

ANALISA PERHITUNGAN SUSUT TEKNIS DI PT. PLN (PERSERO) RAYON SINGKIL

Syukri¹⁾, Muliadi²⁾, dan Ali Akbar³⁾

^{1, 2, 3)}Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Iskandar Muda
Jl. Kampus Unida No. 15 Surien-Banda Aceh 23234

e-mail: syukrie0383@gmail.com¹⁾, muliadi.tripa@email.com²⁾, aliakbaryes@gmail.com³⁾

ABSTRACT

PT. PLN (Persero) Rayon Singkil is working hard to carry out activities to reduce energy losses in the distribution network. There are two types of energy losses in the distribution network, namely technical losses and non-technical losses. This study of technical losses in Singkil rayon is discussed by approaching distribution asset data and load conditions using the Microsoft Excel program so that all data can be processed. Calculation of JTM losses, transformer losses, JTR losses, SR and APP losses. So the results obtained in Singkil Rayon with 4 feeders, namely in January 2023 were 10.4% with a composition of technical losses of 7.7% and non-technical losses of 2.7%, in February 2023 distribution losses were 8.6% with a technical loss composition of 7.8% and non-technical loss of 0.8%. Based on the calculation results, it makes it easier for PT. PLN (Persero) Rayon Singkil in analyzing and evaluating efforts that can be made to reduce distribution losses so that they become more efficient.

Keywords: Distribution system, Electrical energy, Energy losses, Technical losses, Non-technical losses.

ABSTRAK

PT. PLN (Persero) Rayon Singkil sedang berupaya keras melaksanakan kegiatan-kegiatan dalam hal penekanan susut energi pada jaringan distribusi. Susut energi pada jaringan distribusi ada dua yaitu susut teknis dan susut non teknis. Kajian mengenai susut teknis pada rayon singkil ini dibahas dengan cara pendekatan data aset distribusi dan kondisi beban dengan menggunakan program Microsoft Excel sehingga semua data dapat diproses. Perhitungan susut JTM, susut trafo, susut JTR, susut SR dan APP. Maka hasil yang didapatkan pada Rayon Singkil dengan 4 penyulang yaitu pada bulan Januari 2023 sebesar 10,4 % dengan komposisi susut teknis sebesar 7,7 % dan susut non teknis sebesar 2,7 %, pada bulan Februari 2023 susut distribusi sebesar 8,6 % dengan komposisi susut teknis sebesar 7,8 % dan susut non teknis sebesar 0,8 %. Berdasarkan hasil perhitungan memudahkan PT. PLN (Persero) Rayon Singkil dalam menganalisa dan mengevaluasi terhadap upaya yang dapat dilakukan untuk menurunkan susut distribusi sehingga menjadi lebih efisien.

Kata Kunci: Sistem distribusi, Energi listrik, Susut energi, Susut teknis, Susut non teknis.

I. PENDAHULUAN

ENERGI listrik merupakan salah satu kebutuhan yang sangat penting bagi kehidupan masyarakat agar dapat menjalankan aktivitas sehari-hari sehingga PT. PLN (Persero) berusaha untuk melakukan penyaluran energi listrik secara optimal. PT. PLN adalah satu-satunya Badan Usaha Milik Negara (BUMN) yang bergerak dibidang kelistrikan mulai dari pembangkit, transmisi, distribusi sampai dengan penjualan energi listrik. Dari banyaknya cakupan area layanan PT. PLN, yang menjadi objek penelitian ini yaitu pada PT. PLN (Persero) Rayon Singkil yaitu salah satu unit layanan pelanggan yang berada dibawah tanggung jawab PT. PLN (Persero) UP3 Subulussalam.

Saat ini, pada Rayon Singkil tercatat jumlah pelanggan yang menggunakan energi listrik pada bulan Januari sebanyak 10.324 pelanggan dengan energi listrik yang tersalurkan sebesar 1,665,991 kWh dan pada bulan Februari 2023 sebanyak 10.457 pelanggan dengan energi listrik yang tersalurkan sebesar 1,526,214 kWh. Sedangkan energi listrik yang terjual di bulan Januari adalah sebesar 1,484,937 kWh dan 1,388,256 kWh di bulan Februari. Oleh karena terdapatnya perbedaan jumlah tersebut maka pada Rayon Singkil terindikasi adanya susut energi (*losses*). Energi susut merupakan energi

yang hilang pada saat penyaluran dilakukan mulai dari gardu induk ke gardu distribusi sampai ke pelanggan [1],[2]. Hal tersebut dikarenakan oleh dua faktor, yaitu faktor teknik dan faktor *non* teknik yang didasari oleh pelanggaran pelanggan, tidak sinkron dalam pencatatan kWh, dan adanya penerangan jalan umum ilegal [3].

Dari permasalahan tersebut, PT. PLN Rayon Singkil terus berupaya melakukan pemeriksaan rutin terutama terhadap alat pengukuran dan pembatas (APP) di area pelanggan agar kondisi dari alat ukur tersebut dapat berjalan dengan baik dan juga sebagai upaya pencegahan terhadap adanya pencurian tenaga listrik [4],[5]. Oleh sebab itu, perlu dilakukan upaya penekanan terhadap susut energi agar dapat mengurangi kerugian energi yang tersalurkan sehingga efisiensi biaya pokok produksi tenaga listrik dapat ditingkatkan [6].

Untuk mengetahui langkah-langkah perbaikan yang akan dilakukan, maka perlu adanya perhitungan susut energi terlebih dahulu agar komposisi susut energi baik sisi teknis dan non teknis dapat dengan mudah diketahui, apakah masih dalam besaran yang ideal atau diluar batas standar. Perhitungan ini sangatlah penting agar program perbaikan dapat berjalan efektif dan berdampak besar terhadap penekanan susut tersebut.

Perhitungan susut energi pada jaringan distribusi listrik adalah suatu perhitungan yang rumit untuk menyelesaikan permasalahan dalam penyaluran tenaga listrik [7]. Perhitungan susut energi jaringan distribusi yang tepat hanya dapat dilakukan melalui proses pengukuran banyaknya energi yang dilalui dalam periode waktu tertentu pada masing-masing komponen atau bagian peralatan dari sistem distribusi. Hal ini tentunya memerlukan banyaknya alat ukur energi yang akan digunakan dan menyebabkan susut [8]. Adapun penyebab besarnya susut pada jaringan distribusi antara lain adalah keadaan alamiah jaringan itu sendiri seperti panjang jaringan yang cenderung terus bertambah, beban yang melebihi kemampuan hantar arus penampang yang dapat memperburuk susut teknis jaringan tenaga listrik [9],[10].

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan susut teknis dan memetakan susut energi baik teknis maupun non teknis dengan menganalisa dan mengevaluasi program perbaikan susut teknis pada jaringan distribusi PT. PLN Rayon Singkil.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Pengertian Susut

Susut atau kerugian listrik merupakan perbandingan selisih antara jumlah energi listrik yang dibangkitkan dengan jumlah rekening listrik yang ditanggihkan atau terjual kepada pelanggan [11]. Namun, menurut Menteri Keuangan Nomor: 431/KMK.06/2002, “Susut adalah sejumlah energi yang hilang dalam proses pengaliran energi listrik mulai dari gardu induk sampai dengan konsumen. Apabila tidak terdapat gardu induk, susut dimulai dari gardu distribusi sampai dengan konsumen” [12].

