

STUDI PERKIRAAN SUSUT TEKNIS DAN ALTERNATIF PERBAIKAN PADA PENYULANG KAYOMAN GARDU INDUK SUKOREJO

Primanda Arief Yuntiansyah¹, Ir. Unggul Wibawa, M.Sc.², Ir. Teguh Utomo, MT.³

¹Mahasiswa Teknik Elektro, ^{2,3}Dosen Teknik Elektro, Universitas Brawijaya

E-mail: yuntiansyah@gmail.com

Abstrak - Pada sistem tenaga listrik, susut energi merupakan salah satu ukuran efisien atau tidaknya suatu pengoperasian sistem distribusi tenaga listrik. Susut merupakan kerugian energi akibat masalah teknis dan non teknis pada penyaluran energi listrik. Selama ini perhitungan susut pada penyulang dilakukan dengan cara menghitung selisih kWh beli dan kWh jual pada penyulang. Dalam penelitian ini dilakukan perhitungan susut teknis yang lebih rinci, yaitu dengan menghitung susut konduktor dan susut transformator pada penyulang sehingga akan diketahui seberapa besar susut yang disebabkan konduktor dan transformator pada penyulang.

Dari hasil perhitungan didapatkan nilai susut teknis pada penyulang Kayoman 103,23 kW dan susut non teknis sebesar 22,78 kW. Sehingga susut pada penyulang kayoman adalah 126,02 kW. Selanjutnya dilakukan upaya perbaikan pada jaringan SUTM sehingga susut konduktor berkurang 41,4%. Sedangkan upaya perbaikan pada transformator menurunkan susut transformator sebesar 7,7%. Upaya perbaikan yang terakhir dengan cara memparalelkan penyulang berhasil menurunkan susut mencapai 50%.

Kata Kunci – Energi Listrik, Susut Teknis, Transformator, Perbaikan Susut.

I. PENDAHULUAN

Susut energi pada jaringan merupakan masalah utama PT. PLN (Persero) Area Pasuruan Distribusi Jawa Timur. Upaya yang dilakukan untuk menurunkan susut adalah memperbaiki jaringan yang ada dan menekan susut non teknis akibat pencurian listrik. Energi listrik yang hilang dalam perjalanan penyaluran energi listrik baik di saluran transmisi maupun distribusi disebut dengan rugi-rugi atau susut energi teknis. Sedangkan susut energi non teknis lebih berkaitan dengan pengukuran pemakaian energi listrik di sisi pelanggan. Perbaikan susut selama ini hanya mengacu pada sisi non

teknis, sehingga perlu dilakukannya perbaikan pada susut teknis pada penyulang.

Biasanya perhitungan susut energi pada sistem jaringan distribusi dilakukan menggunakan selisih energi terjual dengan yang diterima pada setiap penyulang. Mengingat pentingnya informasi mengenai besarnya susut pada suatu jaringan distribusi yang dipergunakan dalam perencanaan pengembangan jaringan, maka studi susut energi mengenai susut energi pada sistem jaringan distribusi yang meliputi susut saluran dan susut transformator perlu dilakukan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Susut Energi Pada Jaringan

Energi listrik yang hilang dalam perjalanan baik di saluran transmisi maupun di saluran distribusi disebut dengan rugi-rugi atau losses teknis. Sedangkan losses non teknis lebih banyak disebabkan oleh masalah-masalah yang berkaitan dengan pengukuran pemakaian energi listrik di sisi [1]. Sehingga Pada dasarnya susut energi pada sistem distribusi primer berdasarkan penyebabnya dapat dibedakan menjadi:

2.1.1 Susut energi teknis

Pada dasarnya Susut energi teknis ini berdasarkan susut energi pada komponen yang diakibatkan ada kesalahan pada komponen tersebut [1]. Sehingga berdasarkan Berdasarkan persamaan dasar susut daya [1] besar susut pada penghantar adalah:

$$P_{kond} = I^2 \cdot R_{sal} \quad (2-1)$$

Keterangan:

P_{kond} = Susut daya pada penghantar (W)
 R_{sal} = resistansi total penghantar (Ω)
 I = arus beban rata-rata (A)

Sedangkan susut transformator terdiri dari susut inti besi dan susut tembaga. Besarnya susut inti besi konstan (tidak dipengaruhi pembebanan pada transformator). Besarnya susut tembaga transformator Disebabkan resistansi di kumparan trafo. 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 tes hubung singkat. [2].

