

# ANALISA PERHITUNGAN SUSUT DAYA DAN ENERGI DENGAN PENDEKATAN KURVA BEBAN PADA JARINGAN DISTRIBUSI PT. PLN (PERSERO) AREA PEKANBARU

Donald Alfredo S\*, Edy Ervianto\*\*

\*Teknik Elektro Universitas Riau \*\*Jurusan Teknik Elektro Universitas Riau  
Kampus Binawidya Km 12,5 Simpang Baru Panam, Pekanbaru 28293  
Jurusan Teknik Elektro Universitas Riau  
Email : [alfredo.donald@gmail.com](mailto:alfredo.donald@gmail.com)

## ABSTRACT

*Loss of power caused by the presence of conductive permanent resistance. Ideal conductor should not have resistance, but in fact every object has a resistance to electric. Therefore it is necessary for the calculation of power and energy losses generated by the conductor. Power and energy losses calculation is performed on the primary distribution system, namely when the system load. Loss of the total power generated in this research amounted to 69 703, 304 Watt and percentage power losses of the average load is equal to 1.273%, while energy losses of 50186.4 kWh and percentage of energy losses equal to 1.273%.*

*Keywords : Loss of power, Loss of energy, the primary distribution system*

## 1. PENDAHULUAN

PT PLN (Persero) adalah penyedia listrik Negara yang ada di Indonesia. Dalam penyaluran daya listrik, tidak seluruhnya dapat disalurkan kepada konsumen, karena akan hilang dalam bentuk susut daya (Bayu, 2013). Berdasarkan UU No. 30 tahun 2009 tentang ketenagalistrikan pasal 28, tertulis bahwa pemegang izin usaha penyediaan tenaga listrik wajib menyediakan tenaga listrik yang memenuhi standar mutu keandalan yang berlaku, dan memberikan pelayanan yang sebaik-baiknya kepada konsumen dan masyarakat (Setyawan, 2012).

Menurut Direktur Jenderal Ketenagalistrikan Jarman dalam Seminar Bedah Susut Jaringan Tenaga Listrik PT PLN (Persero) yang diselenggarakan oleh Ditjen Ketenagalistrikan di Auditorium Samaun Samadikum, Rabu (26/8/2015). Bahwa Pengendalian terhadap susut jaringan tenaga listrik (*losses*) adalah hal yang harus dipahami semua pihak khususnya pelaku usaha ketenagalistrikan. Peralunya saat ini pemerintah hanya mensubsidi sekitar sepertiga dari bisnis PT. PLN (Persero), sedangkan dua pertiganya sudah merupakan tarif keekonomian.

Pengendalian *losses* penting agar kerugian besar tidak ditanggung oleh penyedia maupun konsumen listrik (<https://www.djk.esdm.go.id>).

Dimana munculnya susut daya diakibatkan oleh sebab-sebab yang sifatnya teknis dan yang bersifat non teknis. Penyebab susut yang bersifat teknis pada jaringan distribusi adalah semata-mata disebabkan oleh adanya kandungan tahanan dalam penghantar yang sifatnya permanen. Penghantar ideal seharusnya tidak memiliki tahanan, namun pada kenyataannya setiap benda memiliki tahanan terhadap listrik (Setyawan, 2012). Selain itu kemungkinan penyebab besarnya susut jaringan distribusi antara lain keadaan alamiah jaringan itu sendiri, seperti panjang jaringan yang cenderung terus bertambah.

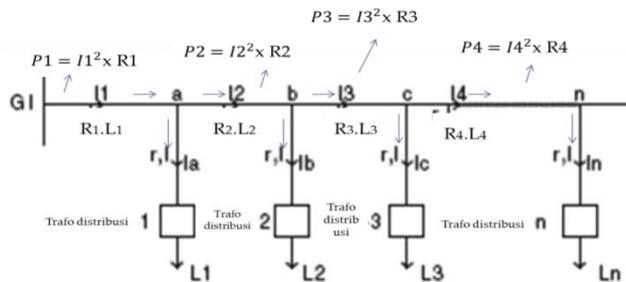
Hal inilah yang melatarbelakangi penulis untuk mengadakan penelitian susut daya dan energi yang diakibatkan oleh penghantar pada jaringan distribusi primer atau jaringan tegangan menengah PT PLN (Persero) Area Pekanbaru, dengan diketahuinya nilai susut daya dan energi maka diharapkan akan lebih memudahkan PT. PLN (Persero) Area Pekanbaru untuk menganalisa

dan mengevaluasi susut daya dan energi di wilayah kerjanya.