B. Jenis Susut (Losses)

Menurut Keputusan Direksi PT. PLN (Persero) No.217-1.K/DIR/2005 tentang Pedoman Penyusunan Laporan Neraca Energi (kWh), Jenis susut (*losses*) energi listrik dapat dibedakan menjadi dua, yaitu [12],[13]:

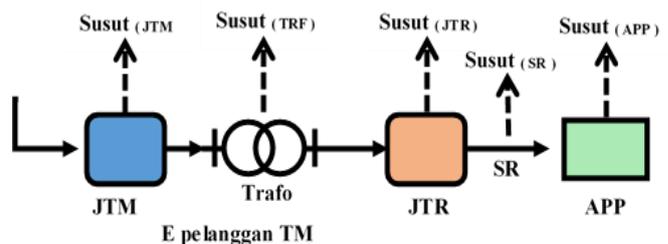
1. Berdasarkan sifatnya.
 - a. Susut teknis, yaitu hilangnya energi yang dibangkitkan pada saat disalurkan karena berubah terjadi energi panas, susut ini tidak dapat dihilangkan seperti fenomena alam.
 - b. Susut non teknis, yaitu energi listrik yang hilang karena dikonsumsi oleh pelanggan maupun non pelanggan dan tidak tercatat dalam penjualan.
2. Berdasarkan tempat terjadinya
 - a. Susut transmisi, yaitu energi listrik yang hilang pada saat disalurkan melalui jaringan transmisi ke gardu induk.
 - b. Susut distribusi, yaitu energi listrik yang hilang pada saat didistribusikan dari gardu induk melalui jaringan distribusi ke pelanggan.

Selanjutnya, dari Keputusan Direksi PT. PLN (Persero) No.217-1.K/DIR/2005, juga menjelaskan lebih rinci mengenai susut, sebagai berikut [14],[15]:

1. Susut energi, yaitu jumlah energi kWh yang hilang atau menyusut terjadi karena sebab-sebab teknik maupun non teknik ketika penyediaan dan penyaluran energi.
2. Susut teknik, yaitu susut yang diakibatkan karena alasan teknik dimana energi menyusut dan berubah menjadi panas pada jaringan tegangan tinggi (JTT), gardu induk (GI), jaringan tegangan menengah (JTM), gardu distribusi (GD), jaringan tegangan rendah (JTR), sambungan rumah (SR), serta alat pembatas dan pengukur (APP).
3. Susut non teknik, yaitu selisih antara susut energi dengan susut teknik.
4. Susut transmisi, yaitu susut teknik yang terjadi pada jaringan transmisi, meliputi susut pada JTT dan GI.
5. Susut distribusi, yaitu susut teknik dan non teknik yang terjadi pada jaringan distribusi (susut pada JTM, GD, JTR, SR, serta APP pada pelanggan TT, TM, dan TR). Bila terdapat JTT yang berfungsi sebagai jaringan distribusi maka susut jaringan ini dimasukkan sebagai susut distribusi.
6. Susut TT, yaitu susut teknik dan non teknik yang terjadi pada sisi TT, merupakan penjumlahan susut pada JTT, GI, dan APP-TT.
7. Susut TM, yaitu susut teknik dan non teknik yang terjadi pada sisi TM, merupakan penjumlahan susut pada JTM, GD, dan APP-TM.
8. Susut TR, yaitu susut teknik dan non teknik yang terjadi pada sisi TR, merupakan penjumlahan susut pada JTR, SR dan APP-TR.
9. Susut jaringan, yaitu jumlah energi dalam kWh yang hilang pada jaringan transmisi dan distribusi, atau merupakan penjumlahan antara susut transmisi dan susut distribusi.

C. Metode Perhitungan Susut Teknis

Metode perhitungan susut teknis jaringan distribusi dapat dimodelkan sesuai dengan ketersediaan data-datanya dan dapat dikembangkan secara fleksibel apabila memiliki data yang lebih rinci. Untuk pemodelan aliran energi pada sistem distribusi seperti ditunjukkan pada Gambar 1[7].



Gambar 1. Pemodelan aliran energi sistem distribusi [7]

Dari gambar maka aliran energi sistem distribusi dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$E_{masuk TM} = E_{masuk JTM} \quad (1)$$

$$E_{masuk Trafo} = E_{masuk JTM} - Susut_{JTM} - E_{Pelanggan TM} \quad (2)$$

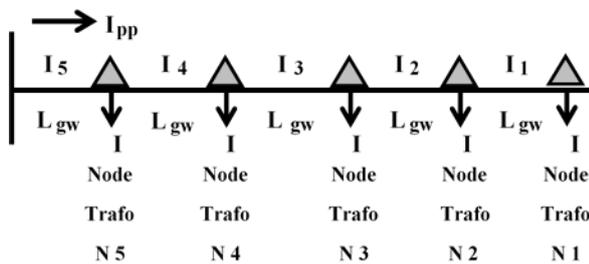
$$E_{masuk JTR} = E_{masuk Trafo} - Susut_{TRF} \quad (3)$$

$$E_{masuk SR} = E_{masuk JTR} - Susut_{JTR} \quad (4)$$

$$E_{masuk APP} = E_{masuk SR} - Susut_{SR} \quad (5)$$

1. Susut JTM (S_{JTM})

JTM dimodelkan dimana titik bebannya (*node*) yaitu trafo distribusi yang berada pada penyulang utama (*main feeder*) dengan asumsi faktor kepadatan beban (I_{gw}) dalam satuan Amp/kms adalah nilainya sama di sepanjang penyulang dan dengan asumsi jarak antara 2 titik beban, maka perhitungannya yaitu panjang penyulang dibagi dengan jumlah trafo [7].



Gambar 2. Penyulang utama dengan beberapa titik beban [7]

Dari Gambar 2 diatas, maka susut teknis JTM 3 fasa dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$S_{(kWh)3 fasa} = 3 \times \sum_1^n n^2 \times I_{gw}^2 \times R_{gw} \times LSF \times t \times F_{kor} \times 10^{-3} kWh \quad (6)$$

Sedangkan energi yang masuk ke penyulang dapat dirumuskan:

$$E_{(kWh)} = V \cdot I_{pp} \cdot \sqrt{3} \cdot PF \cdot LSF \cdot t \quad (kWh) \quad (7)$$

Selanjutnya, apabila energi yang masuk ke penyulang utama dalam satu bulan diketahui maka arus puncak (I_{pp}) dapat dihitung:

$$I_{pp} = \frac{E_{(kWh)}}{\sqrt{3} \cdot V_{pp} \cdot PF \cdot LSF \cdot 720} \quad (kWh) \quad (8)$$

Dengan:

I_{pp} = Arus puncak (*peak*) pangkal penyulang

n = Jumlah 'titik beban' (diberi tanda petik, karena mungkin bukan titik beban yang sesungguhnya) karena diasumsikan jarak antar titik beban adalah L_{gw}

L_{gw} = Jarak gawang antar titik beban = L_{total} penyulang / n (km)

R_{total} = Resistan total penghantar = $R_{konduktor}$ ohm/km x L

R_{gw} = Resistan penghantar antar titik beban = R_{total} / n

I_{gw} = Faktor kepadatan beban = I_{pp} / n (Amp/km)

LSF = Faktor susut (*loss factor*)

t = Kurun waktu (bila sebulan = 720 jam)

F_{kor} = Faktor koreksi akibat ketidakseimbangan, ketidakmerataan beban, faktor resistansi, temperatur, dan lain-lain

PF = Faktor daya ($Cos \phi$)

V_{pp} = Tegangan fasa-fasa

Data aset yang perlu disiapkan, yaitu:

a. Resistansi penyulang TM per km.

b. Faktor beban (LF) komposit masing-masing penyulang yang digeneralisasikan dari kurva beban harian selama 1 minggu dan diasumsikan hal tersebut sudah bisa menggambarkan faktor beban yang sebenarnya.

c. Faktor susut, yaitu $LsF = 0,3 LF + 0,7 LF_2$.

d. Faktor koreksi (F_{kor}), yaitu faktor-faktor akibat ketidakseimbangan beban, ketidakmerataan beban, faktor resistansi, faktor temperatur, dan lain-lain (0.689 – 1,870).

