

## MINIMALISASI SUSUT ENERGI PADA JARINGAN DISTRIBUSI TAK SEIMBANG MENGUNAKAN METODE SENSITIVITAS DAN *FEED FORWARD NEURAL NETWORK* BERDASARKAN FAKTOR LOSSES

**Welbi Renaldi Sukrisna**

S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya, Ketintang 60231, Indonesia  
e-mail : welbisukrisna@mhs.unesa.ac.id

**Unit Three Kartini**

Dosen Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas negeri Surabaya, Ketintang 60231, Indonesia  
e-mail : unitthree@unesa.ac.id

### Abstrak

Kebutuhan energi listrik yang tinggi menuntut optimalnya efisiensi system penyaluran pada jaringan distribusi tenaga listrik. Salah satu permasalahan yang dihadapi oleh Perusahaan Listrik Negara (PLN) adalah besarnya kerugian energi listrik yang terjadi pada jaringan, dalam hal ini jaringan tegangan menengah penyulang Ahmad Yani. Penyulang Ahmad Yani merupakan salah satu penyulang radial yang terdiri dari 86 transformator distribusi dan panjang saluran mencapai 255 km. Pada penelitian ini menggunakan metode hybrid Sensitivitas – *Feed Forward Neural Network* (S-FFNN) sebagai metode perhitungan susut energi listrik yang digunakan untuk meminimalisasi susut energi. Hasil dari perhitungan susut energi berdasarkan data PLN didapatkan nilai sebesar 72.658,94 kWh atau 1.6% dengan efisiensi penyaluran 98.4%. Sedangkan dengan menggunakan metode hybrid Sensitivitas – *FeedForward Neural Network* (S-FFNN) didapat nilai susut energi sebesar 66.640,42 kWh atau 1.5% dengan efisiensi penyaluran 98.5%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa dengan menggunakan metode hybrid S-FFNN dapat meminimalisasi susut energi sebesar 0.1%.

**Kata Kunci:** Energi Listrik, Susut Energi, Sensitivitas, *Feed Forward Neural Network*.

### Abstract

High electrical energy requirements demand the optimum efficiency of the distribution system on the power distribution network. One of the problems faced by the State Electricity Company (PLN) is the magnitude of the energy loss that occurs in the network, in this case the Ahmad Yani feeder. Ahmad Yani feeder is one that operates in a radial, comprising 86 distribution transformer and its channel length reaches 255 km. As for some methods of calculation of electrical losses energy that can be used to Minimizing energy loss is the hybrid sensitivity - *FeedForward Neural Network* (S-FFNN) method. The result of the energy loss calculation based on PLN data obtained a value of 72,658.94 kWh or 1.6% with a distribution efficiency of 98.4%. While using the hybrid method Sensitivity – *FeedForward Neural Network* (S-FFNN) obtained energy loss value amounting to 66,640.42 kWh or 1.5% with a distribution efficiency of 98.5%. It can be concluded that using the hybrid S-FFNN method can minimize energy loss by 0.1%.

**Keywords:** Electrical energy, losses energy, sensitivity, *Feed Forward Neural Network*.

### PENDAHULUAN

Jaringan distribusi merupakan salah satu penyumbang kerugian energi listrik terbesar dalam sistem tenaga listrik. Sumber energi listrik yang disalurkan oleh PLN tidak semuanya dapat diterima oleh pengguna energi listrik, sebagian ada yang hilang dalam bentuk rugi daya. Rugi daya yang timbul disebabkan oleh sistem itu sendiri, seperti panjang jaringan yang cenderung bertambah seiring dengan jumlah pelanggan yang terus meningkat (Sukamdani,2019).

Berdasarkan data PT PLN Persero pada Januari tahun 2019. Susut Energi pada jaringan distribusi PLN APJ Surabaya Selatan khususnya UPJ Gedangan masih relative tinggi. Hal ini diakibatkan oleh beberapa faktor diantaranya yaitu penurunan tegangan. Penurunan tegangan mengakibatkan adanya arus yang mengalir lebih besar dibandingkan tegangan pada jaringan, hal ini menyebabkan kerugian daya juga semakin besar (Saifi Sabiq, 2017).

