pada masing-masing gardu.

**Perhitungan Arus Primer**

Arus primer di dapatkan dengan cara perhitungan menggunakan persamaan 2.4. Data yang dibutuhkan untuk menghitung arus primer pada gardu menggunakan data arus pada sisi sekunder (arus dan tegangan sisi tegangan rendah), data tersebut dapat dilihat pada tabel 3.2. Data selanjutnya yang dibutuhkan ialah rugi inti dan tembaga didapat dari SPLN D3.002-1:2007 yang terdapat pada tabel 2.3. Setelah semua data didapat maka data tersebut dimasukkan ke persamaan 2.4. Berikut contoh perhitungan arus primer untuk gardu P685 dengan kapasitas 100 kVA.

$$I_p = \frac{(V_s \times I_s \times \cos\phi) + \text{Rugi inti} + (\frac{S}{S_1})^2 \times P_{cu1}}{V_p \times \cos\phi}$$

$$I_p \text{ fasa R} = \frac{(401 \times 156 \times 0,85) + 210 + ((\frac{401 \times 156}{100000})^2 \times 1420)}{20000 \times 0,85}$$

$$I_p \text{ fasa R} = \frac{53172,6 + 210 + (0,255 \times 1420)}{17000}$$

$$I_p \text{ fasa R} = 3,173 \text{ A}$$

$$I_p \text{ fasa s} = \frac{(400 \times 123 \times 0,85) + 210 + ((\frac{400 \times 123}{100000})^2 \times 1420)}{20000 \times 0,85}$$

$$I_p \text{ fasa s} = \frac{41820 + 210 + (0,242 \times 1420)}{17000}$$

$$I_p \text{ fasa s} = 2,49 \text{ A}$$

$$I_p \text{ fasa T} = \frac{(400 \times 91 \times 0,85) + 210 + ((\frac{400 \times 91}{100000})^2 \times 1420)}{20000 \times 0,85}$$

$$I_p \text{ fasa T} = \frac{30940 + 210 + (0,132 \times 1420)}{17000}$$

$$I_p \text{ fasa T} = 1,84 \text{ A}$$

Hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.1.

**Perhitungan Susut Daya**

Perhitungan susut daya menggunakan persamaan 2.1. data yang dibutuhkan untuk menghitung susut daya selain data arus primer pada setiap cabang yang

dapat dilihat pada tabel 4.1, tahanan penghantar dapat dilihat pada 2.1 dan 2.2, jarak antar tiang dapat dilihat pada tabel 3.2.

$$P_{phase R} = I^2 x R$$

$$= (3,173^2) x 0,9127 x 0,065$$

$$= 0,597 \text{ w}$$

$$P_{phase S} = I^2 x R$$

$$= (2,493^2) x 0,9127 x 0,065$$

$$= 0,368 \text{ w}$$

$$P_{phase T} = I^2 x R$$

$$= (1,843^2) x 0,9127 x 0,065$$

$$= 0,201 \text{ w}$$

Hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.2. Untuk rekapitulasi *Losses* total dari Penyulang Ceko adalah sesuai tabel 4.3. *Losses* total hasil perhitungan sebesar 338,2 kW. Setelah dilakukan perhitungan, langkah selanjutnya ialah melakukan simulasi di ETAP. Hasil simulasi ETAP, *losses* penyulang ceko sebesar 335 kW.

**Alternatif Perbaikan Susut Daya**

**Uprating Penghantar**

*Uprating* penghantar yang dilakukan ialah mengubah ukuran penghantar menjadi 150mm<sup>2</sup> dan 240mm<sup>2</sup>. Perhitungan susut daya sama seperti sebelumnya yaitu menggunakan persamaan 2.1. Hasil perhitungan susut pada pangkal penyulang dapat dilihat pada tabel 4.4. Susut total yang pada saat *Uprating* penghantar ke 150mm<sup>2</sup> dapat dilihat pada tabel 4.5. *Losses* setelah dilakukan *Uprating* penghantar ke 150mm<sup>2</sup> ialah sebesar 190,31 kW. Setelah dilakukan *uprating* penghantar ke 150mm<sup>2</sup>, maka selanjutnya ialah melakukan *uprating* penghantar eksisting ke penghantar dengan luas penampang 240mm<sup>2</sup>, mulai dari awal jaringan sampai dengan ujung jaringan. Hasil perhitungan susut pada penyulang ceko saat *uprating* penghantar 240mm<sup>2</sup> dapat dilihat pada tabel 4.6. *Losses* setelah dilakukan *uprating* penghantar ke 240mm<sup>2</sup> ialah sebesar 120,3 kW. Grafik perbandingan hasil susut setelah dilakukan *uprating* penghantar dapat dilihat pada grafik 4.1.