2. Susut trafo (S_{TRF})

Susut trafo terdiri dari susut besi (S_{fe}) yang hanya tergantung pada tegangan dan bersifat konstan, juga susut tembaga (S_{cu}) yang sebanding dengan kuadrat dari tingkat pembebanan [7],[16]. Susut trafo dapat dirumuskan:

$$S_{(kWh)TRF} = (S_{fe} + S_{cu} \times K^2) \times LSF \times F_{kor} \times t \times 10^{-3} kW \quad (9)$$

Dimana faktor utilitas (K) keseluruhan dari trafo terpasang dapat dihitung dengan persamaan:

$$K = \frac{E_{masuk trafo}}{\sum_i^n (KVA_{Trf_i} \times M_{Trf_i}) \times PF \times LF \times t} \quad (10)$$

Selanjutnya, dilakukan pemisahan energi yang masuk ke kelompok trafo 3 fasa dan kelompok trafo 1 fasa, dan diasumsikan perbandingan total kVA trafo 3 fasa dengan total trafo 1 fasa dalam formulasi sebagai berikut:

$$E_{(kWh) 3 fasa} = E_{(kWh) masuk trafo} \times \frac{\sum kVA3 fasa}{(\sum kVA3 fasa + \sum kVA1 fasa)} \quad (11)$$

$$E_{(kWh) 1 fasa} = E_{(kWh) masuk trafo} - E_{(kWh) 3 fasa} \quad (12)$$

$$S_{Trf-Total \%} = \frac{E_{(kWh) Trf 3 fasa} + S_{(kWh) Trf 1 fasa}}{E_{JTM}} \times 100\% \quad (13)$$

Dimana:

E (kWh) 3 fasa = Energi yang masuk ke kelp. 3 fasa

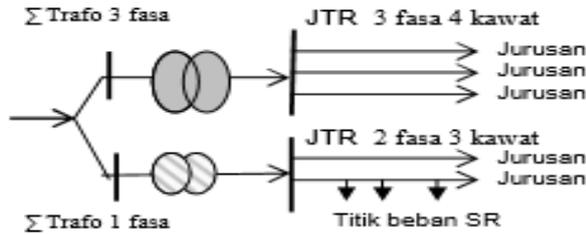
E (kWh) 1 fasa = Energi yang masuk ke kelp. 1 fasa

M_{Trf_i} = Jumlah trafo Σ kVA 3 fasa = Jumlah kVA trafo 3 fasa

3. Susut JTR (S_{JTR})

JTR merupakan SR yang tersambung pada tiang-tiang dan tiap tiang dianggap sebagai titik beban. Pemodelannya hampir mirip dengan pemodelan JTM hanya level tegangan saja yang berbeda. Oleh karena adanya trafo 3 fasa dan 1 fasa maka ada 2 kemungkinan sistem JTR-nya. Pada trafo 3 fasa maka keluaran sekundernya disalurkan melalui JTR 3 fasa 4 kawat dengan beberapa jurusan, dan pada trafo 1 fasa keluaran sekundernya tipe 2 fasa 3 kawat (salah satunya kawat netral) disalurkan dengan JTR

3 kawat. Proporsi energi yang masuk ke JTR 3 fasa dan JTR 1 fasa diasumsikan sebanding dengan perbandingan total kVA trafo 3 fasa dengan total kVA trafo 1 fasa, seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Kelompok JTR 3 fasa dan 1 fasa [7]

Jadi, energi yang masuk ke JTR 3 fasa dan JTR 1 fasa dapat diformulasikan sebagai berikut:

$$E_{(kWh)} \text{ JTR 3 fasa} = E_{(kWh)} \text{ masuk JTR} \times \frac{\sum kVA \text{ 3 fasa}}{\sum kVA \text{ 3 fasa} + \sum kVA \text{ 1 fasa}} \quad (14)$$

$$E_{(kWh)} \text{ JTR 1 fasa} = E_{(kWh)} \text{ masuk JTR} \times E_{(kWh)} \text{ JTR 3 fasa} \quad (15)$$

dengan energi rata-rata per jurusan JTR, yaitu:

$$E_{JTR} = \frac{E_{\text{masuk JTR}}}{\text{Jumlah jurusan } (N_{JR})} \text{ (kWh)} \quad (16)$$

Selanjutnya, nilai $\cos \phi$ (PF) diasumsikan sebesar 0,85 sehingga arus per jurusan TR (I_{JTR}) dapat dihitung dengan:

$$I_{JTR \text{ 3 fasa}} = \frac{E_{(kWh) \text{ JTR 3 fasa}}}{LF \times PF \times t \times \sqrt{3} \times 0,38} \text{ (Amp)} \quad (17)$$

Sehingga susut energi jurusan TR (S_{JTR}) dapat dihitung dengan rumus:

$$S_{(kWh) \text{ JTR 3f}} = 3 \times \sum_{i=1}^n n^2 \times I_{gwj3}^2 \times R_{gwj3} \times LsF \times t \times F_{kor} \times 10^{-3} \quad (18)$$

Jadi, rumus untuk menghitung susut teknis JTR total adalah sebagai berikut:

$$S_{JTR-Total} = S_{(kWh) \text{ JTR 3f}} + S_{(kWh) \text{ JTR 1f}} \quad (19)$$

$$S_{JTR}(\%) = \frac{S_{(kWh) \text{ JTR-Total}}}{E_{(kWh) \text{ JTM}}} \times 100\% \quad (20)$$

Dengan:

n = Jumlah titik beban, panjang JTR diasumsikan sepanjang 0,450 km dan jarak tiang 0,050 km maka $n = 450/50 = 9$

L_{gw} = Jarak gawang antar titik beban = L_{total} / n (km)

R_{gw3} = Resistansi penghantar 3 fasa antar titik beban = $R_{\text{total3fasa}} / n$

R_{gw1} = Resistansi penghantar 1 fasa antar titik beban = $R_{\text{total1fasa}} / n$

I_{gw} = Faktor kepadatan beban = I_{JTR}/n (Amp/km)

4. Susut SR (S_{SR})

Pada SR, arus beban konsumen diasumsikan berada pada masing-masing ujung SR tersebut. SR ada beberapa macam, yaitu [7]:

a. SR 1 fasa dengan 1 konsumen (1P1k)

Susut yang terjadi pada 1 konsumen dapat dihitung dengan rumus:

$$S_{(Watt)} = 2 \cdot I_{SR}^2 \cdot R_L \quad (21)$$

$$S_{(kWh)} = 2 \cdot I_{SR}^2 \cdot R_L \cdot LsF \cdot t \cdot 10^{-3} \text{ kWh} \quad (22)$$

Dengan:

ISR = Arus beban rata-rata per konsumen

RL = Tahanan penghantar dengan panjang L (asumsi 35 meter) ditambah dengan resistansi konektor

b. SR 1 fasa dengan beberapa konsumen (1Pnk) Secara pendekatan, diasumsikan panjang seksi $L1 = L2 = L3$ maka susut per konsumen yaitu:

$$S_{(Watt)2k} = \frac{1}{2} \times 2 (I^2 + (2 \cdot I)^2) R_L = 5 \cdot I^2 R_L \quad (23)$$

$$S_{(Watt)3k} = \frac{1}{3} \times 2 (I^2 + (2 \cdot I)^2 + (3 \cdot I)^2) R_L = 9,33 I^2 R_L \quad (24)$$

