

ANALISIS SUSUT DAYA DAN ENERGI PADA JARINGAN DISTRIBUSI DI PT. PLN (Persero) RAYON PANAKKUKANG

Abstract

Analisis Susut Daya dan Energi Pada Jaringan Distribusi di PT. PLN (Persero) Rayon Panakkukang dengan rumusan masalah, berapa besar susut daya dan energy yang hilang pada penghantar jaringan distribusi Penyulang Perumnas di PT. PLN (Persero) Rayon Panakkukang dan berapa besar biaya yang hilang yang ditanggung oleh PLN. Sistem distribusi merupakan bagian dari sistem tenaga listrik, dimana berguna untuk menyalurkan tenaga listrik dari sumber daya listrik besar (Bulk Power Source) sampai ke konsumen. Penelitian ini bertujuan untuk menghitung besar susut daya dan energi yang hilang pada penghantar jaringan distribusi Penyulang Perumnas serta mengetahui perkiraan besar kerugian yang ditanggung oleh PLN pada Penyulang Perumnas. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yakni untuk data primer dengan metode observasi, metode wawancara, dan untuk data sekunder yakni menggunakan metode literatur. Setelah data-data dikumpulkan maka selanjutnya diolah dengan menganalisis menggunakan persamaan yang ada. Ladasan teori yang digunakan adalah Rugi Daya, teori Perhitungan Rugi-Rugi Daya (Losses) dan Rugi Energi serta Perkiraan Kerugian Dana. Berdasarkan analisa data yang telah dilakukan pada 30 unit transformator distribusi pada Penyulang Perumnas dapat disimpulkan bahwa terjadi Penyusutan Daya sebesar 4,806.70 kW dan Rugi Energi sebesar 720,974,174.6 Wh yang disebabkan oleh besarnya arus yang diterima transformator pada saat beroperasi. Dengan penggantian kapasitor transformator yang sesuai dengan standar yang berlaku akan meminimalisir terjadinya hal tersebut

Keywords: *Susut Daya, Susut Energi, Kerugian Akibat Susut Daya, Penyulang Transformator Distribusi.*

I. PENDAHULUAN

Kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi di jaman sekarang membuat kebutuhan energi listrik semakin meningkat dikalangan masyarakat. Laju pertumbuhan penduduk yang terus meningkat berbanding lurus dengan peningkatan kebutuhan energi listrik setiap tahun. Hal inilah yang memunculkan masalah baru bagi perusahaan listrik negara (PLN). Sumber energi listrik yang disalurkan oleh PLN tidak semuanya dapat diterima oleh konsumen karena sebagian ada yang hilang dalam bentuk susut daya (*losses*). Penyebab susut daya (*losses*) bisa diakibatkan oleh beberapa faktor antara lain yaitu kebocoran isolator akibat penurunan tegangan, kelebihan beban. Penurunan tegangan merupakan indikator utama dalam kualitas daya dan memiliki pengaruh besar pada keadaan normal peralatan listrik.

II. KAJIAN LITERATUR

A. Sistem Distribusi Tenaga Listrik

Sistem distribusi merupakan bagian dari sistem tenaga listrik. Sistem distribusi ini berguna untuk

menyalurkan tenaga listrik dari sumber daya listrik besar (*bulk power source*) sampai ke konsumen. Energi listrik dibangkitkan pada pembangkit listrik seperti PLTU, PLTA, PLTG, PLTD maupun PLTN. Jenis pembangkit tenaga listrik yang digunakan pada umumnya tergantung dari jenis bahan bakar yang digunakan. Tenaga listrik yang dihasilkan oleh pembangkit tenaga listrik besar dengan tegangan dari 11 kV sampai 24 kV dinaikan tegangannya oleh Gardu Induk (GI) dengan transformator step-up menjadi 70 kV, 154 kV, 220 kV atau 500 kV kemudian disalurkan melalui saluran transmisi..