Dalam hal ini PT. PLN sebagai pihak penyedia listrik memerlukan perhitungan kerugian energi listrik sebagai

bahan pertimbangan guna meminimalisasi susut energi listrik yang terjadi. Oleh karena itu berdasarkan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya penelitian ini memiliki kebaruan yaitu menentukan bus mana yang memiliki nilai sensitivitas tinggi pada penyulang untuk meminimalisasi susut energi pada jaringan distribusi tak seimbang menggunakan pemodelan matematis hybrid yaitu metode Sensitivitas dan Feed Forward Neural Network (FFNN).

**Susut Energi Pada Jaringan Distribusi**

Susut energi pada pada jaringan distribusi adalah Hilangnya atau berkurangnya energi listrik yang berasal dari pasokan daya listrik pada proses pengiriman daya listrik dari sumber kepada beban (konsumen) pada penghantar yang dipengaruhi waktu. Susut dibedakan menjadi 2 jenis :

**Susut teknis**

Terjadi akibat hilangnya energi listrik pada saat penyaluran mulai dari pembangkit hingga ke pelanggan karena berubah menjadi panas. Susut teknis ini tidak dapat dihilangkan karena merupakan kondisi bawaan atau susut yang terjadi karena alasan teknik dimana energi berubah menjadi panas pada jaringan Tegangan Tinggi, Gardu Induk (GI), Jaringan Tegangan Menengah, Jaringan Tegangan Rendah, Sambungan Rumah. Sehingga berdasarkan persamaan dasar Rugi daya besar rugi - rugi pada penghantar 3 Ø adalah sebagai berikut (Primanda Arief, 2014) :

$$\Delta P = 3 \times I^2_{saluran} \times R_{kabel} \tag{1}$$

Keterangan :

- $\Delta P$  = Rugi daya pada penghantar (W)
- R kabel = resistansi total penghantar ( $\Omega$ )
- I = besar arus yang mengalir (A)

**Susut non teknis**

Hilangnya energi listrik yang dikonsumsi pelanggan maupun non pelanggan karena tidak tercatat dalam penjualan. Diantara lain : Pencurian listrik, Kesalahan Baca Meter, Kesalahan alat pengukuran dan lain lain yang kesemuanya merupakan bagian eksternal dari sistem.

**Penentuan Pemakaian Penghantar**

Untuk menentukan jenis penghantar baik itu kawat berisolasi maupun kabel, harus ditentukan berdasarkan pertimbangan teknis yang meliputi tegangan nominalnya, konstruksi (ukuran), dan KHA (kuat hantar arusnya). Konstruksi atau luas penampang dari penghantar. Berdasarkan konstruksi dan kuantitasnya juga akan mempengaruhi besarnya nilai resistansi dari penghantar, yang besarnya didasarkan oleh hukum Ohm dalam panas sebagai pengganti satuan listrik, yaitu (Sukamdani, 2019) :

$$R = \rho \frac{L}{A} \tag{2}$$

Keterangan :

- R = nilai resistensi ( $\Omega$ )
- A = luas penampang penghantar (m)
- $\rho$  = resistivitas bahan ( $\Omega/m$ )
- L = panjang penghantar (m)

Sedangkan besarnya nilai susut energi dalam kWh nya tiap bulan adalah :

$$PkWh = \Delta P_{Total} \cdot FLS \cdot 720 \tag{3}$$

Keterangan :

- PkWh = Susut energi (kWh)
- $\Delta P_{Total}$  = Rugi daya total (W)
- FLS = Faktor losses

Efisiensi atau daya guna saluran adalah perbandingan antara daya yang diterima dan daya yang disalurkan. Adapun efisiensi dinyatakan oleh persamaan :

$$\eta (\%) = \frac{P_r}{P_s} \times 100\% \tag{4}$$

Keterangan :

- $P_r$  = Daya yang diterima (kW)
- $P_s$  = Daya yang dikirim (kW)
- $\eta$  = Efisiensi Penyaluran (%)