Jika dibandingkan dengan susut 1P1K, maka akan diperoleh faktor kali:

$$k_{SR} = \frac{S_{(Watt)nk}}{S_{(Watt)1k}} \quad (25)$$

c. SR 3 fasa dengan 1 konsumen (3P1k)

Susut yang terjadi per konsumen 3 fasa, yaitu:

$$S_{(kWh)} = 3 \cdot I_{SR3}^2 \cdot R_{L3} \cdot LsF \cdot t \cdot 10^{-3} \text{ kWh} \quad (26)$$

Energi rata-rata per SR (E_{SR})

$$E_{SR} = \frac{E_{\text{masuk SR}}}{\sum \text{Jumlah Trafo}} \text{ (kWh)} \quad (27)$$

Arus masuk SR (I_{SR}) dapat dihitung dengan rumus:

$$I_{SR} = \frac{E_{SR}}{LF \times PF_{SR} \times T \times 0,220} \text{ (Amp)} \quad (28)$$

Selanjutnya, nilai PF_{SR} diasumsikan sebesar 0,85, maka susut SR untuk 1 fasa dan 3 fasa dapat dihitung dengan persamaan:

$$S_{SR} \% = \frac{S_{SR \text{ 3 fasa}} + S_{SR \text{ 1 fasa}}}{E_{JTM}} (\%) \quad (29)$$

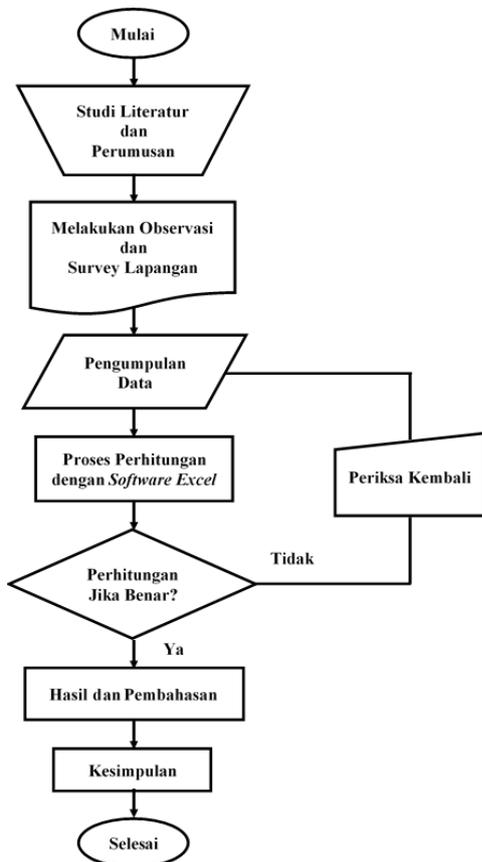
III. METODE PENELITIAN

Metode penelitian berisi tahapan penelitian, metode analisis data, dsb yang digambarkan dalam bentuk diagram alir. Penelitian ini dilakukan di PT. PLN (Persero) Rayon Singkil yang beralamat di Pulo Sarok, Singkil, Aceh Singkil Regency, Aceh. Selanjutnya, analisa perhitungan susut teknis di PT. PLN (Persero) Rayon Singkil dilakukan dengan menggunakan formula matematis menggunakan *software excel*.

Pada penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan, yaitu:

1. Tahapan studi literatur dan perumusan, yaitu mempelajari setiap literatur yang berhubungan dengan saluran udara tegangan menengah (SUTM), saluran udara tegangan rendah (SUTR), trafo distribusi dan saluran rumah (SR) juga mempelajari sistem dan konfigurasi jaringan distribusi pada Rayon Singkil baik tegangan operasi sisi tegangan menengah (TM), tegangan rendah (TR), data asset (trafo

- distribusi, panjang jaringan, dan data jumlah pelanggan), serta susut teknis.
2. Tahapan observasi dan survei lapangan, yaitu melakukan perencanaan agar dapat menentukan area yang akan diamati dan metode yang akan digunakan dalam pengumpulan data.
 3. Tahapan pengumpulan data, yaitu mengumpulkan informasi tentang aliran listrik, peralatan yang digunakan, kondisi jaringan, serta faktor-faktor lain yang mempengaruhi susut teknis.
 4. Tahapan analisa data, yaitu mengevaluasi data yang sudah dikumpulkan dengan cara menghitung faktor pembebanan pada sistem distribusi Rayon Singkil dan menghitung komposisi besaran susut distribusi pada jaringan TM, TR, trafo distribusi, dan SR.
 5. Tahapan hasil dan pembahasan, yaitu berupa hasil susut teknis yang diperoleh berdasarkan analisis dan perhitungan data dengan menggunakan *software excel* yang disajikan dalam bentuk tabel .
- Adapun tahapan atau diagram alir penelitian selengkapnya ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Diagram alir penelitian

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Perhitungan Susut Teknis JTM

Perhitungan susut teknis JTM dapat dihitung berdasarkan data energi penerimaan JTM, arus beban puncak JTM, dan rugi beban puncak JTM. Adapun data penerimaan JTM selengkapnya ditunjukkan pada Tabel 1.

Data pada Tabel I menunjukkan bahwa penerimaan energi (kWh) dan penjualan energi (kWh) pada bulan Januari 2023 lebih besar dibandingkan dengan penerimaan energi (kWh) dan penjualan energi (kWh) pada bulan Februari 2023. Begitu juga untuk penerimaan energi (kWh) JTM pada bulan Januari 2023 lebih besar dibandingkan dengan penerimaan JTM (kWh) pada bulan Februari 2023. Hal ini dikarenakan adanya perbedaan jumlah hari pada bulan Januari dan Februari 2023. Untuk penjualan energi sisi TM (kWh) dan jumlah energi (kWh) yang dikirim ke unit lain baik pada bulan Januari maupun bulan Februari 2023 adalah sama-sama

TABEL I
DATA ENERGI PENERIMAAN JTM

Bulan	Penerimaan (kWh)	Penjualan Total (kWh)	Pemakaian Sendiri (kWh)	Energi Penerimaan JTM (kWh)
Jan'23	1.665.991	1.484.937	7.142	1.665.991
Feb'23	1.526.214	1.388.568	6.681	1.519.533

sebesar 0 kWh. Jadi, untuk contoh perhitungan jumlah energi masuk TM diambil pada bulan Januari 2023, yaitu:

$$E_{\text{masuk TM}} = E_{\text{masuk JTM}} - E_{\text{ kirim unit lain}}$$

$$E_{\text{masuk TM}} = 1.665.991 \text{ kWh} - 0 \text{ kWh}$$

$$E_{\text{masuk TM}} = 1.665.991 \text{ kWh}$$

Selanjutnya, pada wilayah kerja PT. PLN Rayon Singkil terdapat 4 buah penyulang dimana arus beban puncak rata-rata per penyulang pada bulan Januari 2023 sebesar 1.293 Amp dan arus beban puncak pada bulan Februari 2023 sebesar 1.311 Amp. Oleh karena rata-rata arus beban puncak per penyulang pada bulan Februari 2023 lebih besar dibandingkan dengan rata-rata arus beban puncak pada bulan Januari 2023 sehingga menimbulkan rugi beban puncak per penyulang pada bulan Februari 2023 menjadi lebih besar, yaitu 33,5 kW dibandingkan dengan bulan Januari 2023 yang hanya sebesar 32,6 kW. Untuk data arus beban puncak dan rugi beban puncak JTM Rayon Singkil selengkapnya ditunjukkan pada Tabel II.