Rugi-rugi transformator daya dapat dituliskan dengan persamaan berikut [2]:

Arus nominal transformator

$$I_n = \frac{K_{trans}}{V} \text{ (A)} \quad (2-2)$$

Tahanan tembaga

$$R_{cu} = \frac{P_{cu}}{I_n^2} \text{ (\Omega)} \quad (2-3)$$

Susut tembaga

$$P_{cu} = I^2 R_{cu} \text{ (W)} \quad (2-4)$$

Susut total transformator

$$P_{trans} = P_{Fe} + P_{cu} \text{ (W)} \quad (2-5)$$

2.1.2 Susut energi non teknis

Susut energi non teknis merupakan susut energi yang bukan diakibatkan kesalahan sistem, dalam arti penyebab susut energi adalah dari luar sistem atau yang berhubungan dengan sistem [1].

2.2 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 juga dapat ditentukan dengan melihat rapat arus nominal suatu penghantarnya. Pada dasarnya, penentuan rapat arus ini berhubungan dengan suhu maksimum penghantar yang akan ditimbulkan oleh aliran arus [1]. Rapat arus (S) ini dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$S = \frac{I}{A} \quad (2-6)$$

Keterangan:

S = rapat arus (A/mm²)

A = luas penampang kabel (mm²)

I = arus lewat (A)

Berdasarkan konstruksi dan kuantitasnya juga akan mempengaruhi besarnya nilai resistansi dari penghantar, yang besarnya didasarkan oleh hukum Ohm dalam panas sebagai pengganti satuan listrik [1], yaitu:

$$R = \frac{\rho \cdot L}{A} \quad (2-7)$$

Keterangan:

R = nilai resistensi (Ω)

A = luas penampang penghantar (m²)

ρ = resistivitas bahan (Ω/m)

L = panjang penghantar (m)

Sedangkan besarnya nilai susut energi dalam kWh nya tiap bulan adalah [1]:

$$P_{kWh} = P_{susutTotal} \cdot F_{LS} \cdot 720 \quad (2-8)$$

Keterangan:

P_{kwh} = susut energi (kWh)

P_{susutTotal} = Susut daya total (W)

F_{LS} = faktor losses

2.3 Daya Listrik

Didalam sistem tenaga listrik dikenal tiga jenis daya listrik, yang masing-masing energi ini saling berhubungan dan dipengaruhi oleh besarnya nilai faktor kerja (Cos φ). Sebuah sumber listrik arus bolak-balik (AC), memasok daya listrik dalam bentuk daya aktif dan daya reaktif. Energi reaktif ini hanya ada jika bebannya berupa beban induktif atau beban kapasitif [3].

2.3.1 Daya Aktif

Daya ini dinyatakan dengan simbol P dengan satuan W atau kW. Daya aktif ini diperlukan untuk diubah kedalam bentuk energi lain, misalnya: energi panas, cahaya, dan sebagainya [3].

Besar dari daya aktif ini, dinyatakan dengan rumus:

$$P = V \cdot I \cdot \cos\theta \quad (2-9)$$

Keterangan:

P = Daya nyata (W)

V = Tegangan 1 fasa (volt)

cosθ = faktor daya

I = arus (ampere)

2.3.2 Daya Reaktif

Daya reaktif dinyatakan dengan simbol Q dengan satuan VAR (Volt Ampere Reaktif) atau kVAR. Jenis daya ini diperlukan untuk keperluan pembentukan medan magnet pada peralatan yang bekerja dengan sistem electromagnet [3]. Besar dari daya reaktif ini, dinyatakan dengan rumus:

$$Q = V \cdot I \cdot \sin\theta \quad (2-10)$$

Keterangan:

- V = Tegangan 1 fasa (V)
- I = arus (A)
- Q = Daya Reaktif (VAR)
- $\sin\theta$ = faktor kerja untuk daya reaktif

2.3.3 Daya Semu

Daya semu adalah daya yang terbentuk dari daya aktif dan reaktif, daya ini dinyatakan dengan simbol S dengan satuan (volt ampere/VA). Daya nyata ini merupakan penjumlahan vektor dari daya aktif dan reaktif [3].