**Load Factor (Faktor Beban)**

Faktor beban merupakan perbandingan dari nilai kebutuhan rata-rata dengan nilai kebutuhan maksimum. Besarnya faktor beban ditentukan dengan rumus berikut (Saifi Sabiq, 2015) :

$$Lf = \frac{I_{rata-rata}}{I_{puncak}} \tag{5}$$

Keterangan :

- Lf = Load Factor
- I rata - rata = Arus rata – rata (A)
- I Puncak = Arus saat beban puncak (A)

**Faktor Losses**

Faktor losses atau Loss factor merupakan faktor kerugian dari suatu penyulang. Faktor rugi-rugi (fLs) didefinisikan sebagai perbandingan antara rugi-rugi daya rata-rata terhadap rugi-rugi daya beban puncak dalam selang waktu tertentu (Saifi Sabiq, 2015).

**Metode Sensitivitas**

Sensitivitas adalah perbandingan antara perubahan nilai pada variabel bebas terhadap perubahan pada variabel tak bebas. Analisis sensitivitas pada sistem tenaga listrik meliputi penentuan variabel tegangan dan variabel rugi daya. Untuk mengetahui suatu sensitivitas dalam variabel rugi daya, dapat dihitung dengan cara membandingkan nilai rugi daya pada sistem dengan total

beban pada kode bus trafo. Variabel dengan sensitivitas tinggi dapat secara signifikan menurunkan rugi daya pada sistem tenaga listrik. Pada penelitian ini nilai sensitivitas rugi daya didapat dengan menggunakan persamaan (I. G. N Dion Adi, 2015) :

$$y'_{bus p} = \frac{\Delta L}{\Delta PP} \quad (6)$$

dimana :

$y'$  = sensitivitas

$\Delta L$  = peningkatan rugi daya penyulang (kW)

$\Delta PP$  = peningkatan load / beban bus p (kW)

**Feed Forward Neural Network (FFNN)**

Merupakan salah satu model neural network yang banyak dipakai dalam berbagai bidang. Arsitektur model FFNN terdiri atas satu lapis input, satu atau lebih lapis tersembunyi Ketika neural network diberikan pola masukan sebagai pola pelatihan maka pola tersebut menuju ke unit – unit pada hidden layer untuk diteruskan ke unit – unit output layer (Widi Aribowo, 2010). Activation function bertugas untuk mengalihkan input dengan bobotnya dan kemudian menjumlahkannya. Adapun model matematis secara umum untuk mencari nilai output  $Y_n$  sebagai berikut (Unit Three Kartini, 2017):

$$y_k = f_k(a_k + \sum_{j-k} W_{jk} f_j(a_j + \sum_{i-j} W_{ij} X_i) \quad (7)$$

Dengan :

$x$  = sinyal input

$y$  = sinyal output

$f_k$  = fungsi aktivasi

$a_k$  = nilai bias untuk poutput ke-k

$a_j$  = nilai bias untuk hidden node ke-j

$i = 1,2,3..n ; j = 1,2,3..n ; k = 1,2,3..n$

$\sum_{j-k} W_{jk}$  = jumlah bobot dari hidden layer ke output

$\sum_{i-j} W_{ij}$  = jumlah bobot dari input ke hidden layer

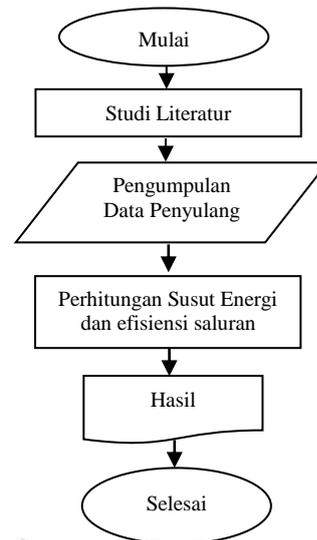
**METODE PENELITIAN**

**Pendekatan Penelitian**

Pendekatan dalam penelitian ini adalah pendekatan kuantitatif. Jenis pendekatan kuantitatif yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian eksperimen. Penelitian eksperimen adalah suatu penelitian yang menuntut peneliti memanipulasi satu atau lebih variable bebas serta mengamati variabel terikat untuk melihat perbedaan sesuai variabel bebas tersebut. Menggunakan metode Sensitivitas dan Jaringan Syaraf Tiruan. Penelitian ini dilaksanakan di PT. PLN Persero APJ Surabaya Selatan Unit Pelayanan Jaringan Gedangan.