**Penambahan Kapasitor pada Penyulang**

Sebelum melanjutkan simulasi menggunakan kapasitor terlebih dahulu melakukan perhitungan lokasi dan kapasitas kapasitor yang akan digunakan. Untuk mempermudah melakukan perhitungan tersebut dengan cara mengasumsikan beban merata sepanjang saluran. Pada tugas akhir ini, penambahan kapasitor dilakukan dengan 2 pilihan, yaitu penambahan 1 buah kapasitor dan penambahan 2 buah kapasitor pada jaringan penyulang ceko. Perhitungan besar kapasitor yang harus digunakan menggunakan persamaan 2.11 dan 2.12, sedangkan untuk menentukan lokasi penempatan kapasitor menggunakan persamaan 2.9 dan 2.10.

1. Penambahan 1 buah Kapasitor

Lokasi kapasitor dapat dihitung dengan cara sebagai berikut :

Diketahui :  $I_1 = 462,96 \text{ A}$   
 $I_2 = 0 \text{ A}$

Didapatkan Nilai  $\lambda = \frac{I_2}{I_1}$ ,

$$\lambda = \frac{0}{462,96}, \lambda = 0 \text{ A}$$

dan  $\alpha = \frac{1}{1 + \lambda + \lambda^2}, \alpha = 1$

Panjang penghantar saluran = 181,918Kms  
 Beban Reaktif saluran = 1482 kVAr  
 Dari mengetahui nilai-nilai diatas maka dapat dihitung :  
 Kapasitas Kapasitor = 2/3 x 1482 = 988 kVAr  
 Setelah melakukan perhitungan jarak pemasangan kapasitor, tahap selanjutnya menentukan jarak kapasitor yang akan dipasang.  
 Lokasi kapasitor = 2/3 x 181,9185 km = 121,279 km

**Penambahan 2 buah Kapasitor**

Panjang penghantar saluran = 181,918Kms  
 Beban Reaktif saluran = 1482 kVAr  
 Kapasitas Kapasitor =  $c = \frac{2}{2x2+1} = \frac{2}{5}$   
 $\text{kVAr} = \frac{2}{5} x 1482$   
 $\text{kVAr} = 592,8 \text{ kVAr}$

$$\text{Lokasi Kapasitor} = x_{i,opt} = \frac{1}{1-\lambda} - \frac{(2i-1)c}{2(1-\lambda)}$$

$$x_1 = \frac{1}{1-0} - \frac{(2x1-1)2/5}{2(1-0)} = \frac{4}{5}$$

Lokasi kapasitor 1 = 4/5 x 181,9185 km  
 = 145, 53 km

$$x_2 = \frac{1}{1-0} - \frac{(2x2-1)2/5}{2(1-0)} = \frac{2}{5}$$

Lokasi kapasitor 2 = 2/5 x 181,9185 km  
 = 72, 76 km

Setelah dilakukan perhitungan besar kapasitor yang dibutuhkan dan lokasi penempatan kapasitor pada penyulang baik pada opsi 1 kapasitor maupun pada 2 kapasitor maka langkah selanjutnya ialah mensimulasikan di ETAP untuk dapat melihat hasil *lossesnya*.

Hasil susut ketika ditambahkn 1 buah kapasitor sebesar 286 kW. Sedangkan ketika ditambahkan 2 buah kapasitor hasil susutnya sebesar 283,4 kW. Rekapitulasinya dapat dilihat pada tabel 4.9, sedangkan grafiknya dapat dilihat pada grafik 4.2

**Analisa Hasil Perbaikan Susut Daya**

Alternatif pertama yang dilakukan ialah melakukan *uprating* penghantar pada jaringan di penyulang ceko. Setelah dilakukan *Uprating* penghantar ke 150mm<sup>2</sup>, maka susut daya pada penyulang ceko mengalami penurunan. 43,72%, sedangkan ketika dilakukan *uprating* penghantar ke 240mm<sup>2</sup>, susut daya mengalami penurunan 64,37%. Semakin besar

penghantar maka semakin kecil tahanan penghantar tersebut, maka akan semakin kecil susut daya yang terjadi.

