

# ANALISIS SUSUT TEKNIS PADA SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA DIESEL (PLTD) SENTANI

Misdi

Staf Pengajar Program Teknik Elektro  
Universitas Sains dan Teknologi Jayapura  
E-mail : [misdi\\_elektro@yahoo.com](mailto:misdi_elektro@yahoo.com)

## ABSTRAK

*Dalam pengoperasian sistem tenaga listrik, rugi-rugi daya atau susut energy secara teknis pasti akan terjadi di sepanjang jaringan tenaga listrik. Rugi-rugi daya yang terjadi dalam sistem tenaga listrik tidak hanya terjadi pada saluran transmisi dan distribusi namun juga terjadi pada sisi pembangkitan diakibatkan Rugi-rugi daya secara teknis dan non teknis. Selama ini perhitungan susut daya yang dilakukan PLN dengan cara menghitung selisih kWh produksi pembangkit, kWh pemakaian sendiri dan kWh jual kepada konsumen.*

*Kondisi riil pengoperasian PLTD Sentani, terjadi masalah susut energy pada pengoperasian mesin genset yang disewa dari pihak swasta, hal ini dikarenakan ada penempatan kWh meter pada mesin sewa dari pihak swasta dipasang di saluran keluaran pembangkit, sedangkan dari pihak pln memasang kWh di keluaran transformator, sehingga dalam pembacaan Energy di kWh beli PLN dari pihak swasta dan kWh jual ke konsumen tidak sama. Setelah diadakan pengecekan kondisi lapangan perbedaan pemasangan kWh meter beli dan jual yang menyebabkan perbedaan energy yang dijual, sehingga pada penelitian ini dilakukan penganalisaan susut energy yang disebabkan oleh rugi-rugi daya pada konduktor dan transformator.*

*Berdasarkan hasil analisa susut teknis yang telah dilakukan pada konduktor dan transformator yang ada pada PLTD Sentani, didapat nilai susut daya maksimum sebesar 0,77 % dari kWh produksi secara keseluruhan dikarenakan konduktor yang digunakan tidak terlalu panjang dan transformator dibebani dalam keadaan beban maksimum sehingga transformator yang digunakan masih mempunyai efisiensi yang ideal.*

**Kata kunci:** Susut teknis, Transformator, Konduktor.

### 1. Pendahuluan

Dalam pengoperasian sistem tenaga listrik, rugi-rugi daya atau susut energy secara teknis pasti akan terjadi di sepanjang jaringan tenaga listrik, penyusutan yang terjadi merupakan salah satu ukuran efisiensi atau tidaknya suatu pengoperasian sistem tenaga listrik. Penyusutan daya listrik adalah kerugian energi akibat masalah teknis dan non teknis pada penyaluran energi listrik. Susut yang terjadi dalam pengoperasian sistem tenaga listrik tidak hanya terjadi pada saluran transmisi dan distribusi namun juga terjadi pada sisi pembangkitan. Penyusutan itu sendiri merupakan permasalahan

yang sering terjadi pada sistem pembangkit tenaga listrik, dimana penyusutan pada sisi pembangkitan sebagai sumber tenaga listrik dapat mempengaruhi kualitas pelayanan penyaluran energi listrik kepada konsumen dan kerugian pada pihak PLN karena jumlah daya yang dijual lebih sedikit dari pada daya yang diproduksi. Secara umum susut yang terjadi pada sistem pembangkit tenaga listrik dapat dibagi menjadi 2 jenis, yaitu: Susut teknis dan susut non teknis

Susut teknis merupakan rugi-rugi daya yang terjadi pada peralatan pembangkitan maupun

peralatan penyaluran dan terdapat daya yang hilang berupa panas akibat adanya impedansi.

Sedangkan susut non teknis adalah susut yang disebabkan oleh kesalahan dalam pembacaan alat ukur, kesalahan kalibrasi pada alat ukur, dan kesalahan akibat pemakaian yang tidak sah (pencurian) atau kesalahan – kesalahan yang bersifat administratif.

Pada tahun 2005 telah diadakan penelitian yang dilakukan oleh Amir Handoyo “Analisa perhitungan Susut Teknik Pada PT.PLN (persero) UPJ Semarang Tengah”, dari hasil analisa perhitungan susut teknik JTR pada bulan Januari dan Februari 2005 ini didapatkan nilai susut teknik total di PT PLN (Persero) UPJ Semarang Tengah pada range 4,95 % s/d 6,08 % terhadap KWH yang masuk di jaringan tegangan menengah dengan nilai susut teknis trafo sebesar 1,14 %.