## 2. METODE PENELITIAN

Data-data yang diperlukan dalam penelitian ini antara lain : diagram satu garis, jenis penghantar, tanahan penghantar, panjang penghantar, arus beban pada masing-masing trafo distribusi, serta rata-rata daya beban yang terpakai pada penyulang Lobak. Adapun penyulang pada penelitian ini terdiri dari 80 trafo distribusi dan untuk penghantar terdiri dari 114 penghantar.

Langkah-langkah dalam melakukan perhitungan susut daya pada sistem distribusi primer / JTM, dapat dilakukan persegman. Hal ini sesuai dengan hukum kirchoff 1 “Arus total yang masuk melalui suatu titik percabangan dalam suatu rangkaian listrik sama dengan arus total yang keluar dari titik percabangan tersebut”. Dimana ilustrasi untuk perhitungan susut daya ini dapat dilihat pada gambar 1 dibawah ini.



Gambar 1. Ilustrasi Perhitungan Susut Daya pada Sistem Distribusi Primer

Sumber : Waluyo, 2007 “telah diolah kembali”

Besarnya susut daya dapat dihitung dengan persamaan 1 di bawah ini. (Muchyi, 2009)

$$P = I^2 \times R \quad (1)$$

Keterangan :

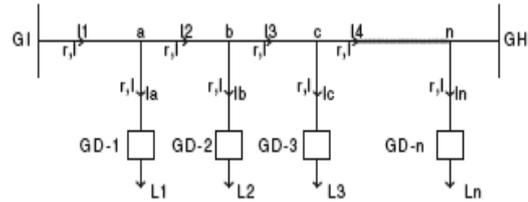
P = susut daya (W)

I = arus saluran (A)

R = tahanan penghantar (Ohm)

Untuk mendapatkan arus saluran terlebih dahulu harus mengetahui arus beban

pada sisi primer dimasing-masing trafo distribusi. Secara sederhana untuk mendapatkan arus saluran distribusi primer diilustrasikan pada gambar 2 sebagai berikut:



Gambar 2. Saluran distribusi primer (Sumber : Waluyo, 2007)

Keterangan :

$I_1$  : arus antara GI dengan titik a yaitu  $(I_2 + I_a)$ ,

$I_2$  : arus antara titik a dengan titik b yaitu  $(I_3 + I_b)$ ,

$I_3$  : arus antara titik b dan titik c yaitu  $(I_4 + I_c)$ ,

$I_a$  : arus antara titik a dengan GD-1,

$I_b$  : arus antara titik b dengan GD-2,

$I_c$  : arus antara titik c dengan GD-3,

$I_n$  : arus antara titik n dengan GD-n,

r : resistansi penghantar ( $\Omega / \text{km}$ )

L : panjang penghantar (km)

Data arus beban yang ada penelitian ini adalah data arus beban pada sisi sekunder trafo pada bulan September 2015, untuk mendapatkan arus beban pada sisi primer trafo dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2 di bawah ini.

$$I_p = \frac{P_{in}}{V_p \times \cos \phi} \quad (2)$$

Dimana, (Hakim, 2010)

$$P_{in} = P_{out} + \Sigma \text{rugi trafo} \quad (3)$$

Keterangan:

$I_p$  = Arus primer trafo

$P_{in}$  = Daya pada sisi primer trafo

$V_p$  = Tegangan sisi primer trafo

$\cos \phi$  = faktor daya

$P_{out}$  = Daya pada sisi sekunder trafo

$\Sigma \text{rugi trafo} = P_{cu} + P_{inti}$

Untuk nilai dari rugi trafo yaitu rugi inti dan rugi tembaga dapat menggunakan SPLN No 50 tahun 1997. Susut inti besi

biasanya dilakukan pengujian pada trafo tanpa beban (beban nol). Susut inti besi biasanya bersifat tetap hampir tidak terpengaruh oleh penambahan beban. Sedangkan susut tembaga disebabkan oleh arus beban yang mengalir pada belitan trafor. Karena arus beban yang mengalir berubah-ubah, maka susut tembaga juga tidak konstan bergantung pada beban.