TABEL II
DATA ARUS BEBAN PUNCAK DAN RUGI BEBAN PUNCAK JTM

Bulan	Jlh. Peny. (BH)	Panjang JTM (KMS)	Node per Penyulang/ Jurusan	LF TM	Faktor Kerja	Periode Waktu (Jam)	Panjang Penyul. Rata-rata/LsF (kms)	Rata-rata I_{BP} per Peny. (Amp)	Tahanan Total TM (Ohm/km)	Faktor Koreksi (0,2-1,4)	Rugi Beban Puncak per Penyulang (kW)
Jan'23	4	140	26	0,30	0,85	744	35	1.293	0,46	0,48	32,6
Feb'23	4	140	26	0,30	0,85	672	35	1.311	0,46	0,48	33,5

Berdasarkan data pada Tabel I dan II, maka susut teknis JTM dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (6). Sebagai contoh susut teknis JTM yang

dihitung hanya pada bulan Januari 2023, hasilnya yaitu:

$$S_{(kWh)3\ fasa} = 3 \times \sum_{1}^n n^2 \times I_{gw}^2 \times R_{gw} \times LsF \times t \times F_{koe} \times 10^{-3} \text{ kWh}$$

$$S_{JTM} = 3 \times \left(\frac{I_{ek}}{\sqrt{3} \times V_{tm}} \right)^2 \times \left(\frac{R}{1000} \right) \times LsF \times Fk$$

$$S_{JTM} = 3 \times \left(\frac{1293}{\sqrt{3} \times 19} \right)^2 \times \left(\frac{0.46}{1000} \right) \times 35 \times 0.48$$

$$S_{JTM} = 33 \text{ kW}$$

Maka Energi susut JTM dapat diketahui:

$$E_{Susut\ JTM} = \text{Jlh. Peny.} \times \text{Rugi-BP Peny.} \times \text{LLF} \times t$$

$$E_{Susut\ JTM} = 4 \times 33 \text{ kW} \times 0,15 \times 744 \text{ Jam}$$

$$E_{Susut\ JTM} = 14.841 \text{ kWh}$$

Jadi, dengan persamaan dan perhitungan yang sama maka hasil susut teknis serta energi susut JTM selengkapnya ditunjukkan pada Tabel III.

TABEL III
SUSUT JTM PADA PT PLN RAYON SINGKIL

Bulan	Rugi Beban Puncak per Penyulang (kW)	Faktor Susut (LLF)	Periode Waktu (Jam)	Energi Susut JTM (kWh)	Energi Susut JTM vs Input JTM (%)	Energi Susut JTM vs Input Penerimaan Total (%)
Jan'23	33	0,15	744	14.841	0,89	0,89
Feb'23	34	0,15	672	13.790	0,90	0,90

Dari Tabel III menunjukkan bahwa susut teknis JTM pada bulan Januari 2023 sebesar 14.841 kWh lebih besar jika dibandingkan dengan susut teknis JTM bulan Februari 2023 yaitu sebesar 13.790 kWh. Tetapi secara persentase, susut teknis JTM bulan Februari 2023 yaitu sebesar 0,9% lebih besar dibandingkan dengan bulan Januari 2023 yaitu sebesar 0,89%. Jadi, dapat disimpulkan bahwa susut teknis JTM rata-rata bulan Januari dan Februari 2023 dengan jumlah penyulang 4 buah terjadi kenaikan persentase dari 0,89% menjadi 0,9% dimana diketahui bahwa periode jumlah hari pada bulan Februari lebih sedikit dibandingkan dengan bulan Januari.

B. Perhitungan Susut Teknis Trafo

Perhitungan susut teknis trafo dapat diketahui berdasarkan data energi penerimaan trafo yang diperoleh dari selisih antara energi terima JTM (kWh) dengan susut JTM (kWh), yaitu energi terima trafo (kWh) pada bulan Januari 2023 sebesar 1.651.150 kWh. Hasil tersebut lebih besar dibandingkan dengan energi terima trafo pada bulan Februari 2023, yaitu 1.512.424 (kWh). Untuk jumlah energi penerimaan trafo PT. PLN

Rayon Singkil selengkapnya ditunjukkan pada Tabel IV.

TABEL IV
DATA ENERGI PENERIMAAN TRAF0

Bulan	Energi Terima JTM (kWh)	Susut TM (kWh)	Energi Terima Trafo (kWh)
Jan'23	1.665.991	14.841	1.651.150
Feb'23	1.526.214	13.790	1.512.424

Selanjutnya, wilayah kerja Rayon Singkil memiliki 101 unit trafo distribusi dengan total daya trafo adalah sebesar 6.805 kVA dan rata-rata arus beban puncak per trafo pada bulan Januari dan Februari adalah sebesar 26Amp serta faktor kerja trafo sebesar 0,85. Dari 101 unit trafo distribusi, masing-masing juga memiliki rugi beban puncak yaitu pada bulan Januari dan Februari sebesar 2,9 kW meskipun memiliki periode waktu atau jam operasi yang berbeda dikarenakan adanya perbedaan jumlah hari pada bulan Januari dan Februari 2023. Adapun data arus beban puncak dan rugi beban puncak (BP) pada trafo distribusi selengkapnya ditunjukkan pada Tabel V.

TABEL V
DATA ARUS BEBAN PUNCAK DAN RUGI BEBAN PUNCAK TRAF0

Bulan	Jumlah Trafo (Unit)	Total Daya Trafo (KVA)	Faktor Beban (LF Trafo)	Faktor Kerja (FkT trafo)	Periode Waktu (Jam)	Rata-rata I _{BP} per Trafo (Amp)	Rugi Besi	Rugi Tembaga	Rata-rata kVA Trafo	Faktor Koreksi (0,2 – 1,4)	Faktor Susut (LLF)	Rugi BP. per Trafo (kW)
Jan'23	101	6.805	0,30	0,85	744	26	0,20	1,04	67	1,83	0,14	2,9
Feb'23	101	6.805	0,30	0,85	672	26	0,20	1,04	67	1,83	0,14	2,9

Dari data Tabel IV dan V, susut teknis trafo dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (9), Sebagai contoh yang dihitung hanya susut teknis trafo pada bulan Januari 2023, hasilnya yaitu:

$$S_{(kWh)TRF} = (S_{fe} + S_{cu} \times K^2) \times LsF \times F_{kor} \times t \times 10^{-3} \text{ kW}$$

$$S \text{ kwh trf} = \left(\frac{I_{ek}}{\sum_{1}^n KVA_{Trf}} \right)^2 \times (Rugi\ Tembaga) + \frac{Rugi\ Besi}{LLF} \times Fk$$

$$S \text{ kwh trf} = \left(\frac{26}{6805} \right)^2 \times (1,04) + \frac{0,2}{0,14} \times 1,83$$

$$S \text{ kwh trf} = 2,9 \text{ kW}$$

Sehingga didapatkan:

$$\begin{aligned} \text{Susut Trafo} &= S \text{ kWh trf} \times \text{Jlh trafo} \times \text{LLF trafo} \times t \\ &= 2,9 \times 101 \times 0,14 \times 744 \\ &= 29.886 \text{ kWh} \end{aligned}$$

Jadi, dengan persamaan dan perhitungan yang sama maka susut teknis serta energi susut trafo selengkapnya

ditunjukkan pada Tabel VI.