Pada tahun 2007 penelitian dilakukan oleh Waluyo, Soenarjo dan Andi Ali Akbar tentang “Perhitungan Susut Daya Pada Sistem Distribusi Tegangan Menengah Saluran Udara dan Kabel”, dari hasil penelitian yang telah dilakukan Nilai susut daya pada transformator paling besar terjadi pada gardu BPHA, sebesar 20,38%, dan paling rendah terjadi pada gardu ITCK, 4,8%, dari perhitungan umumnya diperoleh susut daya pada transformator mempunyai nilai lebih dari 5% dari kapasitas transformatornya.

Pada tahun 2008 penelitian yang dilakukan oleh Danang Ramadhianto tentang “Susut Energi Pada Sistem Distribusi Tenaga Melalui Analisis Pengukuran Dan Perhitungan”, dari hasil penelitian yang telah dilakukan susut energi berdasarkan pengukuran pada transformator distribusi adalah 1.19 % sampai dengan 5.80 %.

Pada tahun 2010 penelitian dilakukan oleh Irman Hadji Putra tentang “Analisa Efisiensi Maksimal Pembebanan Transformator Pada Penyulang – Penyulang PLTD Yarmokh PT.PLN (Persero) Cabang Jayapura”, dari hasil analisa perhitungan besarnya efisiensi maksimum pembebanan transformator yang terdapat pada penyulang-penyulang di PLTD Yarmokh yaitu mulai dari 40.53% hingga 44,96%, perlu adanya optimalisasi penggunaan trafo karena masih banyak penggunaan trafo yang kurang tepat, untuk efisiensi pembebanan trafo terdapat pada merk trafindo, kaltra dan starlite.

Pada tahun 2010 penelitian dilakukan oleh Basri Abdulaci “Analisa Efisiensi Maksimum Pembebanan Transformator Pada Penyulang - Penyulang di PLTD Waena PT.PLN (Persero)

Cabang Jayapura”, dari hasil analisa perhitungan besarnya efisiensi maksimum pembebanan transformator yang terdapat pada penyulang-penyulang di PLTD Waena yaitu mulai dari 40,53% hingga 47,39%, salah satu penyebab efisiensi pembebanan trafo kurang maksimal disebabkan jumlah kenaikan beban pada penyulang anggrek, dan penyulang sagam maall merupakan penyulang yang paling baik Karena KBnya kecil.

Pada tahun 2010 penelitian dilakukan oleh Fransel Richardo Erubun tentang “Analisa Efisiensi Maksimum Pembebanan Transformator Pada Penyulang – Penyulang di PLTD Sentani PT.PLN (Persero) Cabang Jayapura”, dari hasil analisa perhitungan besarnya efisiensi maksimum pembebanan transformator yang terdapat pada penyulang-penyulang di PLTD Sentani yaitu mulai dari 40,37% hingga 47,016%, dan jenis trafo distribusi yang memiliki rugi tembaga dan rugi besi kecil adalah trafo merk starlite, trafindo, dan kaltra.

Pada tahun 2012 penelitian yang dilakukan oleh Pandu Nugroho tentang “Studi Susut Energi pada Jaringan Tegangan Rendah wilayah PLN APJ Cempaka Putih dengan Objek Pelanggan residensial”, dari hasil penelitian yang telah dilakukan semua pelanggan residensial memiliki efisiensi terbesar di pagi hari, yaitu antara pukul 06:00-11:00 dengan nilai 96.62% dan 95.63% untuk pelanggan R1, sementara. Untuk pelanggan R2 dan R3 dengan nilai 97.11% dan 98.63%.