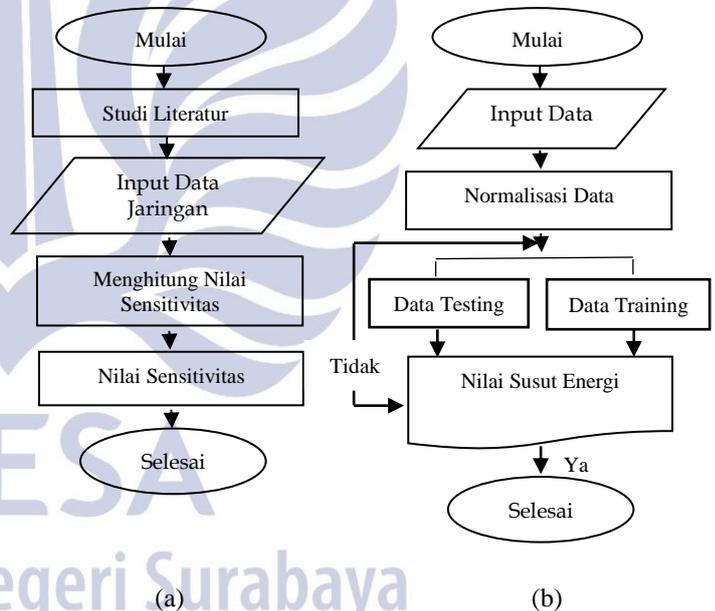
**Teknik Analisa Data**

Adapun beberapa pendekatan untuk menentukan susut energi pada penelitian ini disusun melalui beberapa tahapan sebagai berikut :



**Gambar 1.** Diagram Alir Perhitungan Susut Energi (Sumber : Dokumen Pribadi, 2019)

Selanjutnya flowchart perhitungan metode *Sensitivitas Feed Forward Neural Network (S-FFNN)* dapat dilihat pada Gambar 2.



**Gambar 2.** (a) Flowchart Analisis Sensitivitas Rugi – rugi Daya Pada Bus (b) Flowchart Konfigurasi Neural Network (Sumber : Dokumen Pribadi, 2019)

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Hasil Perhitungan Susut Energi**

Berikut ini merupakan rekapitulasi hasil perhitungan nilai susut energi pada saluran distribusi jaringan tegangan menengah yang terjadi selama rentang waktu 7 hari berdasarkan data pembebanan PT PLN (Persero) APJ Surabaya Selatan UPJ Gedangan Khususnya

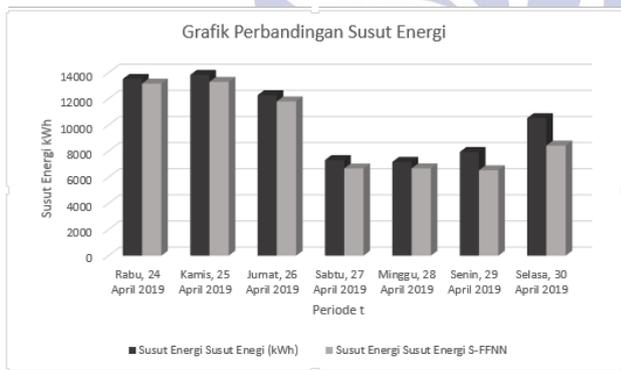
penyulang Ahmad Yani dengan beban puncak pada di siang hari dengan susut energi sebesar 1.6 % dengan efisiensi penyaluran sebesar 98.4 % tersaji pada tabel 1.