TABEL VI
SUSUT TRAF0 PADA PT PLN RAYON SINGKIL

Bulan	Rugi Beban Puncak per Trafo (kW)	Faktor Susut (LLF)	Periode Waktu (Jam)	Energi Susut Trafo (kWh)	Energi Susut Trafo vs Input Trafo (%)	Energi Susut Trafo vs Input Penerimaan Total (%)
Jan'23	2,9	0,14	744	29.886	1,81	1,79
Feb'23	2,9	0,14	672	27.375	1,81	1,79

Dari Tabel VI menunjukkan bahwa susut teknis trafo distribusi pada bulan Januari 2023 dan Februari 2023 sama-sama sebesar 1.79%, artinya tidak ada kenaikan susut pada bulan-bulan tersebut. Pada tabel juga menunjukkan bahwa susut teknis trafo rata-rata bulan Januari dan Februari 2023 dengan jumlah trafo 3 fasa sebanyak 101 unit adalah sama-sama sebesar 1,81% (tidak mengalami kenaikan), meskipun secara susut kWh trafo turun dari 29.886 kWh menjadi 27.375 kWh, tetapi apabila dibandingkan dengan penerimaan secara persentase adalah tetap (tidak terjadi kenaikan) sehingga peluang untuk menambah jumlah trafo 3 fasa masih bisa dilakukan. Namun, apabila dibandingkan dengan susut JTM, susut trafo masih jauh lebih besar dibandingkan dengan susut JTM sehingga masih perlu perbaikan pada sisi trafo, dimana persentase dan susut kWh yang hilang masih cukup besar, dan berpeluang untuk dilakukan perbaikan.

C. Perhitungan Susut Teknis JTR

Perhitungan susut teknis JTR dapat dilakukan setelah memiliki data energi terima JTR, arus beban puncak JTR, dan rugi beban puncak JTR, selengkapnya ditampilkan pada Tabel VII, Tabel VIII, dan Tabel IX.

TABEL VII
DATA ENERGI PENERIMAAN JTR

Bulan	Energi Terima Trafo (kWh)	Susut Trafo (kWh)	E-Pemakaian Sendiri GD (kWh)	Energi Terima JTR (kWh)
Jan'23	1.651.150	29.886	7.142	1.614.122
Feb'23	1.512.424	27.375	6.681	1.478.369

TABEL VIII
DATA ARUS BEBAN PUNCAK JTR

Bulan	Node per Jurusan	Jumlah Trafo	Faktor Beban (LF JTR)	Faktor Kerja JTR	Periode Waktu (Jam)	Rata-rata I _{BP} Per Jurusan (Amp)
Jan'23	17	206	0,30	0,85	744	31
Feb'23	17	206	0,30	0,85	672	32

TABEL IX
DATA RUGI BEBAN PUNCAK JTR

Bulan	Rata-rata Panjang Jur. Trafo (kms)	Total Tahanan Penghantar (Ohm/km)	Faktor Koreksi (Fk)	Rugi BP Jurusan (kW)
Jan'23	0,838	1,09	0,43	2,7
Feb'23	0,838	1,09	0,43	2,7

Data pada Tabel VII menunjukkan bahwa penerimaan energi JTR diperoleh dari selisih antara energi terima trafo (kWh) dengan susut trafo (kWh). Dari hasil tersebut maka dapat diketahui juga besaran energi terima JTR (kWh), yaitu pada bulan Januari 2023 sebesar 1.614.122 kWh lebih besar dibanding dengan

bulan Februari sebesar 1.478.369 kWh.

Data pada Tabel VIII menunjukkan bahwa terdapat sebanyak 206 jumlah trafo distribusi yang melayani wilayah kerja Rayon Singkil dengan arus beban puncak rata-rata per JTR, yaitu pada bulan Januari 2023 sebesar 31 Amp dan Februari 2023 sebesar 32 Amp.

Selanjutnya, data pada Tabel IX menunjukkan bahwa rugi beban puncak jurusan pada bulan Januari 2023 adalah sama, yaitu sama-sama sebesar 2,7 kW. Berdasarkan semua data tersebut dan dengan menggunakan persamaan (18) maka susut teknis JTR didapatkan sebagai berikut:

$$S_{(kWh)3 fasa} = 3x \sum_1^n n^2 x I_{gw}^2 x R_{gw} x LSF x t x F_{koe} x 10^{-3} kWh$$

$$S_{(kWh)3 fasa} = 3 \times \left(\frac{I_{ek}}{\sqrt{3} \times V_{TR}} \right)^2 \times \left(\frac{R_{TR}}{\sum_1^n L_{TR}} \right) \times F_k$$

$$S_{(kWh)3 fasa} = 3 \times \left(\frac{31}{\sqrt{3} \times 380} \right)^2 \times \left(\frac{1,09}{0,838} \right) \times 0,43 = 2,7 kW$$

Maka susut JTR didapatkan:

$$\begin{aligned} \text{Susut JTR} &= JI_{Jurusan} \times S \times LLF_{TR} \times t \\ &= 206 \times 2,7 \times 0,12 \times 744 \\ &= 48.295 kWh \end{aligned}$$

Jadi, dengan persamaan dan perhitungan yang sama maka susut teknis serta energi susut JTR selengkapnya ditunjukkan pada Tabel X.

TABEL X
SUSUT TEKNIS JTR RAYON SINGKIL

Bulan	Faktor Susut (LLF)	Energi Susut JTR (kWh)	Energi Susut vs Input JTR (%)	Energi Susut vs Input Penerimaan Total (kW)
Jan'23	0,12	48.295	2,99	2,90
Feb'23	0,12	44.854	3,03	2,94

Tabel X menunjukkan bahwa susut teknis JTR pada bulan Januari 2023 adalah sebesar 2,9% dan bulan Februari 2023 sebesar 2,94% sehingga terdapat kenaikan susut sebesar 0,04%. Namun, pada sisi energi (kWh) JTR mengalami penurunan, yaitu dari 48.295 kWh (bulan Januari) turun menjadi 44.854 kWh (bulan Februari). Jadi, hasil tersebut menunjukkan bahwa susut JTR masih lebih besar apabila dibandingkan dengan susut JTM dan Trafo, sehingga masih perlu perbaikan pada sisi JTR, dimana persentase dan susut kWh yang hilang masih cukup besar, dan berpeluang untuk dilakukan perbaikan.

D. Perhitungan Susut Teknis SR

Perhitungan susut teknis SR didapatkan berdasarkan data energi terima SR, arus beban puncak SR, dan rugi beban puncak SR. Adapun data selengkapnya ditunjukkan pada Tabel XI, Tabel XII, dan Tabel XIII.

TABEL XI
DATA ENERGI PENERIMAAN SR

Bulan	Energi Terima JTR (kWh)	Susut JTR (kWh)	Energi Terima SR (kWh)
Jan'23	1.614.122	48.295	1.565.827
Feb'23	1.478.369	44.854	1.433.515

TABEL XII
DATA RUGI BEBAN PUNCAK SR

Bulan	Rata-rata Panjang SR Pelanggan (kms)	Total Tahanan Penghantar (Ohm/km)	Faktor Koreksi (Fk)	Rugi BP Jurusan (kW)
Jan'23	0,035	1,09	3,76	0,00369
Feb'23	0,035	1,09	3,76	0,00369

TABEL XIII
DATA ARUS BEBAN PUNCAK SR

Bulan	Jumlah Konsumen (plg.)	Faktor Beban (LF SR)	Faktor Kerja SR	Periode Waktu (Jam)	Rata-rata I _{BP} Per SR (Amp)
Jan'23	10.324	0,25	0,70	744	1,16
Feb'23	10.457	0,25	0,70	672	1,17

Data pada Tabel XI menunjukkan bahwa penerimaan energi SR diperoleh dari selisih antara energi terima JTR (kWh) dengan susut JTR (kWh). Dari hasil tersebut maka dapat diketahui juga besaran energi terima SR (kWh), yaitu pada bulan Januari 2023 sebesar 1.565.827 kWh lebih besar dibandingkan dengan bulan Februari sebesar 1.433.515 kWh.

