

## Analisa Susut Teknis Pada Transformator Distribusi Di Wilayah Kerja PT. PLN (Persero) ULP Bawean

**Muhammad Azrul Gunawan**

Jurusan Teknik Elektro, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya

Email: [ayungi151@gmail.com](mailto:ayungi151@gmail.com)

**Hadi Tasmono**

Jurusan Teknik Elektro, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya

Email: [haditasmono@untag-sby.ac.id](mailto:haditasmono@untag-sby.ac.id)

Jl. Semolowaru 45 Surabaya 60118, Telp. (031)5931800, Fax.( 031)5927871

Korespondensi penulis: [ayungi151@gmail.com](mailto:ayungi151@gmail.com)

**Abstract.** Along with the development of the times, the need for electricity is very necessary. Electrical energy is one of the energy that is needed in using equipment that is related to electrical energy such as household, office and commercial industrial equipment that requires electrical energy. Bawean Island is one of the islands that requires a large amount of electricity due to the growing development of these sectors. With the rapid development of large-scale developments, the need for electricity needs to be increased in order to meet people's demands related to electricity needs. Technical losses are losses that occur for technical reasons where energy is reduced by turning into heat or heat energy. Basically technical losses occur based on energy losses in components caused by errors in the components themselves. Technical losses that occur in distribution transformers are common. In principle, losses always occur because efficiency cannot be 100%. Energy is lost along with distribution from upstream to downstream of distribution transformers. Based on the formulation of the problem taken, the researchers calculated losses at neutral currents, copper losses, total losses, output power and total losses in the form of prices. From the results of the conclusions above, it can be seen that the greater the current in the neutral of the transformer, the more losses that occur in the transformer.

**Keywords:** Technical shrinkage, loading, distribution transformers.

**ABSTRAK.** Seiring berkembangnya zaman kebutuhan listrik sangat diperlukan. Energi listrik yaitu salah satu energi yang sangat dibutuhkan dalam menggunakan peralatan-pralatan yang ada kaitannya dengan energi listrik seperti peralatan industri rumah tangga, perkantoran maupun komersial yang membutuhkan energi listrik. Pulau Bawean merupakan salah satu pulau yang dalam menggunakan kebutuhan listrik cukup besar karena semakin berkembangnya pembangunan pada sektor-sektor tersebut. Dengan berkembang pesatnya pembangunan yang besar, kebutuhan listrik perlu ditingkatkan agar memenuhi permintaan masyarakat terkait dengan kebutuhan listrik. Susut teknis merupakan susut yang terjadi karena alasan teknik dimana energi menyusut dengan berubah menjadi energi kalor atau panas. Pada dasarnya susut teknis terjadi berdasarkan susut energi pada komponen yang diakibatkan adanya kesalahan pada komponen itu sendiri. Susut teknis yang terjadi pada Transformator distribusi ini merupakan hal biasa terjadi. Pada prinsipnya selalu terjadi susut karena efisiensi yang dimiliki tidak mungkin 100%. Energi hilang seiring dengan penyaluran mulai dari hulu sampai hilir Transformator distribusi. Berdasarkan rumusan masalah yang di ambil maka peneliti melakukan perhitungan susut pada arus netral, susut tembaga, susut total, daya yang keluar dan susut total dalam bentuk harga. Hasil dari kesimpulan di atas dapat diketahui bahwa Semakin besar arus pada netral transformator maka semakin banyak susut yang terjadi pada transformator.

**Kata kunci:** Susut Teknis, Pembebanan, Transformator Distribusi.

## **LATAR BELAKANG**

Seiring berkembangnya zaman kebutuhan listrik sangat diperlukan. Energi listrik yaitu salah satu energi yang sangat dibutuhkan dalam menggunakan peralatan-pralatan yang ada kaitannya dengan energi listrik seperti peralatan industri rumah tangga, perkantoran maupun komersial yang membutuhkan energi listrik. Dengan berkembangnya dunia industri, perkantoran dan komersial akan meningkat apabila kebutuhan listrik yang digunakan dalam memenuhi kebutuhan-kebutuhan tersebut.

Kebutuhan listrik sangat membutuhkan energi listrik yang sangat besar, karena di seluruh kota terdapat masyarakat yang dalam kesehariannya menggunakan energi listrik. Pulau Bawean merupakan salah satu pulau yang dalam menggunakan kebutuhan listrik cukup besar karena semakin berkembangnya pembangunan pada sektor-sektor tersebut. Dengan berkembang pesatnya pembangunan yang besar, kebutuhan listrik perlu ditingkatkan agar memenuhi permintaan masyarakat terkait dengan kebutuhan listrik.