Pada umumnya, pembangkit tenaga listrik berada jauh dari pengguna tenaga listrik oleh karena itu energi listrik tersebut perlu di transmisikan melalui saluran transmisi. Untuk mentransmisikan energi listrik tersebut tegangannya harus dinaikkan dari tegangan menengah (TM) menjadi tegangan tinggi 70/150 kV (TT)

ataupun tegangan ekstra tinggi 500 kV (TET). Tegangan yang lebih tinggi ini diperoleh dari transformator penaik tegangan (*Step-up transformer*). Pemakaian tegangan tinggi ini diperlukan untuk berbagai alasan efisiensi, antara lain, penggunaan penampang penghantar menjadi efisien, karena arus yang mengalir akan menjadi lebih kecil ketika tegangan tinggi diterapkan.

Dari saluran transmisi, tegangan diturunkan lagi menjadi 20 KV dengan transformator penurun tegangan (*step-down transformer*) pada gardu induk distribusi, kemudian dengan sistem tegangan tersebut penyaluran tenaga listrik dilakukan oleh saluran distribusi primer untuk disalurkan ke Transformator (GD) atau pemakai Tegangan Menengah (TM) untuk diturunkan tegangannya dengan transformator distribusi menjadi sistem Tegangan Rendah (TR), yaitu 220/380 Volt. Selanjutnya disalurkan oleh saluran distribusi sekunder ke konsumen.

B. Susut Daya

Rugi daya adalah suatu bentuk kehilangan energi listrik yang berasal dari sejumlah energi listrik yang disediakan PLN dengan sejumlah energi yang terjual ke konsumen dan mengganggu efisiensi sistem distribusi listrik.

Jika suatu penghantar dialiri arus listrik secara terus-menerus akan menimbulkan panas yang timbul akibat adanya energi listrik yang mengalir pada penghantar tersebut dan menyebabkan kerugian pada daya listrik tersebut. Semakin lama arus tersebut mengalir maka semakin panas pula penghantar dan semakin banyak pula energi listrik yang hilang. Hal inilah yang merugikan Karena jika energi hilang, maka tegangan pada ujung penghantar tersebut akan berkurang.

C. Perhitungan Rugi-Rugi (Losses) Daya

Rugi daya yang terjadi pada kawat penghantar suatu jaringan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$\Delta P = I^2 \cdot Z \cdot L$$

Dimana :

ΔP = Susut Daya (Watt)

I^2 = Arus yang disuplai dari Gardu Induk (A)

Z = Impedansi (Ω/m)

L = Panjang Saluran (m)

Untuk menghitung Rugi Daya Total menggunakan persamaan :

$$\Delta P_{Tot} = \Delta P_R + \Delta P_S + \Delta P_T$$

Dimana :

ΔP_{Tot} = Rugi Daya Total (Watt)

ΔP_R = Rugi Daya Fasa R

ΔP_S = Rugi Daya Fasa S

ΔP_T = Rugi Daya Fasa T

Tahanan (R) dan reaktansi (X_L) penghantar AAAC tegangan 20 kV (SPLN 64: 1985)

Luas Penampang (mm ²)	Jari ² mm	Urut	GMR (mm)	Impedansi urutan positif (Ohm / km)	Impedansi urutan Nol (Ohm / km)
16	2,2563	7	1,6380	2,0161 + j 0,4036	2,1641 + j 1,6911
25	2,8203	7	2,0475	1,2903 + j 0,3895	1,4384 + j 1,6770
35	3,3371	7	2,4227	0,9217 + j 0,3790	1,0697 + j 1,6665
50	3,9886	7	2,8957	0,6452 + j 0,3678	0,7932 + j 1,6553
70	4,7193	7	3,4262	0,4608 + j 0,3572	0,6088 + j 1,6447
95	5,4979	19	4,1674	0,3096 + j 0,3449	0,4876 + j 1,6324
120	6,1791	19	4,6837	0,2688 + j 0,3376	0,4168 + j 1,6324
150	6,9084	19	5,2365	0,2162 + j 0,3305	0,3631 + j 1,6180
185	7,6722	19	5,8155	0,1744 + j 0,3239	0,3224 + j 1,6114
240	8,7386	19	6,6238	0,1344 + j 0,3158	0,2824 + j 1,6034

D. Perhitungan Rugi Energi dan Perkiraan Kerugian Dana Akibat Rugi-Rugi Daya

Perusahaan pemasok listrik mengalami kerugian yang cukup besar setiap bulannya karena hilangnya energi akibat rugi-rugi daya. Besaran daya yang hilang saat proses pentransmision harus dihitung dan diantisipasi, sehingga besar daya yang hilang masih dalam batas yang ditolelir (Nolki, et al, 2015). Setelah mengetahui rugi-rugi daya yang hilang maka dapat dilakukan perhitungan untuk mengetahui energi yang hilang.