Data pada Tabel XII menunjukkan bahwa terdapat sebanyak 10.324 jumlah total pelanggan di wilayah kerja Rayon Singkil dengan arus beban puncak SR per pelanggan, yaitu pada bulan Januari 2023 sebesar 1,16 Amp dan Februari 2023 sebesar 1,17 Amp.

Selanjutnya, data pada Tabel XIII menunjukkan bahwa rugi beban puncak jurusan pada bulan Januari 2023 adalah sama, yaitu sama-sama sebesar 2,7 kW. Berdasarkan semua data tersebut dan dengan menggunakan persamaan (22) maka susut teknis SR didapatkan sebagai berikut:

$$S_{(kWh)} = 2 \cdot I_{SR}^2 \cdot R_L \cdot LsF \cdot t \cdot 10^{-3} kWh$$

$$S = 2 \times \left(\frac{R_{SR}}{1000}\right)^2 \times \sum_1^n I_{SR} \left(\frac{I_{ek}}{0,22}\right)^2 \times F_k$$

$$S = 2 \times \left(\frac{1,09}{1000}\right)^2 \times \sum_1^n 0,035 \left(\frac{0,00369}{0,22}\right)^2 \times 3,76$$

$$S = 0,00369 kW$$

$$S = \frac{Jl. Konsumen \times Rugi Beban Puncak SR \times t}{(Jl. Konsumen \times t \times 1) + 1000}$$

$$S = 10.324 \times 0,00369 \times t + \frac{(10.324 \times 744 \times 1)}{1000} = 36.003 kWh$$

Jadi, dengan persamaan dan perhitungan yang sama maka susut teknis serta energi susut SR selengkapnya ditunjukkan pada Tabel XIV.

TABEL XIV
SUSUT TEKNIS SR RAYON SINGKIL

Bulan	Energi Susut SR (kWh)	Energi Susut vs Input SR (%)	Energi Susut vs Input Penerimaan Total (%)
Jan'23	36.003	2,30	2,16
Feb'23	32.974	2,30	2,16

Dari hasil perhitungan (Tabel XIV) menunjukkan bahwa susut teknis SR pada wilayah kerja Rayon Singkil sebesar 2,16% dari susut distribusi total atau setara dengan 36.003 kWh pada bulan Januari 2023 dan 32.974 kWh pada bulan Februari 2023. Jadi, dapat disimpulkan bahwa untuk susut SR masih cukup tinggi dan masih sangat berpotensi untuk dilakukan upaya perbaikan seperti perbaikan titik sambungan dan perbaikan SR deret/seri.

E. Komposisi Susut Teknis

Setelah dilakukan perhitungan pada berbagai segmen, maka didapatkan komposisi susut teknisnya baik pada sisi TM, trafo, JTR, dan SR. Pada bulan Januari 2023 memiliki besaran energi susut distribusi total sebesar 173.912 kWh atau 10,4% dan bulan Februari 2023 memiliki besaran energi susut distribusi total sebesar 130.965 kWh atau 8,6%. Adapun susut teknis pada bulan Januari dan Februari ditunjukkan pada Tabel XV dan Tabel XVI.

TABEL XV
KOMPOSISI SUSUT TEKNIS BULAN JANUARI 2023 PADA RAYON SINGKIL

Data	Satuan	Segmen			
		TM	Trafo	JTR	SR
<i>Input</i>	kWh	1.665.991	1.651.150	1.614.122	1.565.827
Jumlah penyulang/trafo/jurusan/konsumen	bh	4	101	206	10.324
Panjang JTM/kVA trafo/JTR/SR	kms	140,01	6.805	172.538	361.340
Panjang/kVA trafo rata-rata	kms	35	67	0,838	0,035
<i>Node</i> per penyulang/jurusan		26		17	
Rugi besi			0,20		
Rugi tembaga			1,04		
Rata-rata I_{BP} Penyulang/trafo/jurusan/konsumen	kVA	1.293	26	31	1,17
Susut <i>non</i> teknis	kWh		44.887		11.973
Susut teknis	kWh	13.790	27.375	44.854	32.974
Susut <i>non</i> teknis	%		2,7		0,8
Susut teknis	%		7,7		7,6
Susut total	%		10,4		8,6
Rugi BP per penyulang/trafo/jurusan/konsumen	kW	33	2,9	2,7	0,00369
Energi susut	kWh	14.841	29.886	48.295	36.003
Energi susut vs <i>input</i>	%	0,9	1,8	3,0	2,3
Energi susut vs <i>input</i> total	%	0,9	1,8	2,9	2,2

TABEL XVI
KOMPOSISI SUSUT TEKNIS BULAN FEBRUARI 2023 PADA RAYON SINGKIL

Data	Satuan	Segmen			
		TM	Trafo	JTR	SR
<i>Input</i>	kWh	1.526.214	1.512.424	1.478.369	1.433.515
Jumlah penyulang/trafo/jurusan/konsumen	bh	4	101	206	10.457
Panjang JTM/kVA trafo/JTR/SR	kms	140,01	6.805	172.538	365.995
Panjang/kVA trafo rata-rata	kms	35	67	0,838	0,035
<i>Node</i> per penyulang/jurusan		26		17	
Rugi besi			0,20		
Rugi tembaga			1,04		
Rata-rata I_{BP} Penyulang/trafo/jurusan/konsumen	kVA	1.311	26	32	1,16
Susut <i>non</i> teknis	kWh		44.887		11.973
Susut teknis	kWh	14.841	29.886	48.295	36.003
Susut <i>non</i> teknis	%		2,7		0,8
Susut teknis	%		7,7		7,6
Susut total	%		10,4		8,6
Rugi BP per penyulang/trafo/jurusan/konsumen	kW	34	2,9	2,7	0,00369
Energi susut	kWh	14.841	29.886	48.295	36.003
Energi susut vs <i>input</i>	%	0,9	1,8	3,0	2,3
Energi susut vs <i>input</i> total	%	0,9	1,8	2,9	2,2

Hasil pada Tabel XV menunjukkan bahwa besaran komposisi susut teknis pada bulan Januari per segmen (JTM, Trafo, JTR dan SR). Energi susut teknis vs *input* total pada JTM sebesar 0,9%, susut teknis pada JTR sebesar 1,8%, susut teknis JTR sebesar 2,9% dan susut teknis SR sebesar 2,2%. Selanjutnya, pada Tabel XVI menunjukkan bahwa bulan Februari memiliki besaran komposisi susut per segmen, yaitu susut teknis JTM sebesar 0,9%, susut teknis Trafo sebesar 1,79%, susut teknis JTR sebesar 2,94% dan susut teknis SR sebesar 2,16%. Untuk susut teknis terbesar baik pada bulan Januari maupun Februari 2023 adalah pada segmen susut teknis JTR, yaitu sebesar 2,9% dan kedua terbesar adalah segmen susut teknis SR yaitu sebesar 2,2%.