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \quad (2-11)$$

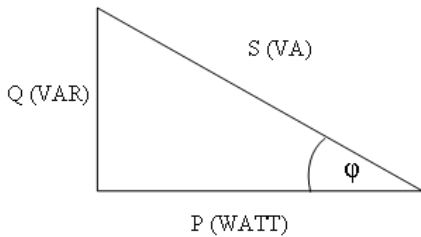
atau

$$S = V.I \quad (2-12)$$

Keterangan:

- S = daya semu (VA)
- Q = Daya Reaktif (VAR)
- P = daya nyata (W)
- I = arus (A)
- V = Tegangan 1 fasa (V)

Hubungan dari ketiga jenis daya ini dapat kita lihat pada gambar 2.1 berikut:



Gambar 2.1 Segitiga Daya
sumber : zuhal,1992

2.4 Faktor Beban

Faktor beban merupakan perbandingan dari nilai kebutuhan rata-rata dengan nilai kebutuhan maksimum. Besarnya faktor beban ditentukan dengan rumus berikut [4].

$$L_f = \frac{I_{rata-rata}}{I_{puncak}} \quad (2-13)$$

2.5 Faktor Losses

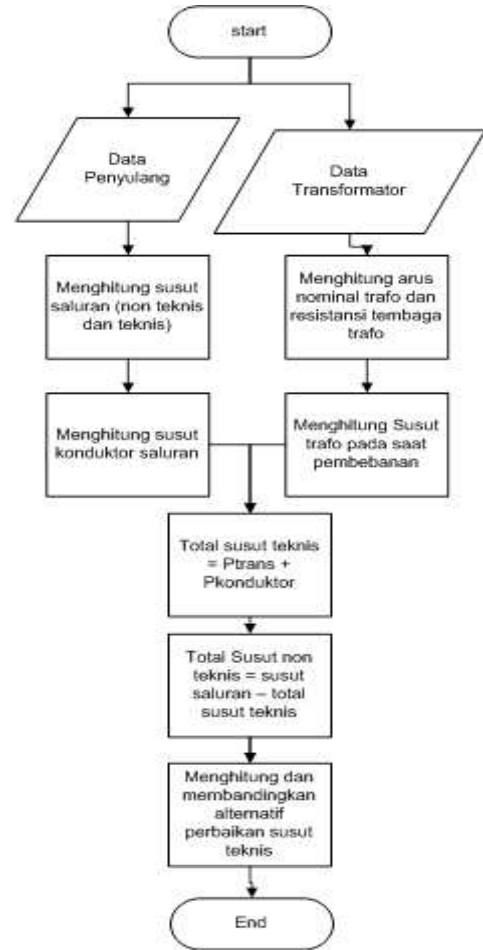
Faktor losses adalah merupakan faktor kerugian dari suatu penyulang. Definisinya merupakan perbandingan dari Jumlah susut energi total pada perioda

tertentu dengan nilai kerugian maksimum pada periode tersebut [1].

$$F_{LS} = 0,2L_f + 0,8L_f^2 \quad (2-14)$$

III. METODE PENELITIAN

Dalam penyusunan penelitian ini digunakan metodologi yang ditunjukkan pada gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian
Sumber: Penulis, 2014

3.1 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan dengan mempelajari buku-buku literatur tentang sistem dan keandalan jaringan distribusi 20 kV, yang mencakup sistem jaringan distribusi, karakteristik jaringan distribusi, klasifikasi jaringan distribusi, susut transformator distribusi, konduktor penghantar, macam-macam daya dan faktor-faktor yang mempengaruhi susut pada penyulang.

