

ANALISIS PERHITUNGAN *LOSSES* PADA JARINGAN TEGANGAN RENDAH DENGAN PERBAIKAN PEMASANGAN KAPASITOR

Ratih Novalina Putri, Hari Putranto

Abstrak: Dalam perkembangan saat ini energi listrik yang mendominasi kebutuhan manusia, sehingga konsumen listrik semakin bertambah seiring berkembangnya zaman diantaranya adalah konsumen rumah tangga. PT. PLN (Persero) sebagai perusahaan listrik satu-satunya di Indonesia yang merupakan sistem transmisi dan distribusi listrik. Sistem distribusi listrik merupakan bagian yang letaknya dekat dengan konsumen. Dalam hal ini perlu adanya peningkatan pelayanan terhadap para konsumen tenaga listrik utamanya pada penyaluran Sistem Distribusi Listrik agar tidak terjadi susut energi atau disebut juga *losses* yang akan merugikan konsumen pengguna listrik maupun PT. PLN (Persero).

Kata-Kata Kunci : *Losses*, Jaringan Tegangan Rendah, Kapasitor

Listrik merupakan bentuk energi yang paling cocok dan nyaman bagi manusia modern. Tanpa listrik, infrastruktur masyarakat sekarang tidak akan menyenangkan. Makin bertambahnya konsumsi listrik per kapita di seluruh dunia, menunjukkan kenaikan standar kehidupan manusia. Pemanfaatan secara optimum bentuk energi ini oleh masyarakat dapat dibantu dengan sistem distribusi yang efektif. (Pabla, 1994:1)

Losses jaringan adalah selisih antara KWH beli PLN Distribusi dengan KWH jual ke pelanggan. Disini tampak jelas bahwa PLN Distribusi mengalami kerugian akibat *losses* tersebut, sehingga PLN Distribusi harus menekan *losses* tersebut agar kerugian PLN tidak terlalu besar. (Hariasih, Susanti, 2005)

Losses jaringan adalah perbedaan antara energi listrik yang di salurkan dengan energi yang terpakai (UDIKLAT,2011). Secara garis besar *losses* dapat dikategorikan menjadi dua yaitu *losses teknis* dan *losses non teknis*. *Losses teknis* adalah *losses* yang disebabkan oleh sifat dari material atau peralatan jaringan. Sedangkan *losses non teknis* adalah *losses* yang disebabkan oleh kesalahan pemasangan dan kerusakan dari material atau peralatan jaringan. (UDIKLAT,2011)

Dampak adanya *losses* pada konsumen rumah tangga antar lain adalah energi kirim yang nantinya diterima oleh konsumen rumah tangga akan meningkat sehingga tarif listrik yang akan dibayar konsumen rumah tangga naik. Adanya jatuh tegangan pada tiang ujung yang menyebabkan arus pada jaringan menjadi tinggi sehingga *losses* yang terjadi pada jaringan tersebut meningkat.

Untuk mengetahui besarnya *losses* jaringan ini diperlukan adanya perhitungan-perhitungan. Dalam perhitungan susut energi ini diperlukan ketelitian serta keakurasian dari semua parameter-parameter komponen jaringan yang terpasang. Oleh karena itu dalam penelitian ini dikerjakan untuk mengetahui besarnya *losses* yang terjadi dan untuk meminimalkan terjadinya *losses* jaringan yang banyak terjadi pada Sistem JTR Distribusi Listrik khususnya GTT KA025 Penyulang Sumedangan APJ Pamekasan.

METODE

Analisis perhitungan ini meliputi analisis pada line D untuk mengetahui berapa besar *losses* total yang terjadi pada GTT 025 Penyulang Sumedangan dan besar *losses* yang terjadi pada line D. Analisis

perhitungan ini bertujuan untuk mengurangi losses yang terjadi pada GTT 025 Penyulang Sumedangan. Untuk mengurangi losses yang ada dengan memasang kapasitor pada tiang pangkal line D GTT 025. Fungsi dari kapasitor yang dipasang pada jaringan tersebut untuk memperbaiki tegangan pada titik dimana kapasitor tersebut dipasang. Sehingga arus pada jaringan tersebut akan turun dan rugi daya pada jaringan tersebut akan berkurang.