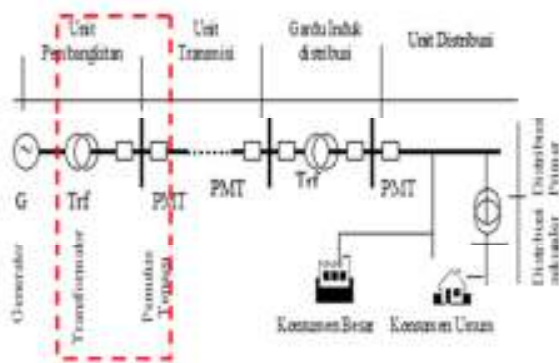
Perlu diketahui bahwa penyusutan dalam suatu sistem pembangkit tenaga listrik tidak dapat dihindari karena pada peralatan tidak mungkin memiliki tingkat efisiensi hingga 100%. Oleh karena itu perlu dilakukannya analisa perhitungan susut teknis pada sisi pembangkitan agar memudahkan PT.PLN dalam melakukan analisa serta evaluasi terhadap penyusutan energi di wilayah kerjanya.

## **2. METODE PENELITIAN**

### **2.1. Rancangan Penelitian**

Penelitian akan dilakukan pada daerah yang diberi garis merah yaitu pada sisi pembangkitan seperti yang di tunjukan gambar 1.

Pada dasarnya susut energi teknis ini berdasarkan susut energi yang diakibatkan oleh kesalahan pemasangan pada komponen tersebut, sedangkan susut transformator terdiri dari susut inti besi dan susut tembaga.



Gambar 1 *Single line diagram* sistem tenaga listrik  
<https://armanbacktrak5.wordpress.com/page>

### 2.2. Pengumpulan Data.

Untuk penelitian susut pada pembangkit ini, diambil dari tiga bus generator yang dijadikan objek studi. Bus generator yang dipilih sebagai objek studi susut adalah unit sewa 1, unit sewa 2 dan transformator step up yang di gunakan PLTD Sentani.

Sumber data yang diperoleh terdiri dari data primer dan data sekunder. Data primer yang dimaksud merupakan data yang diperoleh dari hasil pengukuran, perhitungan dan pengamatan langsung dilapangan, sedangkan data sekunder di peroleh dari buku referensi, jurnal dan skripsi yang relevan dengan pembahasan. Dalam penelitian yang akan dilakukan sumber data primer diambil melalui beberapa tahapan yaitu :

- Pengambilan data single line diagram PLTD Sentani
- Pengambilan data trafo yakni, jumlah, merk yang digunakan, dan spesifikasi masing-masing transformator.
- Pengambilan data terakhir pengukuran transformator.
- Melakukan survei ke lokasi penelitian untuk pengambilan gambar dan mencocokkan dengan single line diagram.

### 2.3. Analisa Data

Melakukan analisa data yang terkait dengan susut konduktor dari generator ke transformator dan susut teknis transformator. Pada dasarnya susut teknis ini merupakan susut yang terjadi pada komponen - komponen yang diakibatkan ada kesalahan pada komponen tersebut. susut energi teknis yang terjadi pada sisi pembangkitan dapat diketahui dengan menghitung:

**2.3.1.** Besarnya susut pada penghantar dengan rumus sebagai berikut :

$$p_{kond} = I^2 \cdot R_{sal}$$

dengan :

- $P_{kond}$  = Susut daya pada penghantar (W)
- $R_{sal}$  = resistansi total penghantar ( $\Omega$ )
- $I$  = Arus beban rata – rata

**2.3.2.** Besarnya susut pada transformator terdiri dari susut inti besi dan susut tembaga besarnya susut inti besi konstan (tidak dipengaruhi pembebanan transformator). Besarnya susut tembaga transformator disebabkan resistansi pada kumparan transformator. Rugi - rugi tembaga sebanding dengan kuadrat arus atau kuadrat kVA. Dengan kata lain, rugi – rugi tembaga setengah beban penuh sama dengan seperempat rugi – rugi beban penuh. Besarnya rugi – rugi ini dapat diketahui melalui pengujian hubung singkat. [4]. Data mengenai susut besi dan tembaga diperoleh dari katalog transformator. susut tersebut untuk transformator tiga fasa.