Dari Tabel XV dan Tabel XVI menunjukkan bahwa susut teknis JTM bulan Januari dan Februari 2023

dengan 4 penyulang terjadi kenaikan persentase dari 0,89% menjadi 0,9% atau setara dengan energi 14.841 kWh menjadi 13.790 kWh. Dimana diketahui bahwa periode jumlah hari pada bulan Februari lebih sedikit dibandingkan bulan Januari. Susut teknis Trafo bulan Januari sebesar 1,81%, dan Februari 2023 sebesar 1,79% meskipun secara susut kWh trafo turun dari 29.886 kWh menjadi 27.375 kWh. Susut teknis JTR bulan Januari sebesar 2,9% dan Februari 2024 sebesar 2,94%, meskipun secara susut kWh JTR turun dari 48.295 kWh menjadi 44.854 kWh. Maka dilihat dari perhitungan susut JTR masih lebih besar dibanding dengan susut JTM dan Trafo. Selanjutnya, susut teknis SR bulan Januari diperoleh sebesar 2,16% dan bulan Februari 2023 sebesar 2,2% dari susut distribusi total. Maka dari hasil tersebut untuk susut SR masih cukup

tinggi.

Jadi berdasarkan hasil analisis, maka solusi yang dapat diterapkan oleh PT. PLN (Persero) Rayon Singkil dalam mengurangi susut teknis yaitu dengan melakukan peningkatan pemeliharaan infrastruktur, monitoring, pengelolaan sumber daya, dan penerapan teknologi baru serta membuat rencana tindak lanjut yang jelas dan terperinci juga metrik untuk mengukur keberhasilan implementasinya. Selanjutnya, untuk dapat mengurangi susut teknis juga perlu melibatkan pihak terkait dalam proses perbaikan, menetapkan mekanisme pelaporan, evaluasi berkala, dan melakukan edukasi serta pelatihan kepada staf terkait tentang pentingnya pengelolaan yang efisien agar dapat memantau kemajuan implementasi solusi serta berkontribusi secara aktif dalam upaya perbaikan susut teknis.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan analisa perhitungan susut teknis di PT. PLN (Persero) Rayon Singkil maka dapat disimpulkan bahwa energi susut distribusi total, susut teknis, dan susut *non* teknis pada Rayon Singkil di bulan Januari 2023 masing-masing sebesar 10,4%, 7,7%, dan 2,7 % sedangkan di bulan Februari 2023 masing-masing sebesar 8,6%, 7,8%, dan 0,8%. Komposisi susut teknis persegmen JTM, Trafo, JTR dan SR baik di bulan Januari maupun Februari 2023 masing-masing sebesar 0,89%, 1,8%, 3%, dan 2,3%. Untuk Susut teknis terbesar terjadi pada sisi JTR yaitu sebesar 3% dan terbesar kedua dari sisi SR yaitu sebesar 2,3%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. F. Ariyanti, "Identifikasi Penyebab Susut Energi Listrik PT PLN (Persero) Area Semarang Menggunakan Metode Failure Mode & Effect Analysis (FMEA)," *Ind. Eng. Online J.*, vol. 8, no. 1, pp. 1–8, 2019.
- [2] E. Ediwan, M. Muliadi, M. Mahalla, N. Nazaruddin, and A. Mulkan, "The Reconfiguration of Network at 20 kV Distribution System Nagan Raya Substation with the Addition of the Krueng Isep Hydroelectric Power Plant," *J. Nas. Tek. Elektro*, vol. 10, no. 2, pp. 62–70, 2021, doi: 10.25077/jnte.v10n2.888.2021.
- [3] N. G. Pahiyanti, S. Sukmajati, and M. R. Nur, "Penurunan Susut Jaringan Dengan Penertiban Pemakaian Tenaga Listrik," *J. Ilm. Sutet*, vol. 9, no. 1, pp. 36–45, 2019, doi: 10.33322/sutet.v9i1.502.
- [4] Desmira and N. Khoirunnisa, "Pengaruh Susut Energi (Losses) Pada Jaringan Distribusi (Studi Kasus : di PT . Krakatau Daya listrik)," *Energi dan Kelistrikan J. Ilm.*, vol. 12, no. 2, pp. 80–89, 2020.
- [5] R. Saputra, S. Sunardiyo, A. Nugroho, and S. Subiyanto, "Implementasi Multilayer Perceptron Artificial Neural Network untuk Prediksi Konsumsi Energi Listrik PT PLN (Persero) UP3 Salatiga," *ElektriKa*, vol. 15, no. 2, pp. 60–68, 2023, doi: 10.26623/elektriKa.v15i2.6411.
- [6] A. Arieyansyah and R. Mukhaiyar, "Penekanan Susut Non-Teknis dengan cara Optimalisasi Pelaksanaan P2TL di PT-PLN-(Persero)-ULP-Indarung," *Ranah Res. J. Multidiscip. Res. Dev.*, vol. 3, no. 4, pp. 269–278, 2021, doi: 10.38035/rj.v3i4.414.
- [7] A. Handoyo, "Analisa Perhitungan Susut Teknik Pada PT. PLN (Persero) UPJ Semarang Tengah," Universitas Diponegoro, 2011.
- [8] S. A. Firdaus, "Simulasi On Load Tap Changer Otomatis Pada Trafo Satu Fasa Berbasis Arduino Mega 2560 Dengan Monitoring Tegangan Pada Aplikasi Blynk," Universitas Diponegoro, 2021.
- [9] F. E. P. Surusa, Q. Aini, A. I. Pratiwi, and Y. Mohamad, "Analisis Susut Non Teknis Akibat Gangguan pada kWh Meter PT . PLN UP3 Gorontalo," *Jambura J. Electr. Electron. Eng.*, vol. 6, no. 1, pp. 32–38, 2024.
- [10] S. Syukri, T. M. Asyadi, M. Muliadi, and F. Moesnadi, "Analisa Pembebanan Transformator Distribusi 20 kV Pada Penyulang LS5 Gardu LSA 249," *Jambura J. Electr. Electron. Eng.*, vol. 4, no. 2, pp. 202–206, 2022, doi: 10.37905/jjee.v4i2.14500.
- [11] R. Franiko and R. Mukhaiyar, "Analisa Perbaikan Susut Non Teknis Dengan Pemetaan Pju Ilegal Di Ulp Sijunjung Menggunakan Gps Garmin Gpsmap64s," *J. Tek. Elektro Indones.*, vol. 4, no. 2, pp. 966–972, 2023.
- [12] Hamidah, "Pengawasan Susut Daya Listrik Oleh Perseroan Terbatas Perusahaan Listrik Negara Rayon Kota Pontianak," *J. S-1 Ilmu Adm. Negara*, vol. 6, no. 1, 2017.
- [13] S. Y. Berutu, Y. C. Aritonang, and Cholish, "Analisa Variasi Modifikasi APP Satu Phase Yang Dilakukan Pelanggan Yang Menyebabkan Susut Non Teknis," in *Konferensi Nasional Sosial dan Engineering Politeknik Negeri Medan*, 2022, no. 3, pp. 830–838.
- [14] D. Fitriawati and W. Ningsih, "Pengaplikasian KWH Meter Siaga Untuk Mengurangi Susut KWH Akibat Bypass Pada KWH Meter Prabayar," Universitas Gadjah Mada, 2018.
- [15] W. Setiawan Anjas and M. Ilham, "Analisis Pembebanan Trafo Sebelum Penambahan Gardu Sisipan Terhadap Besarnya Kapasitas Daya untuk Memperbaiki Pembebanan pada Gardu Distribusi," *Vertex Elektro*, vol. 14, no. 2, pp. 90–101, 2022.
- [16] Martunis, Muliadi, Syukri, T. M. Asyadi, and Misswar ABD, "Penentuan Kapasitas Transformator Sisip Untuk Mengatasi Beban Lebih Pada ULP Merduati Kota," *J. Tek. Elektro dan Komputasi*, vol. 5, no. 2, pp. 196–203, 2023.