3.2 Survei dan Pengambilan Data

Kegiatan survei lapangan dilakukan untuk mengetahui kondisi riil dari obyek yang dibahas, data-data yang diperlukan, serta informasi penting lain yang terkait dengan permasalahan yang dibahas. Di skripsi ini survei dan pengambilan data dilakukan di penyulang Kayoman G.I Sukorejo PT. PLN Distribusi Area Pasuruan. Data yang diambil meliputi data penyulang dan data trafo distribusi pada penyulang Kayoman yang digunakan sebagai acuan dalam menghitung susut dan patokan alternatif perbaikannya.

Data – data yang digunakan dalam kajian ini terdiri dari data primer dan data sekunder.

1. Data Primer

Data primer adalah data yang diperoleh dari hasil pengukuran, perhitungan, dan pengamatan langsung di lapangan. Pada skripsi ini, data primer meliputi data tegangan penyulang, arus pembebanan penyulang dan arus pembebanan pada masing-masing transformator distribusi. Arus pembebanan dan tegangan pada penyulang didapatkan dengan cara mengamati arus pembebanan pada sisi *outgoing* penyulang Kayoman pada GI Sukorejo. Sedangkan untuk data arus pembebanan transformator distribusi didapatkan dari pengamatan arus pada masing-masing transformator menggunakan AMR (*automatic meter reading*) yang ada di PLN Area Pasuruan. Pada penyulang Kayoman, setiap transformator distribusi pada penyulang Kayoman mempunyai AMR, sehingga monitoring terhadap transformator dapat sepenuhnya dilakukan.

Pengambilan sampel data pada transformator distribusi dilakukan selama satu minggu dan diambil data arus setiap 30 menit dari masing-masing transformator untuk mengetahui karakteristik pembebanannya.

2. Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang bersumber dari buku referensi, jurnal, dan skripsi yang relevan dengan pembahasan skripsi ataupun yang terdapat pada lapangan (PLN GI Sukorejo, PLN Area Pasuruan, dan PLN Rayon Sukorejo). Pada penelitian ini, data sekunder yang diperlukan yaitu kWh jual-beli, resistansi konduktor, panjang penyulang, rugi inti besi dan rugi tembaga pada transformator.

kWh jual-beli didapatkan dari data pengendalian susut penyulang PLN Area Pasuruan. Resistansi konduktor dan panjang penyulang didapatkan dari GI Sukorejo. Sedangkan rugi-rugi transformator didapatkan dari katalog dan SPLN no.50.

3.3 Perhitungan dan Analisis Data

Setelah dilakukan survei dan pengambilan data maka data akan diolah untuk mendapatkan nilai yang diinginkan. Setelah mendapat nilai yang diinginkan maka akan dianalisis sesuai dengan teori yang ada untuk mendapatkan penyelesaian untuk mengurangi nilai susut penyulang Kayoman G.I Sukorejo PT. PLN Distribusi Area Pasuruan.

Dari data penyulang yang berupa kWh jual, kWh beli, arus penyulang, resistansi konduktor, panjang penyulang, dan Tegangan penyulang, akan dilakukan perhitungan susut kWh perbulan dengan cara mengurangkan kWh beli dengan kWh jual penyulang Kayoman. kWh beli adalah kWh yang dibeli PT. PLN Distribusi dari gardu induk Sukorejo. Sedangkan kWh jual adalah kWh yang terjual pada sisi pelanggan penyulang Kayoman.

3.4 Penarikan Kesimpulan

Dari analisis tersebut akan didapatkan kesimpulan berupa besar susut energi pada penyulang Kayoman dan alternatif perbaikannya. Besar susut meliputi besar susut teknis dan non teknis pada penyulang Kayoman, susut tahunan pada penyulang kayoman dan alternatif-alternatif perbaikannya yang meliputi perhitungana-perhitungan perbandingan sebelum dan sesudah dilakukan perbaikan.