Rugi – rugi transformator daya dapat dituliskan sebagai berikut :

a) Efisiensi transformator

$$\eta = \frac{\text{daya output}}{\text{daya input}} = \frac{\text{daya keluar}}{\text{daya keluar} + \sum \text{rugi} + \text{rugi}}$$

dengan:

$$\eta = \text{Efisiensi (A)}$$

$$\sum \text{rugi total} = \text{Rugi-rugi tembaga} + \text{rugi-rugi Besi}$$

b) Rugi tembaga harian total

$$P_{cu} \text{ harian tot} = \left( \frac{\text{kVA Terpasang}}{\text{kVA transformator}} \right)^2 \cdot \left( \frac{\text{Rugi tembaga pabrikan}}{100} \right) \cdot \text{Jam Operasi}$$

$$P_{cu} \text{ tahunan} = P_{cu} \text{ harian total} \times 365 \text{ hari}$$

$$P_{cu} \text{ bulanan} = \frac{P_{cu} \text{ tahunan}}{12 \text{ bulan}}$$

dengan:

- $P_{cu} \text{ harian total}$  = rugi tembaga yang terjadi dalam 1 hari.
- kVA terpasang = beban yang terpasang pada transformator
- kVA trafo = kapasitas transformator.
- $P_{cu} \text{ pabrikan}$  = rugi tembaga yang ditetapkan pabrikan.
- $P_{cu} \text{ tahunan}$  = rugi tembaga tahunan.
- $P_{cu} \text{ bulanan}$  = rugi tembaga yang terjadi dalam 1 bulan

c) Analisa rugi besi harian total

$$P_{f_{e}} \text{ harian tot} = \left( \frac{P_{f_{e}} \text{ pabrikan}}{1000} \right)^2 \times \text{jam operasi}$$

$$P_{f_{e}} \text{ tahunan} = P_{f_{e}} \text{ harian tot} \times 365 \text{ hari}$$

$$P_{f_{e}} \text{ bulanan} = \frac{P_{f_{e}} \text{ tahunan}}{12 \text{ bulan}}$$

dengan:

- $P_{f_{e}} \text{ harian tot}$  = rugi besi yang terjadi dalam 1 hari .
- $P_{f_{e}} \text{ pabrikan}$  = rugi besi yang ditetapkan pabrikan.
- $P_{f_{e}} \text{ tahunan}$  = rugi besi tahunan.
- $P_{f_{e}} \text{ bulanan}$  = rugi besi yang terjadi dalam 1 bulan.

d) Rugi total

$$\text{Rugi harian tot} = P_{cu} \text{ harian total} + P_{f_{e}} \text{ harian total}$$

$$\text{Rugi tahunan} = P_{cu} \text{ harian total} \times 365 \text{ hari}$$

$$\text{Rugi bulanan} = \frac{\text{rugi tahunan}}{12 \text{ bulan}}$$

dengan:

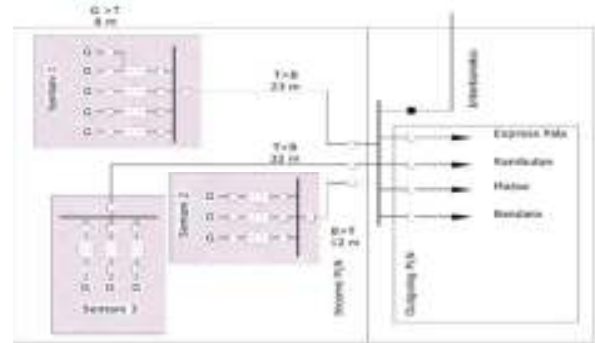
- rugi harian total = rugi tembaga total + rugi besi total
- rugi tahunan = rugi tembaga dalam 1 tahun.
- rugi bulanan = jumlah rugi yang terjadi dalam 1 bulan
- $P_{cu} \text{ pabrikan}$  = rugi tembaga yang ditetapkan pabrikan.
- $P_{f_{e}} \text{ harian tot}$  = rugi besi yang terjadi dalam 1 hari .

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Susut teknis pada sistem pembangkit, terjadi pada konduktor atau kabel dan pada transformator. Susut pada konduktor disebabkan karena adanya resistansi dari saluran itu sendiri, sedangkan susut transformator disebabkan oleh resistansi dari belitan transformator dan susut inti. Susut pada jaringan ini tergantung pada kondisi beban yang selalu berubah, sehingga untuk perhitungannya perlu dilakukan pada setiap kondisi beban. PLTD Sentani memiliki 11 unit mesin sewa dan 10 unit transformator yang terbagi menjadi 3 bus dimana mesin 1 sampai 5 berada pada bus Sentani 1, mesin 6 sampai 8 berada pada bus Sentani 2, dan mesin 9 sampai 11 berada pada bus Sentani 3 yang melayani 4 penyulang dan terinterkoneksi dengan GI Sentani, PLTD Waena, GI Skyline serta PLTD Yarmokh dalam memenuhi kebutuhan listrik di Kabupaten Jayapura. PLTD Sentani melayani 4 penyulang yaitu penyulang express pala, rambutan, matoa dan bandara.