$$W = P_{tot} \times t$$

Dimana :

W = Rugi Energi listrik (Watt jam/Wh)

P_{tot} = Daya alat listrik (Watt)

t = Lama pemakaian / puncak beban (jam)

$$BiayaRugiDayaListrik = \left(\frac{W}{1000}\right) \times TDL$$

Dimana :
 $\left(\frac{W}{1000}\right)$ = Pemakaian listrik (kWh)
 TDL = Tarif dasar listrik (Rp/kWh)



PENETAPAN PENYESUAIAN TARIF TENAGA LISTRIK (TARIFF ADJUSTMENT) BULAN JANUARI - MARET 2019

NO	GOL. TARIF	BATAS DAYA	REGULER		PRA BAYAR (Rp/kWh)
			BIAYA BEBAN (Rp/kVA/bulan)	BIAYA PEMAKAIAN (Rp/kWh) DAN BIAYA KVAh (Rp/kVAh)	
1	R-1/TR	1.200 VA	*)	1.487,28	1.487,28
2	R-1/TR	2.200 VA	**)	1.487,28	1.487,28
3	R-2/TR	3.200 VA	*)	1.487,28	1.487,28
4	R-3/TR	6.000 VA	*)	1.487,28	1.487,28
5	B-2/TR	6.000 VA s.d. 200 kVA	*)	1.487,28	1.487,28
6	B-3/TM	di atas 200 kVA	**) Blok WBP = K x 1.035,75 kVAh = 1.035,75		
7	I-3/TM	di atas 200 kVA	**) Blok WBP = K x 1.035,75 kVAh = 1.035,75		
8	I-4/T	30.000 kVA ke atas	**) Blok WBP dan Blok LVWP = 996,74 kVAh = 996,74		
9	P-1/TR	6.000 VA s.d. 200 kVA	*)	1.487,28	1.487,28
10	P-2/TM	di atas 200 kVA	**) Blok WBP = K x 1.035,75 kVAh = 1.035,75		
11	P-3/TR		*)	1.487,28	1.487,28
12	L/TR, M, TT		*)	1.544,92	

Catatan:
 *) Diterapkan Rekening Minimum (RM): RM1 = 40 (Jam Nyala) x Daya tersembung (kVA) x Biaya Pemakaian Diterapkan Rekening Minimum (RM);
 **) Diterapkan Rekening Minimum (RM): RM2 = 40 (Jam Nyala) x Daya tersembung (kVA) x Biaya Pemakaian LVWP; Jam nyala kWh per bulan dibayar dengan kVA tersembung
 ***) Diterapkan Rekening Minimum (RM): RM3 = 40 (Jam Nyala) x Daya tersembung (kVA) x Biaya Pemakaian WBP dan LVWP; Jam nyala kWh per bulan dibayar dengan kVA tersembung
 ****) Biaya kelebihan pemakaian daya reaktif (kVArh) dikenakan dalam hal faktor daya rata-rata setiap bulan kurang dari 0,85 (delapan puluh lima per seratus).
 K) Faktor penyesuaian antara harga WBP dan LVWP sesuai dengan karakteristik beban sistem tenaga listrik setempat (1 x S x S²), diterapkan oleh Direksi Perusahaan Perseroan (Persero) PT Perusahaan Listrik Negara.
 WBP: Waktu Beban Puncak
 LVWP: Luar Waktu Beban Puncak.

E. METODE PENELITIAN

A. Tempat dan Waktu Penelitian
 Penelitian ini dilaksanakan di PT.PLN (Persero) Area Makassar Rayon Panakukang, tempat ini merupakan sumber data bagi penulis.

Penelitian dan pengambilan data berlangsung selama 4 bulan yang dilaksanakan mulai pada bulan Februari – Mei 2019.

B. Prosedur Penelitian

Prosedur kegiatan pada tugas akhir ini dimulai dengan melakukan survei lapangan, dengan melihat keadaan gardu distribusi yang akan dilakukan pengukuran. Kemudian mengambil data pada PT. PLN (Persero) rayon panakukang dan melakukan penelitian pada gardu distribusi.