**Tabel 1.** Rekapitulasi Hasil Perhitungan Susut Energi

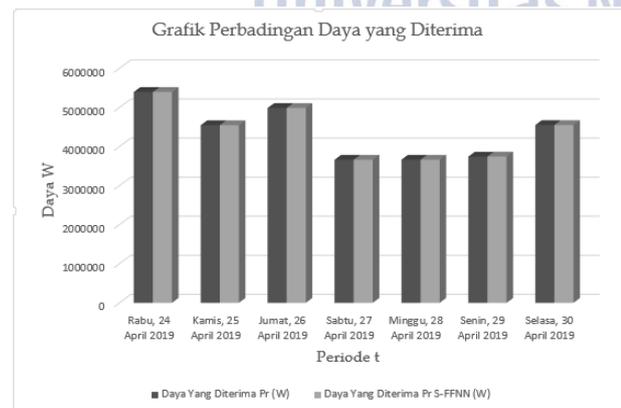
No.	Hari/tanggal	Beban Puncak			Ket		
		Susut Energi (kWh)	Susut Energi (%)	Pr (W)			
1	Rabu, 24 April 2019	13535.35	0.3	5396464.65	5410000	99.7	Siang
2	Kamis, 25 April 2019	13842.97	0.3	4546157.03	4560000	99.7	Siang
3	Jumat, 26 April 2019	12292.52	0.2	4987707.48	5000000	99.8	Siang
4	Sabtu, 27 April 2019	7322.12	0.2	3662667.88	3670000	99.8	Siang
5	Minggu, 28 April 2019	7185.4	0.2	3662814.6	3670000	99.8	Siang
6	Senin, 29 April 2019	7945.04	0.2	3742054.96	3750000	99.8	Malam
7	Selasa, 30 April 2019	10535.54	0.2	4549464.46	4560000	99.8	Siang
<b>Total</b>		<b>72658.94</b>	<b>1.6</b>	<b>30547331.06</b>	<b>30620000</b>	<b>98.4</b>	

**Hasil Susut Energi Berdasarkan Metode Hybrid Sensitivitas – Feed Forward Neural Network (S-FFNN)**

Dengan menggunakan pemodelan matematis metode hybrid Sensitivitas *Feed Forward Neural Network* (S-FFNN) didapatkan nilai susut energi yang lebih rendah sebesar 1.5 % dengan efisiensi penyaluran sebesar 98.5 %. Perbandingan perhitungan Susut Energi berdasarkan data PLN dan hasil Susut energi berdasarkan hybrid S-FFNN dapat kita lihat pada gambar 3.

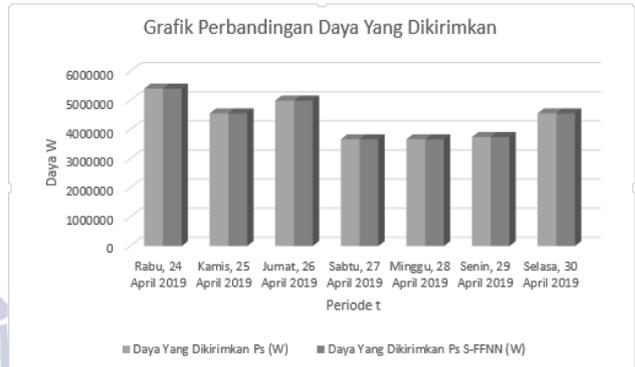


**Gambar 3.** Grafik Perbandingan Hasil Susut Energi Perhitungan Data PLN dan S-FFNN (Sumber : Dokumen Pribadi, 2019)



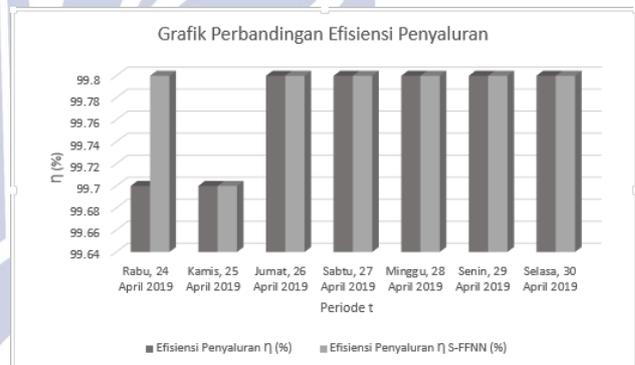
**Gambar 4.** Grafik Perbandingan Daya yang di terima (Sumber : Dokumen Pribadi, 2019)

Pada Gambar 4. menunjukkan nilai daya yang diterima (Pr) cenderung meningkat dikarenakan nilai susut energi yang turun. Untuk daya yang dikirimkan besarnya tetap. Berikut grafik perbandingan daya yang diterima sebelum dan sesudah melalui metode hybrid S-FFNN.