Analisa susut teknis di PLTD Sentani dilakukan dengan mengacu pada single line diagram

system pembangkit di PLTD Sentani, seperti terlihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 1. Single Diagram PLTD Sentani

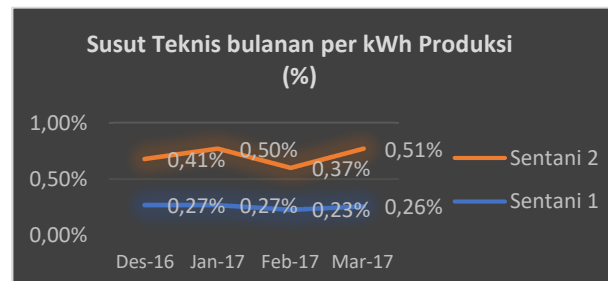
Hasil analisa susut teknis Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) Sentani pada Unit pembangkit Sentani 1 dan 2 dapat dilihat pada tabel 1 dan grafik susut teknis dibawah ini:

Tabel 1. Hasil Analisa Susut Teknis PLTD Waena

Bulan		kWh Produksi	Susut total	kWh setelah dikurangi susut	susut teknis %
Des '16	Sentani 1	3.629.786	9.828	3.619.958	0,27
	Sentani 2	1.476.395	4.566	1.471.829	0,41
Jan '17	Sentani 1	3.159.649	8.588	3.151.061	0,27
	Sentani 2	1.270.511	6.381	1.245.130	0,50
Feb '17	Sentani 1	2.219.966	5.213	2.214.753	0,23
	Sentani 2	1.239.530	4.631	1.234.899	0,37
Mar '17	Sentani 1	3.482.707	9.037	3.473.669	0,26
	Sentani 2	792.311	4.135	788.176	0,51

Secara grafik hasil analisa susut teknis di PLTD Unit

Secara grafik hasil analisa susut teknis di PLTD Unit Sentani 1 dan 2 dapat dilihat gambar 2 dibawah ini:



Gambar 2. Grafik Hasil analisa Susut Teknis  
PLTD Sentani 1 dan 2

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa perhitungan susut teknis transformator dan konduktor pada sistem pembangkit listrik tenaga diesel Sentani, Maka dapat disimpulkan hasil studi susut teknis sebagai berikut:

Besarnya susut konduktor dari output generator hingga transformator pada unit sewa Sentani 1 dan unit sewa Sentani 2 sekitar 1,2775 kWh sedangkan besarnya susut konduktor dari transformator ke bus unit sewa Sentani 1, 0,1006 kWh sedangkan susut konduktor dari transformator ke bus sentani 2, 0,1052 kWh.

Besarnya susut teknis pada pembangkit kecil, dikarenakan konduktor yang digunakan tidak terlalu panjang dan transformator dibebankan dalam keadaan maksimum maka susut teknis yang terjadi yaitu berkisar 0,23 % sampai 0,77 % dari kWh produksinya sehingga susut teknis yang terjadi masih dalam batas wajar

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

**Amir Handoyo** (2005) "Analisa perhitungan Susut Teknik Pada PT.PLN (persero) UPJ Semarang Tengah", PT PLN (Persero) UPJ Semarang Tengah

**Gonen, T.** (1986), *Electric Power Distribution System Engineering*, Mc Graw-Hill.

**Irman Hadji Putra** (2010) "Analisa Efisiensi Maksimal Pembebanan Transformator Pada Penyulang–Penyulang PLTD Yarmokh PT.PLN (Persero) Cabang Jayapura",

**Standard PLN 50** (1997), *Spesifikasi Transformator Distribusi*.

**Sulasno** (2000), Teknik dan Sistem Distribusi Tenaga Listrik, *Badan Penerbit Universitas Diponegoro, Semarang*.

**Unindo dan Trafindo**(---), *Three Phase Transformer Data*.

**Zuhal** (2000), *Dasar Teknik Tenaga Listrik dan Elektronika Daya*, Gramedia, Jakarta.