C. Metode Pengumpulan data

1. Survei

Survei adalah melakukan kunjungan atau pengamatan langsung di PT. PLN (Persero) rayon panakukang, untuk mengetahui kondisi real dan mendapatkan data-data yang diperlukan dan informasi penting lainnya dalam penyusunan tugas akhir ini.

2. Wawancara

Metode pengumpulan data ini dilakukan dengan mengadakan tatap muka atau wawancara secara langsung dengan pimpinan perusahaan atau orang-orang yang mempunyai pengetahuan yang ada kaitannya dengan penyusunan tugas akhir ini.

3. Observasi

Obsevasi bertujuan mengamati perubahan dan hal-hal yang terjadi pada saat mengumpulkan data.

4. Studi Literatur

kegiatan ini dilakukan dengan mengadakan studi dari buku-buku/pustaka, situs-situs internet dan literatur lain yang berkaitan dengan masalah yang dibahas dalam penulisan skripsi ini.

D. Metode Analisis Data

Pengumpulan data dilakukan dengan tiga metode yang dijelaskan sebelumnya.

F. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. GT.PPR001

A. Rugi Daya

Fasa R

$$P = I^2 \cdot Z \cdot L$$

$$= 6^2 \cdot (0.6452 + j0.3678) \cdot 0.17$$

$$= 36 \cdot (0.109684 + j0.062526)$$

$$= 3.948624 + j2.250936$$

$$= 4.545145 < 29.68^\circ$$

Fasa S

$$P = I^2 \cdot Z \cdot L$$

$$= 16^2 \cdot (0.6452 + j0.3678) \cdot 0.17$$

$$= 256 \cdot (0.109684 + j0.062526)$$

$$= 28.079104 + j16.006656$$

$$= 32.321032 < 29.68^\circ$$

Fasa T

$$P = I^2 \cdot Z \cdot L$$

$$= 32^2 \cdot (0.6452 + j0.3678) \cdot 0.17$$

$$= 1024 \cdot (0.109684 + j0.062526)$$

$$= 112.316416 + j64.026624$$

$$= 129.284129 < 29.68^\circ$$

Daya Total

$$P_{TOT} = P_R + P_S + P_T$$

$$= 4.545145 + 32.321032 + 129.284129$$

$$= 166.150306 W$$

$$= 0.2 kW$$

B. Rugi Energi

$$W = P_{TOT} \cdot t$$

$$\begin{aligned}
 &= 166.150306 \cdot 5 \cdot 30 \\
 &= 166.150306 \cdot 150 \\
 &= 24922.5459 \text{ Wh}
 \end{aligned}$$

*keterangan :

t = 5 karena lama waktu beban puncak adalah selama 5 jam, mulai dari pukul 17.00 – 22.00

t = 30 karena data tersebut merupakan data 1 bulan

C. Kerugian Dana Akibat Rugi-Rugi Daya

$$\begin{aligned}
 Rp &= \left(\frac{W}{1000} \right) \cdot TDL \\
 &= \left(\frac{24922.5459}{1000} \right) \cdot 1467.28 \\
 &= 24.9225459 \cdot 1467.28 \\
 &= Rp 36,568.35
 \end{aligned}$$

Penyulang Perumnas menyuplai 30 unit transformator yang memiliki kapasitas yang berbeda-beda dimana hubungan arus pada trafo berbanding lurus dengan rugi daya dan energi yaitu, semakin besar arus yang mengalir pada trafo maka semakin besar pula rugi daya dan rugi energinya. Tentunya hal tersebut akan membuat harga kerugian akibat susut daya akan semakin besar pula.

G. KESIMPULAN

Berdasarkan analisa data yang telah dilakukan pada 30 unit transformator distribusi pada Penyulang Perumnas di Rayon Panakkukang, dengan hasil yang didapatkan maka dapat disimpulkan bahwa terjadi penyusutan daya sebesar **4806.70kW** dan rugi energi sebesar **721005000.00Wh** yang disebabkan oleh besarnya arus yang diterima transformator distribusi pada saat beroperasi. Dimana semakin nilai arus, maka susut daya dan susut energinya juga akan semakin besar.