**Gambar 5.** Grafik Perbandingan Daya yang dikirimkan (Sumber : Dokumen Pribadi, 2019)

Dapat kita lihat grafik perbandingan yang tersaji pada gambar 5. Menunjukkan nilai daya yang dikirimkan relative tetap karena merupakan daya (Ps) yang seharusnya dikirimkan oleh PLN.



**Gambar 6.** Grafik Perbandingan Efisiensi Penyaluran (Sumber : Dokumen Pribadi, 2019)

Gambar 6 diatas menunjukkan grafik perbandingan Efisiensi penyaluran yang mengalami peningkatan sebesar 0.1% yang semula 98.4% naik menjadi 98.5%.

**PENUTUP**

**Simpulan**

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa nilai susut energi yang didapat dari hasil pemodelan matematis hybrid Sensitivitas FeedForward Neural Network (S-FFNN) berdasarkan Faktor Losses menghasilkan nilai susut energi yang lebih rendah. Pada perhitungan berdasarkan data PLN selama satu minggu didapatkan nilai susut energi sebesar 72.658,94 kWh atau 1.6% dengan efisiensi penyaluran 98.4%. Melalui pemodelan matematis hybrid Sensitivitas FeedForward Neural Network (S-FFNN) berdasarkan Faktor Losses didapatkan nilai yang lebih rendah sebesar 66.640,42 kWh atau 1.5% dengan efisiensi penyaluran

98.5%. Nilai tersebut masih sesuai dengan standar yang diterapkan oleh PLN yang tercantum dalam SPLN 1:1978 bahwa susut yang diizinkan hanya sebesar 2%. Ini menunjukkan bahwa berdasarkan perhitungan faktor losses yang didapat, semakin rendah nilai faktor lossesnya maka susut energi yang didapat semakin tinggi sebaliknya semakin besar nilai faktor lossesnya maka semakin rendah susut energi yang didapat dan dengan menggunakan sensitivitas rugi daya pada bus transformator dapat memengaruhi nilai susut energi yang di terjadi pada penyulang Ahmad Yani.

### Saran

Dari hasil penelitian yang didapat, untuk penelitian selanjutnya peneliti menyarankan untuk penggunaan S-FFNN agar hasil yang didapat lebih akurat dengan menambahkan variabel perhitungan pada beberapa penyulang dan data pembebanan transformator dengan kurun waktu yang lebih panjang.

### DAFTAR PUSTAKA

I. G. N. Dion, Adi. 2015. "Analisis Rugi Daya Pada Penyulang Bangli Dengan Berporasinya PLTS Kayubih" Bali : Universitas Udayana.

Primanda, Arif. 2015. "Studi Perkiraan Susut Teknis dan Alternatif Perbaikan Pada penyulang Kanyoman Gardu Induk Sukorejo". Malang : Universitas Brawijaya

Saifi, Sabiq. 2017. "Estimasi Kerugian Energi Jaringan Distribusi Radial Pada Penyulang NR 7 20 kV Kota Medan Menggunakan *Loss Factor*". Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh November

Sukamdani, Achmad. 2019. "Studi Susut Daya Pada Saluran Distribusi PT. PLN (Persero) APJ Surabaya Selatan Dengan Beban Pelanggan Jaringan Tegangan Rendah" Surabaya : Universitas Negeri Surabaya.

Unit Three Kartini, Chen Chao-Rong. 2017. "k-Nearest Neighbor Neural Network Models for Very Short-Term Global Solar Irradiance Forecasting Based on Meteorological Data" Taiwan : National Taipei University of Technology

Widi, Aribowo. 2010, "Desain *Feed Forward Backpropagation Neural Network Power System Stabilizer (FFBNN-PSS) Pada Sistem*