IV. PEMBAHASAN

4.1 Perhitungan Susut Energi

Studi yang dilakukan adalah studi susut energi pada sebuah penyulang, yaitu penyulang Kayoman, nama ini merupakan identifikasi nama penyulang dari UPJ Sukorejo. Data spesifikasi objek studi ini didapatkan berdasarkan data-data dari UPJ Sukorejo dan APJ Pasuruan. Karena secara lokasi letak penyulang ini adalah dikawasan industri yaitu di kecamatan Sukorejo kabupaten Pasuruan, dengan berpangkal atau mengambil sumber dari Gardu Induk Sukorejo. Penyulang Kayoman adalah penyulang yang mempunyai konfigurasi berbentuk *loop* atau paralel, dimana penyulang ini merupakan penyulang (*feeder*) khusus APJ Pasuruan. Sehingga penyulang ini harus selalu diperhatikan keandalan pasokan energi listriknya.

Pelanggan pada penyulang kayoman merupakan pelanggan industri tegangan menengah 20kV. Terdapat 11 pelanggan industri tegangan menengah pada penyulang ini yang akan di tunjukan pada tabel 4.1. Industri memerlukan kualitas listrik yang baik, dengan adanya penyulang khusus diharapkan gangguan dan rugi-rugi bisa ditekan sekecil mungkin.

4.1.1 Susut Total Saluran

Setelah data didapatkan, perhitungan susut total saluran dihitung dari selisih kWh jual dan beli. Susut total pada penyulang kayoman sebesar 80.560 kWh. Sedangkan besar faktor pembebanan (L_f) penyulang kayoman bisa didapatkan dengan persamaan (2-13):

$$\begin{aligned} \text{Faktor Pembebanan } (L_f) &= \frac{I_{rata-rata}}{I_{puncak}} \\ &= \frac{206}{220} \\ &= 0,936 \end{aligned}$$

Sehingga didapatkan besar faktor *losses* (F_{LS}) dengan mengacu pada faktor pembebanan penyulang mengacu pada persamaan (2-18) sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Faktor Losses } (F_{LS}) &= 0,2L_f + 0,8L_f^2 \\ &= 0,2(0,936) + 0,8(0,936)^2 \\ &= 0,188 + 0,7 \\ &= 0,888 \end{aligned}$$

Sehingga, susut daya pada penyulang kayoman dapat dihitung dengan persamaan (2-8):

$$\begin{aligned} P_{susut} &= \frac{P_{kWh}}{F_{LS} \cdot 720} \\ &= \frac{80560}{0,888 \cdot 720} \\ &= \frac{80560}{639,26} \\ &= 126,02 \text{ kW} \end{aligned}$$

4.1.2 Susut konduktor

Susut konduktor adalah susut yang terjadi akibat adanya hambatan dalam pada konduktor penyulang. Konduktor yang digunakan pada penyulang Kayoman adalah tipe konduktor tanpa isolasi (kabel udara) dengan tipe kabel NA2XSERGbY 300mm² dengan daya hantar arus sebesar 400A. Besarnya Resistansi tipe kabel NA2XSERGbY pada penyulang Kayoman ($l=12.043$ m) ini adalah sebagai berikut:

$$P = 0,125 \Omega / km$$

Merujuk ke persamaan (2-7), Maka besar R keseluruhan adalah:

$$\begin{aligned} R_{sal} &= 0,125 \times 12,043 \\ &= 1,51 \Omega \end{aligned}$$

Sehingga didapatkan nilai susut konduktor berdasarkan persamaan (2-12) sebesar:

$$\begin{aligned} P_{kond} &= I^2 \cdot R_{sal} \\ &= 206^2 \cdot 1,51 \\ &= 63882,09W \\ &= 63,882 \text{ kW} \end{aligned}$$

4.1.3 Susut Transformator

Perhitungan susut transformator didapat dari penjumlahan susut masing-masing transformator distribusi. Susut transformator yang dimaksud disini adalah susut inti besi (P_{Fe}) dan susut tembaga (P_{cu}). Susut inti besi dianggap konstan karena susut inti besi tidak dipengaruhi pembebanan transformator, sedangkan susut tembaga transformator besarnya tergantung pada arus beban pada transformator. Susut inti besi didapatkan dari nameplate transformator. Untuk mendapatkan nilai susut tembaga pada transformator berbeban, pertama menghitung arus nominal transformator menurut persamaan (2-2). Selanjutnya menghitung resistansi tembaga yang mengacu pada persamaan (2-3). Setelah didapatkan resistansi tembaga, dilakukan perhitungan rugi tembaga dengan menggunakan arus rata-rata transformator. besarnya rugi tembaga mengacu pada persamaan (2-4). Dari perhitungan diatas didapatkan susut inti besi dan susut transformator, sehingga rugi transformator bisa didapatkan melalui persamaan (2-5).