Ketika dilakukan alternatif untuk penambahan kapasitor. Dapat dilihat dari hasil susut daya ketika ditambahkan 1 buah kapasitor mengalami penurunan sebesar 15,4%, sedangkan ketika ditambahkan 2 buah kapasitor maka susut daya mengalami penurunan sebesar 16,2%.

Setelah dilakukan 2 alternatif perbaikan untuk menekan penurunan susut daya yang terjadi pada penyulang Ceko, maka alternatif perbaikan yang paling besar berpengaruh untuk menurunkan susut ialah melakukan *uprating* penghantar dengan luas penampang 240mm<sup>2</sup>. Grafik perbandingan hasil alternatif perbaikan dapat dilihat pada grafik 4.3

## KESIMPULAN

Dari perhitungan-perhitungan dan simulasi yang telah dilakukan pada hasil dan pembahasan, dapat disimpulkan :

1. Besar susut daya hasil perhitungan sebesar 338,2 kW sedangkan hasil simulasi menggunakan ETAP sebesar 335 kW
2. Pada saat dilakukan *Uprating* penghantar, *Uprating* penghantar ke 240mm<sup>2</sup> menghasilkan susut daya sebesar 120,298 kW, lebih kecil dibandingkan pada saat *Uprating* penghantar ke 150mm<sup>2</sup> yang menghasilkan susut daya sebesar 190,3156 kW.
3. Penambahan 2 kapasitor menghasilkan susut daya sebesar 283,4 kW lebih kecil dibandingkan saat ditambahkan 1 buah kapasitor yang menghasilkan besar susut sebesar 286,1 kW.
4. Alternatif perbaikan guna menekan susut daya pada penyulang Ceko yang paling besar memberikan pengaruh untuk memperkecil susut daya ialah melakukan *Uprating* penghantar dengan luas penampang 240mm<sup>2</sup>. Dengan memperkecil susut daya sebesar 64,37%.

## REFERENSI

- Gonen & Turan, 2008. Electric Power Distribution System Engineering (Second Edition). California: CRC Press. Taylor & Francis Group.
- Komari, 1992. Pedoman Perhitungan Susut Teknis Jaringan, Lokakarya XI Pembakuan PLN
- Muchy & Abdul. 2009. Studi perkiraan susut energi dan alternatif perbaikan pada penyulang leci di GI JABABEKA. Skripsi. Depok: Universitas Indonesia.
- Purba, P., Pradanan, B., & Warman, E., 2014. Analisa perhitungan susut teknis dengan Pendekatan kurva beban pada jaringan distribusi PT. Pln (persero) rayon medan kota. Singuda Ensikom, 6.
- PLN Area Bangka, 2017. Data Segmen Penyulang Ceko. Pangkalpinang.
- PLN Rayon Pangkalpinang. 2017. Data Pengukuran Gardu. Pangkalpinang.
- Setyawan, A., 2012. Analisis susut energi pada konduktor jaringan tegangan menengah berbasis bentuk kurva beban harian. Skripsi. Depok: Universitas Indonesia.
- Soenarjo, Waluyo & Akbar, A.A., 2007. Perhitungan susut daya pada sistem Distribusi tegangan menengah saluran Udara dan kabel. *Jurnal Sains dan Teknologi EMAS*, 17.
- Suhadi, dkk., 2008. Teknik Distribusi Tenaga Listrik. Jakarta. Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.
- Suswanto, D., 2009. Sistem distribusi tenaga listrik. Edisi pertama. Padang : Universitas Negeri Padang.
- Tim PLN. 2007. SPLN D3.002-1: Spesifikasi Transformator Distribusi Bagian 1: Transformator Fase Tiga, 20 kV-400 V dan Transformator Fase Tunggal, 20 kV-231 V dan 20/√3 kV-231 V. Jakarta.
- Tim PLN. 1985. SPLN 64: Petunjuk Pemilihan dan Penggunaan Pelebur pada Sistem Distribusi Tegangan Menengah. Jakarta.