HASIL

Pengambilan Data

Sebelum melakukan analisis perhitungan dilakukan pengumpulan data pada GTT KA 025 Penyulang Sumedangan, mengumpulkan data kapasitor yang ada di PLN. Pada tahap pengambilan data, data yang diambil berupa data pengukuran dan wiring GTT KA025 Penyulang Sumedangan. Setelah itu data yang sudah ada akan di analisis total losses yang terjadi pada GTT KA025 dan losses yang terjadi pada line D dengan perbaikan pemasangan kapasitor.

Perhitungan Sebelum Pemasangan Kapasitor

a. Perhitungan Daya Kirim

$$P_{\text{kirim}} = V \times I \times \cos\phi$$

$$P_{\text{kirim fasa R}} = 222,7 \text{ V} \times 18,85 \text{ A} \times 0,86 = 3,610 \text{ KW}$$

Begitu juga untuk fasa R, S, T pada line B. Untuk mengetahui daya kirim total pada GTT adalah sebagai berikut :

$$\sum P_{\text{kirim}} = \sum P_{\text{kirim line B}} + \sum P_{\text{kirim line D}}$$

$$= 46,815 \text{ KW} + 11,033 \text{ KW}$$

$$= 57,848 \text{ KW}$$

Perhitungan Drop Tegangan

Perhitungan drop tegangan rata-rata fasa R tiang ujung line D sebagai berikut:

Diketahui :

Daya kontrak fasa R pada tiang akhir line:

$$D = 450 \text{ VA}$$

dengan jumlah pelanggan = 3

9900 VA dengan jumlah pelanggan = 1

Dengan total daya kontrak sebesar 2250 VA,

$$\text{maka arus beban} = 2250 \text{ VA} / 220 = 10,23 \text{ A}$$

maka arus penghantar dapat diketahui dengan cara berikut:

$$I_{\text{penghantar}} = I_{\text{GTT}} - I_{\text{beban}}$$

$$= 18,85 \text{ A} - 10,23 \text{ A}$$

$$= 8,62 \text{ A}$$

I (arus penghantar) = 8,62 A

R(tahanan penghantar) = 0,4609 Ω /Km

l (panjang saluran) = 0,399 Km

Cos ϕ = 0,86

Maka drop tegangan dapat diperoleh dengan rumus :

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

$$= 8,62 \text{ A}((0,4609 \times 0,86) + (0)) \times 0,399 \text{ Km}$$

$$= 1,3 \text{ Volt}$$

Untuk mengetahui besarnya perhitungan tegangan tiang ujung adalah :
= Tegangan pada GTT - Drop tegangan sepanjang total jaringan

Diketahui :

Drop tegangan = 1,3 Volt

Tegangan pada GTT = 222,7 Volt

Tegangan tiang ujung =

$$222,7 \text{ Volt} - 1,3 \text{ Volt} = 221,4 \text{ Volt}$$

b. Faktor Beban

Faktor beban dapat dicari dengan cara sebagai berikut:

Diketahui :

Tegangan rata-rata pada line B = 223,815V

Tegangan rata-rata pada line D = 223,69V

Untuk tegangan rata-rata =

$$(223,815 \text{ V} + 223,69 \text{ V}) / 2 = 223,75 \text{ V}$$

Tegangan puncak = 224,62 V

$$F_b = \frac{P_r}{P_p}$$

$$= 223,75 \text{ V} / 224,62 \text{ V}$$

$$= 0,99$$

c. Perhitungan Losses

Contoh perhitungan losses pada fasa R line D adalah sebagai berikut:

Diketahui :

$$I = 18,85 \text{ A}$$

$$R = 0,4609 \text{ } \Omega/\text{km}$$

$$F_b = 0,99$$

$$\text{Cos}\phi = 0,86$$

$$L = 0,399 \text{ km}$$

$$P \text{ losses} = I^2 \times (R/L) \left((0,3 \times F_b) + (0,7 \times F_b^2) \right) \times \text{Cos}\phi$$

$$= 18,85^2 \times (0,4609/0,399) \times ((0,3 \times 0,99) + (0,7 \times 0,99^2)) \times 0,86$$

$$= 0,347.007 \text{ KW}$$

Losses total sebelum perbaikan adalah :