Berikut tabel 4.1 susut transformator penyulang kayoman:

Tabel 4. 1 Susut transformator penyulang Kayoman

Nama Pelanggan	P_{Fe} (W)	P_{cu} (W)	P susut total (W)
PT. SADHANA	6500	119,976	6619,976
PT. KARYA DIBYA	5400	881,704	6281,704
ANWAR HENDRA	1750	7,069	1757,070
PT AKASHA WIRA	3600	196,152	3796,153
PT. HP SPINTEX	1750	319,564	2069,564
PT. REXPLAST	2300	165,198	2465,198
PT. TIRTA BAHAGIA	480	325,542	805,542
PT. NIAGA	2500	184,946	2684,946
PT. FORTUNA	3750	2972,530	6722,530
PT. SARIGUNA	3750	1656,837	5406,837
PT. SARIGUNA II	480	251,410	731,410
TOTAL	32260	7080,95	39350,944

Sumber: Hasil perhitungan. 2014

4.2 Total Susut Teknis

Total susut teknis adalah besarnya energi yang hilang dalam penyaluran daya listrik pada penyulang. Pada penelitian ini, susut teknis dibatasi hanya pada susut konduktor penyulang dan susut transformator daya pada penyulang.

Besarnya susut total teknis adalah:

$$\begin{aligned} P_{\text{teknis}} &= P_{\text{konduktor}} + P_{\text{transformator}} \\ &= 63.882,09 + 39.350,944 \\ &= 103.233,034 \text{ W} \end{aligned}$$

4.3 Susut Non Teknis

Susut non teknis adalah susut yang diakibatkan oleh hal-hal non teknis seperti kesalahan pembacaan meter, pencurian listrik, gangguan dan lain-lain. Besarnya susut non teknis bisa dihitung dari selisih susut total saluran dengan susut teknis.

$$\begin{aligned} \text{Susut non teknis (kW)} &= \text{Susut total} - \text{Susut teknis} \\ &= 126,021 \text{ kW} - 103,23 \text{ kW} \\ &= 22,78 \text{ kW} \end{aligned}$$

4.4 Susut Energi Tahunan

Susut tahunan adalah besarnya susut energi dalam jangka waktu satu tahun. Pada PLN distribusi area Pasuruan, diadakan evaluasi susut energi pada beberapa periode waktu dalam setahun, yaitu perbulan, triwulan, dan pertahun. Evaluasi ini diperlukan untuk menekan susut energi pada penyulang.

Besar susut tahunan pada penyulang Kayoman menurut persamaan (2-1) adalah:

$$\begin{aligned} P_{\text{kWh}}(\text{tahunan}) &= P_{\text{susutTotal}} \cdot F_{\text{LS}} \cdot 8760 \\ &= 126,021 \cdot 0,888 \cdot 8760 \\ &= 980302,237 \text{ kWh} \end{aligned}$$

4.5 Alternatif Perbaikan Susut

Berdasarkan perhitungan terlihat bahwa nilai susut energi terbesar adalah pada penghantar dan transformator (susut teknis) sebesar 82% dari nilai susut totalnya. Untuk itu, dalam permasalahan ini penulis lebih memberikan solusi dengan memprioritaskan solusi penurunan susut energi pada penghantar dan transformator.

4.5.1 Perbaikan Susut Pada Jaringan SUTM

Perbaikan susut pada jaringan SUTM adalah perbaikan yang dilakukan hanya pada sisi penyulang yang dilakukan dengan cara menaikkan tegangan penyulang dan penggantian konduktor penyulang. Berikut adalah skenario-skenario perbaikan pada jaringan SUTM:

1. Menaikkan Tegangan Penyulang menjadi 21 kV

Maksud skenario 1 ini adalah menaikkan tegangan sumber dari gardu induk dari 20,4 kV menjadi

21 kV. Harga ini masih dalam toleransi SPLN 1 tahun 1978. Toleransi yang diizinkan sebesar 5% dari tegangan SUTM (20 kV).