Seperti kesimpulan pada nomor 1 dimana semakin besar arus maka semakin besaar pula susut daya dan susut energinya begitupun pada besar kerugian yang ditanggung oleh PLN akibat terjadinya penyusutan tersebut sehingga daya yang disalurkan tidak dapat tersalur secara optimal dan menyebabkan kerugian sebesar **Rp1,057,916,216.40** pada Penyulang tersebut.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih ditujukan kepada :

1 Kedua orang tua atas segala doa, pengorbanan, motivasi, kasih sayang yang menjadi penggugah semangat penulis.

2. Dosen pembimbing 1 Ir. Talib Bini M.T. dan Dosen pembimbing 2 Purwito S.T.,M.T.
4. Staff PLN yang telah membantu dan menyediakan waktu luangnya dalam pengambilan data.
3. Teman-teman yang telah membantu dalam belajar.

REFERENSI

- [1] Arismunandar, dan Artono. 2001. *Teknik Tegangan Tinggi*. Jakarta: Pradnya Paramita.
- [2] IEEE. 1995. "Recommended Practice for Emergency and Standby Power System for Industrial and Commercial Application." *IEEE Std 446 - 1995* 53.
- [3] Nasional, Badan Standarisasi. 2011. *Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2011*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- [4] Setiadji, Julius Sentosa, Tabrani Machmudsyah, dan Yanuar Isnanto. 2006. "Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Netral dan Losses pada Transformator Distribusi." *Jurnal Teknik Elektro* 6: 68-73.
- [5] Simanora, Yoakim, Panusur, dan Tobing. 2014. "Analisis Ketidakseimbangan Beban Transformator Distribusi untuk Identifikasi Beban Lebih dan Estimasi Rugi-Rugi pada Jaringan Tegangan Rendah." *Singuda Ensikom*, 7 (2) 137 - 142.
- [6] Syarifuddin. 2012. *Mesin Arus Searah dan Transformator*. Makassar: Politeknik Negeri Ujung Pandang.
- [7] Tamara, Verika. 2016. *Pengaruh Pemerataan Beban Terhadap Rugi Rugi Jaringan Tegangan rendag Transformator Distribusi*. Palembang: Politeknik Negeri Sriwijaya.
- [8] Zuhul. 1991. *Dasar Tenaga Listrik*. Bandung: ITB.
- [9] Khoiriyah, Siti. 2014 *Analisis Susut Daya Dan Energi Pada Jaringan Distribusi Di Transformator Induk Beringin Penyulang BRG-4 Menggunakan Software ETAP12.6*. Universitas Muhammadiyah Surakarta
- [10] Al-Badi, A., A. Elmoudi, I. M., Al-Wahaibi, A., Al-Ajmi, H., & Al-Bulushi, M. (2011). Losses

- Reduction in Distribution Transformers. *International Multi Conference of Engineers and Computer Sciences*.
- [11] Hontong, NJ, Maickel Teugueh, Lily S.(2015). Analisa Rugi-Rugi Daya Pada Jaringan Distribusi di PT.PLN Palu, Universitas Sam Ratulangi Manado.
<http://jurnal.untirta.ac.id/index.php/VOLT/article/view/816>
- [12] Pabla, A.S.(1991). System distribusi daya listrik. Jakarta: Penerbit Erlangga
- [13] Sarang Pande and Prof. J.G. Ghodekar, (2012). *Computation of Technical Power Loss of Feeders and Transformers in Distribution System using Load Factor and Load Loss Factor*, International Journal of Multidisciplinary Sciences and Engineering.
- [14] Vujosevic, L. Spahic E. and Rakocevic D., “*One Method for the Estimation of voltage drop in Distribution System*”, <http://www.docstoc.com/document/education>, March, 2011
- [15] Siti Khoiriyah, "Analisa Susut Daya dan Energi Pada Jaringan Distribusi Di Transformator Induk Beringin Penyulang BRG-4 Menggunakan Software ETAP 12.6", <http://eprints.ums.ac.id/60918/4/cek%20siti.pdf>
- [16] Muhammad Ridwan, "Analisis Rugi Daya Jaringan Tegangan Rendah Akibat Ketidakseimbangan Beban Transformator Distribusi PT. PLN (Persero) Rayon Panakkukang"