$$\text{Losses total} = \text{losses line B} + \text{losses line D}$$

$$= 4,580.346 \text{ KW} + 1,088.321 \text{ KW}$$

$$= 5,668.667 \text{ KW}$$

Maka diperoleh persentase losses sebelum perbaikan adalah :

$$\% \text{ losses jaringan} = \frac{\text{Losses}}{\text{daya kirim}} \times 100\%$$

$$= \frac{5,668.346 \text{ KW}}{57,848 \text{ KW}} \times 100\%$$

$$= 9,8 \%$$

d. Rating Kapasitor

Dengan daya kirim sebesar 57,848 KW dan cos φ rata-rata sebesar 0,86 dengan tan φ sebesar 0,59. Di asumsikan dengan daya kirim yang sama cos φ rata-rata akan di naikkan sebesar 0,9 dengan tan φ sebesar 0,48. maka rating kapasitor dapat dicari dengan rumus :

$$Q = P \times (\text{Tan } \phi_1 - \text{Tan } \phi_2)$$

$$= 57,848 \text{ KW} \times (0,59 - 0,48)$$

$$= 6,36 \text{ KVAR}$$

Maka rating kapasitor yang diperlukan untuk menaikkan faktor daya sebesar 6,36 KVAR.

Perhitungan Setelah Pemasangan Kapasitor

a. Perhitungan Daya Kirim

Perhitungan daya kirim rata-rata fasa R line D dapat diketahui dengan rumus sebagai berikut :

$$P \text{ kirim} = V \times I \times \text{Cos}\phi$$

$$P \text{ kirim fasa R} = 224,65 \text{ V} \times 17,27 \text{ A} \times 0,94$$

$$= 3,647 \text{ KW}$$

Perhitungan daya kirim rata-rata fasa S line D sebagai berikut :

$$P \text{ kirim fasa S} = 222,96 \text{ V} \times 20,67 \text{ A} \times 0,89$$

$$= 4,102 \text{ KW}$$

Perhitungan daya kirim rata-rata fasa T line D sebagai berikut :

$$P \text{ kirim fasa T} = 227,24 \text{ V} \times 17,3 \text{ A} \times 0,915$$

$$= 3,597 \text{ KW}$$

Begitu juga untuk fasa R, S, T pada line D. Untuk mengetahui daya kirim total pada GTT adalah sebagai berikut :

$$\sum P \text{ kirim} = \sum P \text{ kirim line B} + \sum P \text{ kirim line D}$$

$$= 49,75 \text{ KW} + 11,34 \text{ KW}$$

$$= 61,096 \text{ KW}$$

Selisih kenaikan daya kirim setelah perbaikan dan sebelum perbaikan :

$$= 61,096 \text{ KW} - 57,848 \text{ KW}$$

$$= 3,248 \text{ KW}$$

Persentase kenaikan daya kirim sebesar :

$$= \frac{3,248 \text{ KW}}{57,848 \text{ KW}} \times 100 \%$$

$$= 5,6 \%$$

b. Perhitungan Drop Tegangan

Perhitungan drop tegangan fasa R pada tiang ujung line D sebagai berikut:

Diketahui :

Daya kontrak fasa R pada tiang akhir line D : 450 VA dengan jumlah pelanggan = 3 900 VA dengan jmlah pelanggan = 1

Dengan total daya kontrak sebesar 2250 VA, maka arus beban:

$$= 2250 \text{ VA} / 220 = 10,23 \text{ A}$$

maka arus penghantar dapat diketahui dengan cara berikut:

$$\begin{aligned} I_{\text{penghantar}} &= I_{\text{GTT}} - I_{\text{beban}} \\ &= 17,27 \text{ A} - 10,23 \text{ A} \\ &= 7,04 \text{ A} \end{aligned}$$

I (arus penghantar) = 7,04 A
 R (tahanan penghantar) = 0,4609 Ω /Km
 l (panjang saluran) = 0,399 Km
 $\text{Cos } \varphi = 0,94$

maka :

$$\begin{aligned} \Delta V &= I(R \cos \varphi + X \sin \varphi)L \\ &= 7,04 \text{ A} ((0,4609 \times 0,94) + \\ &\quad (0)) \times 0,399 \text{ Km} \\ &= 1,2 \text{ Volt} \end{aligned}$$

Untuk mengetahui besarnya perhitungan tegangan tiang ujung dengan cara :
 = Tegangan pada GTT – Drop tegangan sepanjang total jaringan