Besarnya susut tembaga dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 4 di bawah ini.

$$P_{cu} = I^2 \times R_{cu} \quad (4)$$

Keterangan :

$P_{cu}$  = Susut tembaga transformator

$I$  = Arus beban

$R_{cu}$  = Resistansi belitan transformator

Besarnya rugi-rugi tembaga pada setiap perubahan beban dapat ditentukan dengan persamaan 5 berikut ini: (Hakim, 2010)

$$P_{cu2} = \left(\frac{S2}{S1}\right)^2 \times P_{cu1} \quad (5)$$

Keterangan :

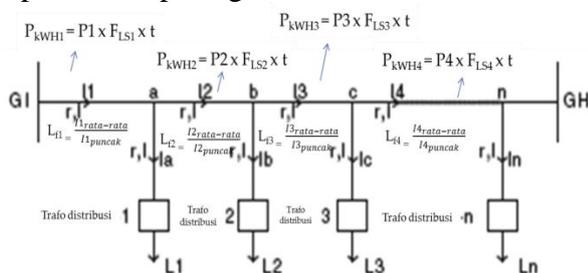
$P_{cu2}$  = rugi tembaga saat pembebanan tertentu

$P_{cu1}$  = nominal rugi tembaga pada SPLN no 50 1997

$S2$  = beban yang dioperasikan

$S1$  = nilai pengenalan trafo

Langkah-langkah dalam perhitungan susut energi juga dihitung secara persegman. Ilustrasi dalam perhitungan susut energi ini dapat dilihat pada gambar 3 di bawah ini.



Gambar 3. Ilustrasi Perhitungan Susut Energi pada Sistem Distribusi Primer  
Sumber : Waluyo, 2007 “telah diolah kembali”

Besarnya susut energi dapat dihitung dengan persamaan 2 di bawah ini. (Muchy, 2009)

$$P_{kWH} = P \times F_{LS} \times t \text{ (waktu dalam 1 bulan)} \quad (6)$$

Keterangan :

$P_{kWH}$  = susut energi dalam kwh

$P$  = susut daya pada penghantar

$F_{LS}$  = faktor losses

$t$  (Waktu dalam 1 bulan) =  $24 \times 30 = 720$

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan arus beban pada sisi primer pada salah satu trafo distribusi dengan ID trafo “Dkt ATM BTN Jl Sukarno Hatta” adalah sebagai berikut.

Fasa R :

$$I_p = \frac{Pin}{Vp \times \cos \phi}$$

$$I_p = \frac{Pout + \Sigma \text{Rugi trafo}}{Vp \times \cos \phi}$$

$$I_p = \frac{(Vs \times Is \times \cos \phi) + \text{Rugi inti} + \left(\left(\frac{S2}{S1}\right)^2 \times P_{cu1}\right)}{Vp \times \cos \phi}$$

$$I_p = \frac{(380 \times 7 \times 0,85) + 100 + \left(\left(\frac{380 \times 7}{100000}\right)^2 \times 533\right)}{20000 \times 0,85}$$

$$I_p = \frac{2261 + 100 + 0,38}{17000}$$

$$I_p = \frac{2361,38}{17000}$$

$$I_p = 0,139 \text{ A}$$

Fasa S :

$$I_p = \frac{Pin}{Vp \times \cos \phi}$$

$$I_p = \frac{(380 \times 1 \times 0,85) + 100 + \left(\left(\frac{380 \times 1}{100000}\right)^2 \times 533\right)}{20000 \times 0,85}$$

$$I_p = \frac{323 + 100 + 0,01}{17000}$$

$$I_p = \frac{423,01}{17000}$$

$$I_p = 0,025 \text{ A}$$

Fasa T :

$$I_p = \frac{Pin}{Vp \times \cos \phi}$$

$$I_p = \frac{(380 \times 1 \times 0,85) + 100 + \left(\left(\frac{380 \times 1}{100000}\right)^2 \times 533\right)}{20000 \times 0,85}$$

$$I_p = \frac{323 + 100 + 0,01}{17000}$$

$$I_p = \frac{423,01}{17000}$$

$$I_p = 0,025 \text{ A}$$

Untuk mendapatkan nilai arus primer pada trafo lainnya pada penelitian ini dapat dilakukan dengan cara yang sama. Dari arus primer trafo didapatkan nilai arus saluran atau arus yang mengalir pada penghantar seperti keterangan gambar 2 di atas.