Dapat dijelaskan dengan persamaan (2-9) sebagai berikut:

$$P_L = V_L \cdot I_L \cdot \cos \theta$$

$$P_1 = V_1 \cdot I_1 \cdot \cos \theta$$

Dimana:

$$P_L = \text{Daya pada perhitungan lapangan}$$

$$P_1 = \text{Daya pada skenario 1}$$

Daya pada saluran dianggap sama ($P_L = P_1$). Sehingga:

$$\begin{aligned} P_L = P_1 &= 20400 \cdot 206 \cdot 0,85 \\ &= 3572040 \text{ W} \\ &= 3572 \text{ kW} \end{aligned}$$

Pada perhitungan lapangan, dengan daya saluran sebesar 3.572 kW pada rating tegangan 20.400 V didapatkan arus saluran sebesar 206 A.

Sedangkan jika skenario 1 dijalankan, rating tegangan dinaikan sampai 21.000 V, maka mengacu pada persamaan (2-9) didapatkan:

$$\begin{aligned} I_1 &= \frac{P_1}{V_1 \cdot \cos \theta} \\ &= \frac{3572}{21 \cdot 0,85} \\ &= 200,1 \text{ A} \end{aligned}$$

Sehingga arus penyulang pada skenario 1 menjadi 200,1 ampere.

2. Mengganti Konduktor dengan Nilai Resistansi yang Lebih Kecil

Dapat terlihat bahwa nilai susut daya penghantar berbanding lurus dengan nilai resistansi penghantar. Semakin kecil resistansi pada penghantar, maka akan semakin kecil pula nilai susut daya pada penghantar. Dalam hal ini penulis mengambil solusi dengan mengganti tipe kabel NA2XSERGbY menjadi N2XSERGbY. Karena nilai resistansi N2XSERGbY lebih kecil daripada NA2XSERGbY, nilai resistansi tipe kabel N2XSERGbY adalah 0,0754 Ω /Km. Sehingga nilai totalnya dengan panjang penyulang 12,043 km adalah sebesar:

$$\begin{aligned} R_L &= 0,0754 \times 12,043 \\ &= 0,91 \Omega \end{aligned}$$

Sehingga besarnya susut setelah melakukan skenario 2 dan skenario 3 adalah:

$$\begin{aligned} P_{\text{kondbaru}} &= I^2 \cdot R_{\text{sal}} \\ &= 200,1^2 \times 0,91 \\ &= 36436,41 \text{ W} \end{aligned}$$

Besarnya susut konduktor setelah dilakukan skenario 1 dan skenario 2 adalah 36.436,41 W dari yang sebelumnya tanpa dilakukan skenario 1 dan skenario 2 sebesar 63.882,09 W. Susut konduktor berkurang sebanyak 26.445,68 W atau berkurang sebanyak 41,4 %.

4.5.2 Perbaikan Susut Pada Transformator

Penggunaan transformator yang tepat dapat ditinjau dari kebutuhan arus bebannya. Terdapat dua arus beban, yaitu arus rata-rata dan arus puncaknya. Pada pemilihan transformator yang tepat dilihat dari arus puncaknya agar transformator yang digunakan tidak kelebihan beban saat beban puncak.

Menurut SPLN 50, transformator akan bekerja efektif saat transformator dibebani dengan beban 80% dari kapasitas dayanya. Pada skenario ini dilakukan perhitungan dengan cara memperhitungkan beban puncak masing-masing pelanggan yang nantinya beban puncaknya akan dijadikan acuan pemakaian daya transformator dengan memampatkan beban puncaknya sebagai acuan beban transformator, atau dengan kata lain pemilihan kapasitas transformator dengan mengacu pada beban puncaknya yang nilainya dianggap 80% dari nilai daya transformator baru yang akan dipasang.