Diketahui :

$$\begin{aligned} \text{Drop tegangan} &= 1,2 \text{ Volt} \\ \text{Tegangan pada GTT} &= 224,65 \text{ Volt} \\ \text{Tegangan tiang ujung} &= 224,65 \text{ Volt} - \\ &\quad 1,2 \text{ Volt} \\ &= 223,45 \text{ Volt} \end{aligned}$$

Diperoleh selisih kenaikan tegangan ujung rata-rata sebelum dan sesudah perbaikan berdasarkan pengukuran sebesar 3,3 %, sementara berdasarkan perhitungan sebesar 0,9 %. Selisih perbaikan drop tegangan rata-rata pada line D antara sebelum perbaikan dan setelah perbaikan sebesar 5,7 % .

Adanya selisih antara pengukuran dan perhitungan disebabkan oleh drop tegangan akibat tahanan pada konektor penghantar yang tidak diketahui baik secara pengukuran maupun perhitungan.

c. Faktor Beban

Contoh perhitungan faktor beban pada fasa R line B adalah :

$$F_b = \frac{P_r}{P_p}$$

Diketahui :

Tegangan rata-rata pada line B = 225,8 V
 Tegangan rata-rata pada line D = 224,85 V
 Untuk tegangan rata-rata :

$$\begin{aligned} &= (225,8 \text{ V} + 224,85 \text{ V}) / 2 \\ &= 225,325 \text{ V} \end{aligned}$$

Tegangan puncak = 227,4 V

$$\begin{aligned} F_b &= \frac{P_r}{P_p} \\ &= 225,325 \text{ V} / 227,4 \text{ V} \\ &= 0,99 \end{aligned}$$

d. Perhitungan Losses

Contoh perhitungan losses pada fasa R line D. Berdasarkan rumus 2.29 adalah sebagai berikut :

$$P_{\text{losses}} = I^2 \times (R/l) \times ((0,3 \times F_b) + (0,7 \times F_b^2)) \times \text{Cos } \varphi$$

Diketahui :

$$\begin{aligned} I &= 17,53 \text{ A} \\ R &= 0,4609 \Omega/\text{km} \\ l &= 0,399 \text{ km} \\ F_b &= 0,99 \\ \text{Cos } \varphi &= 0,94 \\ P_{\text{losses}} &= I^2 \times (R/l) \times ((0,3 \times F_b) + \\ &\quad (0,7 \times F_b^2)) \times \text{Cos } \varphi \\ &= 17,27^2 \times (0,4609/1,809) \\ &\quad \times ((0,3 \times 0,99) + (0,7 \times \\ &\quad 0,99^2)) \times 0,94 \\ &= 0,318.369 \text{ KW} \end{aligned}$$

Losses total setelah perbaikan :

$$\begin{aligned} \text{Losses total} &= \text{losses line B} + \text{losses} \\ &\quad \text{line D} \\ &= 4,563.611 \text{ KW} + \\ &\quad 1,061.154 \text{ KW} \\ &= 5,624.765 \text{ KW} \end{aligned}$$

Maka diperoleh persentase losses adalah:
 % losses jaringan :

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{Losses}}{\text{daya kirim}} \times 100\% \\ &= \frac{5,625 \text{ KW}}{61,096 \text{ KW}} \times 100\% \\ &= 9,2 \% \end{aligned}$$

Perbaikan losses jaringan sebesar :

$$\begin{aligned} \% \text{ losses jaringan} &= \\ \% \text{ losses jaringan sebelum perbaikan} &- \\ \% \text{ losses jaringan setelah perbaikan} &: \\ &= 9,8 \% - 9,2 \% \\ &= 0,6 \% \end{aligned}$$

e. Rating Kapasitor

Diketahui :

$$\begin{aligned} P_1 &= 57,8 \text{ KW} ; P_2 = 61,1 \text{ KW} \\ \text{Cos } \varphi_1 &= 0,86 ; \text{Cos } \varphi_2 = 0,93 \end{aligned}$$

Maka $\tan \phi_1 = 0,59$; $\tan \phi_2 = 0,395$
Berdasarkan rumus 2.32 dan 2.33 maka diperoleh:

Daya reaktif pada pf awal:

$$= P_1 \times \tan \phi_1$$

$$= 57,848 \text{ KW} \times 0,59$$

$$= 34,13 \text{ KVAR}$$

Daya reaktif pada pf setelah perbaikan

$$= P_2 \times \tan \phi_2$$

$$= 61,1 \text{ KW} \times 0,395$$

$$= 24,13 \text{ KVAR}$$

Sehingga rating kapasitor yang terpasang untuk memperbaiki faktor daya adalah:

$$Q = P \times (\tan \phi_1 - \tan \phi_2)$$

$$= 34,13 \text{ KVAR} - 24,13 \text{ KVAR}$$

$$= 10 \text{ KVAR}$$

PEMBAHASAN

Kapasitor yang terpasang pada jaringan sebesar 20 KVAR sedangkan kapasitas kapasitor yang terpakai sebesar 10 KVAR. Ketidak sesuaian antara kapasitas kapasitor terpasang dan yang terpakai karena kinerja kapasitor yang turun dengan jangka pemakaian yang lama dan Impedansi atau hambatan dari kapasitor yang berubah sesuai dengan frekuensi arus listrik yang mengalir melalui kapasitor. Jika hambatan kapasitor mempunyai nilai yang sama dengan hambatan jaringan sumber maka tercapailah suatu kondisi yang disebut resonansi. Pada kondisi resonansi, hambatan total sistem menjadi nol. Kondisi ini mirip dengan kondisi rangkaian pendek yang membahayakan kapasitor dan peralatan lainnya. Kondisi inilah yang sering menyebabkan rusaknya kapasitor dan peralatan lainnya. Dengan kapasitas kapasitor terpakai yang tidak sesuai, sebesar 10 KVAR dapat mengurangi *losses* sebesar 0,6 %. Jika kapasitas kapasitor yang terpasang pada jaringan

sesuai yaitu sebesar 20 KVAR, maka dapat mengurangi *losses* sebesar 1,2 %.

KESIMPULAN

Berdasarkan rumusan masalah dan hasil analisis perhitungan yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Besarnya *losses* yang terjadi pada GTT KA025 Penyulang Sumedangan APJ Pamekasan adalah sebesar 9,8 % .
2. Kapasitor *shunt* berpengaruh terhadap *losses* yang terjadi pada GTT KA025 dengan persentasi *losses* sebesar 9,2% , maka penurunan persentasi *losses* sebesar 0,6 % . Dengan kapasitas kapasitor shunt yang terpasang sebesar 20 KVAR dengan kapasitas kapasitor yang terpakai sebesar 10 KVAR tidak sesuai, karena kinerja kapasitor yang semakin turun dengan jangka waktu pemakaian yang lama serta fluktuasi beban selalu berubah sehingga menyebabkan selisih antara kapasitas kapasitor itu sendiri.

DAFTAR RUJUKAN

- Belly, Alto, dkk. 2010. Daya Aktif, Reaktif & Nyata. Universitas Indonesia. Jakarta: Makalah
- Distribusi Jakarta Raya dan Tangerang. 1992. Pengoperasian Dan Pemeliharaan Jaringan distribusi. Jakarta.
- Fitria, Dwi Riza. 2006. *Analisa Losses Distribusi Jaringan Tegangan Rendah Pada GTT 039 PT. PLN (Persero) UPJ Maospati APJ Madiun Menggunakan Data Logger*. Politeknik Negeri Malang. Malang: Tugas Akhir.
- Hariasih, Susanti. 2005. Kajian Losses Pada Jaringan Tegangan Rendah (JTR) APJ Bojonegoro Nomor Gardu 54 Di PT. PLN (Persero) Distribusi Jawa

- Timur. Politeknik Negeri Malang. Malang: Tugas Akhir.
- Pabla, A. S. 1994. Sistem Distribusi Daya Listrik. Cetakan Ketiga. Jakarta: Erlangga.
- PT. PLN (Persero) Area Madura, 2012. Pamekasan.
- PT. PLN (Persero) UDIKLAT, 2012. Pandaan.
- Sakti, Prasetya Ulah. 2008. *Laporan Te-laaahan Staff Evaluasi Pemerataan Beban Untuk Menekan Losses Jaringan Tegangan Rendah Di Gardu E311P dan Gardu PM213*. Jakarta.