Hasil susut daya yang diserap atau yang dihasilkan oleh salah satu penghantar dengan ID "SUTM - Ke PN 015", adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Fasa R : } P &= I^2 \times R \\ P &= 0,139^2 \times 0,02126 \\ P &= 0,0004 \text{ Watt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Fasa S : } P &= I^2 \times R \\ P &= 0,025^2 \times 0,02126 \\ P &= 0,00001 \text{ Watt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Fasa T : } P &= I^2 \times R \\ P &= 0,025^2 \times 0,02126 \\ P &= 0,00001 \text{ Watt} \end{aligned}$$

Dengan melakukan perhitungan yang sama juga yang diterapkan pada semua penghantar yang terdapat pada penelitian ini, menghasilkan total susut daya sebesar fasa R adalah 25194,718 Watt, fasa S adalah 23161,04 Watt dan fasa T adalah 21347,546 Watt. Sedangkan total keseluruhan susut daya yang dihasilkan penghantar adalah 69703,304 Watt.

Hasil susut energi yang diserap atau yang dihasilkan oleh salah satu penghantar dengan ID "SUTM - Ke PN 015", adalah sebagai berikut

$$\begin{aligned} \text{Fasa R : } PkWH &= \frac{P \times FLS \times t}{1000} \\ PkWH &= \frac{P \times \left(0,3 \times \left(\frac{I_{rata-rata}}{I_{puncak}}\right) + 0,7 \times \left(\frac{I_{rata-rata}}{I_{puncak}}\right)^2\right) \times t}{1000} \\ PkWH &= \frac{0,0004 \times \left(0,3 \times \left(\frac{0,139}{0,139}\right) + 0,7 \times \left(\frac{0,139}{0,139}\right)^2\right) \times 720}{1000} \\ PkWH &= \frac{0,0004 \times (0,3 + 0,7) \times 720}{1000} \\ PkWH &= \frac{0,0004 \times 1 \times 720}{1000} \\ PkWH &= 0,0003 \text{ kWh} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Fasa S : } PkWH &= \frac{P \times FLS \times t}{1000} \\ PkWH &= \frac{0,00001 \times \left(0,3 \times \left(\frac{0,025}{0,025}\right) + 0,7 \times \left(\frac{0,025}{0,025}\right)^2\right) \times 720}{1000} \\ PkWH &= \frac{0,00001 \times (0,3 + 0,7) \times 720}{1000} \\ PkWH &= \frac{0,00001 \times 1 \times 720}{1000} \\ PkWH &= 0,00001 \text{ kWh} \end{aligned}$$

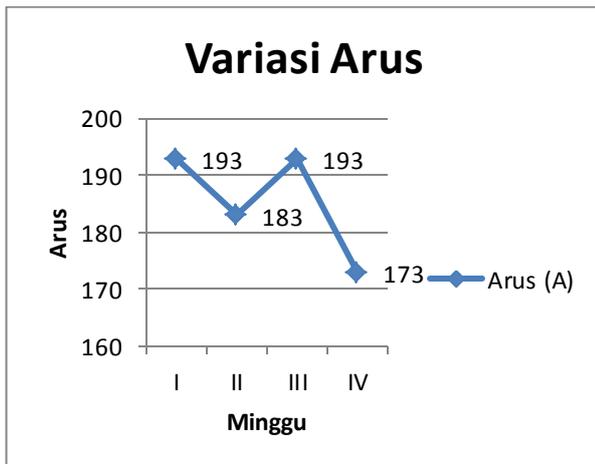
$$\begin{aligned} \text{Fasa T : } PkWH &= \frac{P \times FLS \times t}{1000} \\ PkWH &= \frac{0,00001 \times \left(0,3 \times \left(\frac{0,025}{0,025}\right) + 0,7 \times \left(\frac{0,025}{0,025}\right)^2\right) \times 720}{1000} \\ PkWH &= \frac{0,00001 \times (0,3 + 0,7) \times 720}{1000} \\ PkWH &= \frac{0,00001 \times 1 \times 720}{1000} \\ PkWH &= 0,00001 \text{ kWh} \end{aligned}$$

Dengan melakukan perhitungan yang sama juga yang diterapkan pada semua penghantar yang terdapat pada penelitian ini, menghasilkan total susut energi sebesar fasa R adalah 18140,2 kWh, fasa S adalah 16675,9 kWh dan fasa T adalah 15370,2 kWh. Sedangkan total keseluruhan susut energi yang dihasilkan penghantar adalah 50186,4 kWh.

Kurva beban yang terpakai pada penelitian ini dapat dilihat pada tabel 1 di bawah ini.