Rugi-rugi transformator dihitung menggunakan cara perhitungan rugi-rugi transformator pada perhitungan (4.1.3), sehingga didapatkan hasil perhitungan sesuai tabel 4.2. Berikut adalah tabel 4.2 perbaikan susut transformator dan rugi-ruginya:

Tabel 4.2 Rugi transformator menggunakan

Skenario Perbaikan susut transformator			
Daya Baru (kVA)	I_n (A)	R_{cu}	P'_{cu} (W)
1000	49.02	5.04	1225.45
1600	78.43	2.94	3463.7
100	4.9	66.59	79.11
400	19.61	11.96	1075.26
315	15.44	16.36	883.65
250	12.25	19.98	655.86
160	7.84	32.51	407.43
200	9.8	26.01	1202.7
1600	78.43	2.94	6728.5
1250	61.27	4	5111.75
100	4.9	83.23	805.03

Sumber: Hasil perhitungan, 2014

Besar susut transformator pada skenario ini adalah 36.318,44 W, atau berkurang 3.032,504 W (turun 7,77%).

4.5.3 Perbaikan Susut Dengan Cara Memparalelkan Penghantar

Pada perbaikan susut ini ditambahkan penghantar baru yang bertipe sama dan spesifikasi yang sama. Konduktor yang digunakan adalah konduktor yang identik dengan diameter 300 mm². Maksud dari skenario ini adalah untuk memperkecil susut konduktor dengan cara membagi arus penyulangannya.

Dengan skenario ini maka arus akan terbagi dua dengan nilai yang sama, $I_1 = I_2 = \frac{I}{2}$. Sehingga besarnya susut energi bisa diketahui.

$$I_1 = I_2 = \frac{I}{2} = \frac{206}{2} = 103 \text{ A}$$

Besar resistansi per-kilometer (P) dari aluminium 300 mm² adalah:

$$P = 0,125 \Omega / km$$

Merujuk ke persamaan (2-7), Maka besar R keseluruhan adalah:

$$R_{sal} = 0,125 \times 12,043 = 1,51 \Omega$$

Sehingga didapatkan nilai susut konduktor dengan skenario6 berdasarkan persamaan (2-1) sebesar:

$$P_{kond1} = I_1^2 \cdot R_{sal} = 106^2 \cdot 1,52 = 16966,36W$$

Dimana $P_{kond1} = P_{kond2}$, jadi besar P_{kond} menggunakan skenario ini adalah dua kali P_{kond1} yaitu 33.932,72 W. Jauh lebih kecil dibandingkan pada perhitungan lapangan yaitu 63.882 W.

V. PENUTUP

Dari penelitian ini, dapat disimpulkan:

1. Besar susut teknis pada penyulang Kayoman adalah 103,23 kW, sedangkan besar susut non teknisnya adalah 22,78 kW. Besar susut teknis lebih besar daripada susut non teknis, hal ini dikarenakan pelanggan pada penyulang adalah pelanggan 20kV (penyulang khusus) sehingga susut non teknis bisa ditekan.

2. Susut tahunan pada penyulang Kayoman adalah 980.302,237 kWh.
3. Perbaikan susut pada jaringan SUTM susut konduktor berkurang sebanyak 26.445,68 W (turun 41,4%). Sedangkan perbaikan susut pada transformator susut berkurang sebanyak 3.032,504 W (turun 7,77%). Perbaikan susut dengan cara memparalelkan penghantar susut turun 46,88%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Muchyi, Abdul. 2009. *“Studi Perkiraan Susut Energi dan Alternatif Perbaikan pada Penyulang”*. Universitas Indonesia. Jakarta.
- [2] Waluyo. 2007. *“Perhitungan Susut Daya Pada Sistem Distribusi Tegangan Menengah Saluran Udara dan Kabel”*. Jurnal sains dan teknologi EMAS. Bandung.
- [3] Zuhail. 2000. *“Dasar Teknik Tenaga Listrik dan Elektronika Daya”*. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- [4] Kadir, Abdul. 2000. *“Distribusi dan Utilitas Tenaga Listrik”*. UI-Press. Jakarta