Tabel 4.5 Variasi arus yang terpakai

Minggu	Arus (A)
I	193
II	183
III	193
IV	173



Gambar 1. Grafik variasi kurva beban terpakai

Dari data variasi arus saluran setiap minggu, didapat besar nilai arus rata-rata yang terpakai:

$$I \text{ rata-rata} = \frac{(193 + 183 + 193 + 173)}{4}$$

$$I \text{ rata-rata} = 186 \text{ A}$$

Daya yang terpakai selama bulan September 2015 adalah sebagai berikut..

$$P = \sqrt{3} \times V \times I \text{ rata-rata} \times \cos \phi$$

$$P = \sqrt{3} \times 20000 \times 186 \times 0,85$$

$$P = 5.476.745 \text{ Watt}$$

Untuk energi yang terpakai selama bulan September 2015 adalah sebagai berikut.

$$P_{kWH} = P \times t \text{ (waktu dalam 1 bulan)}$$

$$P_{kWH} = (5.476.745 \times 720) / 1000$$

$$P_{kWH} = 3.943.256,151 \text{ kWh}$$

Adapun persentase untuk susut daya yang terjadi terhadap beban yang terpakai pada bulan September 2015 adalah sebagai berikut.

- % susut daya =  $(P \text{ susut total} / P \text{ terpakai}) \times 100\%$
- % susut daya =  $(69703,304 / 5.476.745) \times 100\%$
- % susut daya = 1,273%

Sedangkan persentase untuk susut energi terhadap energi yang terpakai pada bulan September 2015 adalah sebagai berikut.

- % susut energi =  $(P_{kWH} \text{ susut total} / P_{kWH} \text{ terpakai})$

- % susut energi =  $(50186,4 / 3.943.256,151) \times 100\%$
- % susut energi = 1,273%

#### IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa perhitungan susut daya dan energi yang diserap atau dihasilkan penghantar pada sistem distribusi primer di penyulang Lobak dapat diambil beberapa kesimpulan, yaitu :

1. Besarnya susut daya dipengaruhi oleh besarnya arus dan tahanan yang dimiliki oleh penghantar. Total dari susut daya yang diserap penghantar adalah sebesar 69703,304 Watt dan persentase susut daya terhadap daya yang terpakai pada penyulang Lobak adalah sebesar 1,273%, susut daya ini merupakan susut terkecil karena hanya menghitung susut yang terjadi pada penghantar saja. Susut daya ini didapat dari hasil pengukuran beban real yang terpakai pada masing-masing trafo distribusi.
2. Besarnya susut energi ini dipengaruhi oleh besarnya nilai susut daya yang diserap atau dihasilkan penghantar. Total susut energi yang diserap oleh penghantar di penyulang Lobak adalah 50186,4 kWh dan persentase susut energi terhadap energi yang digunakan pada penyulang Lobak adalah sebesar 1,273 %. susut energi ini merupakan susut terkecil karena hanya menghitung susut yang terjadi pada penghantar saja. Susut energi ini didapat dari hasil pengukuran beban real yang terpakai pada masing-masing trafo distribusi.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Budi, I P A C. 2015. Perencanaan rekonfigurasi jaringan tegangan menengah pada kampus Universitas Udayana Bukit Jimbaran. *Skripsi*. Universitas Udayana. Bukit Jimbaran.

- Hakim, I. 2010. Studi efisiensi transformator daya di Gardu Induk Payageli PT. PLN (Persero). *Skripsi*. Universitas Sumatra Utara (USU). Medan.
- Muchy, A. 2009. Studi perkiraan susut energi dan alternatif perbaikan pada penyulang leci di Gardu Induk Jababeka. *Skripsi*. Universitas Indonesia. Depok.
- Putra, BP. 2013. Analisa perhitungan susut teknis dengan pendekatan kurva beban pada jaringan distribusi PT. PLN (Persero) Rayon Medan Kota. *Skripsi*. Universitas Sumatra Utara (USU). Medan.
- Setyawan, A. 2012. Analisa susut energi pada konduktor jaringan tegangan menengah berbasis bentuk kurva beban harian. *Skripsi*. Universitas Indonesia. Depok.
- Suswanto, D. 2009. *Sistem distribusi tenaga listrik*. Edisi pertama. Universitas Negeri Padang. Padang.
- SPLN No 50 tahun 1997.
- Waluyo. Soenarjo. Akbar, AA. 2007. Perhitungan susut daya pada sistem distribusi tegangan menengah saluran udara dan kabel. *Jurnal sains dan teknologi EMAS, Vol. 17, No. 3*.
- Website ESDM (Energi dan sumber daya mineral). 2015. <https://www.djk.esdm.go.id/index.php/detail-berita?ide=3962>. 30 september (20:02).