## **KAJIAN TEORITIS**

### ***State of The Art***

Dalam studi ini, peneliti Menyusun beberapa sumber referensi yang digunakan untuk melakukan studi perhitungan esusut teknis pada transformator daya. Fokus studi adalah Menghitung Rugi-Rugi Netral, Rugi-Rugi Transformator Dalam Interfal 1 Hari, Rugi-Rugi Total Transformator Menggunakan Microsoft Excel (Master Manajemen Transformator) Tujuan utama dari studi ini adalah untuk membahas tentang berapakah nilai susut yang terjadi dalam 1 tahun serta cara mengurangnya.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Hamles L. Latupeirissa dapat dilihat bahwa presentai susut (rugi) daya yang terjadi pada penyulang/feeder Karpan I kota Ambon dapat disimpulkan bahwa rugi/susut daya nyata penyulang 16031,66 Watt atau sebesar 18,10 % dibandingkan kapasitas beban penyulang yang ada sampai sebesar 2349501,26 Watt, sedangkan rugi/susut daya nyata per gardu berkisar antara 582.92 Watt sampai dengan 1001,78 Watt. Susut daya terkecil terjadi pada gardu KTAKP1007 (0,42%) dan susut daya terbesar terjadi pada gardu KTAKP1008 (1,15 %). Hasil yang diperoleh ini menggunakan perhitungan manual sehingga kurang efisien dalam waktu dan hasilnya.

### **Sistem Tenaga Listrik**

Sistem tenaga listrik adalah sebuah sistem yang terdiri dari beberapa bagian yaitu sistem transmisi dan gardu induk, sistem pembangkitan, sistem distribusi dan sistem sambungan

pelayanan yang saling berkaitan sehingga membentuk sebuah sistem baru yang bertujuan untuk menyalurkan tenaga listrik dari pembangkit sampai ke konsumen.

Keempat sistem tersebut memiliki konstruksi yang dapat berupa saluran udara atau saluran bawah tanah. Pemilihan dalam konstruksi ini dapat dilihat dengan mempertimbangkan kebijakan manajemen, masalah kontinuitas pelayanan, jenis pelanggan, jenis beban terhadap permintaan khusus konsumen tenaga listrik, susut energi, dan masalah biaya investasi.

### **Waktu Beban Puncak Dan Luar Beban puncak**

PLN, menggunakan dua istilah yaitu untuk membedakan antara waktu pemakaian listrik para pelanggannya, yaitu: Waktu Beban Puncak (WBP) dan Luar Waktu Beban Puncak (LWBP). Disebut WBP karena waktu pemakaian listrik dikerjakan secara bersamaan oleh mayoritas masing-masing pelanggan PLN di dalam rumahnya. Batas rentang waktu yang termasuk kategori WBP, umumnya berlangsung antara pukul 17.00 s/d 22.00. Sedangkan Luar Waktu Beban Puncak merupakan pemakaian listrik kebalikan dari Waktu Beban Puncak. Pemakaian listrik di saat WBP tidak selalu berlangsung selama 5 jam (17.00 s/d 22.00).

### **Susut Teknis**

Susut teknis merupakan susut yang terjadi karena alasan teknik dimana energi menyusut dengan berubah menjadi energi kalor atau panas. Pada dasarnya susut teknis terjadi berdasarkan susut energi pada komponen yang diakibatkan adanya kesalahan pada komponen itu sendiri

Susut teknis yang terjadi pada Transformator distribusi ini merupakan hal biasa terjadi. Pada prinsipnya selalu terjadi susut karena efisiensi yang dimiliki tidak mungkin 100%. Energi hilang seiring dengan penyaluran mulai dari hulu sampai hilir Transformator distribusi. Berdasarkan rumusan masalah yang di ambil maka peneliti melakukan perhitungan tentang beban netral, losses netral pada Transformator, total losses Transformator dan total losses Transformator dalam 1 hari.

### **Rugi – Rugi Arus Netral Pada Transformator**

Rugi-rugi arus netral (*neutral current losses*) adalah rugi-rugi daya yang terjadi karena aliran arus netral dalam sistem tiga fasa yang tidak seimbang. Dalam sistem tiga fasa yang seimbang, arus netralnya idealnya nol, tetapi dalam praktiknya sering kali terdapat ketidakseimbangan arus pada sistem tersebut.

Ketidakseimbangan arus terjadi karena ketidakseimbangan beban atau perbedaan impedansi pada komponen sistem. Ketika ada ketidakseimbangan arus, arus netral terbentuk

dan mengalir melalui konduktor netral. Aliran arus netral ini menyebabkan rugi-rugi daya tambahan yang dapat menyebabkan peningkatan suhu, penurunan efisiensi, dan kerugian energi yang tidak diinginkan dalam sistem distribusi. Maka persamaan untuk menghitung besarnya rugi-rugi daya hilang pada penghantar netral trafo adalah :

besarnya daya aktif transformator (P) :

$$P = S \cdot \cos \varphi_P = S \cdot \cos \varphi \dots \dots \dots (2.6)$$

Keterangan :

P = daya aktif

S = daya (KVA)

$\cos \varphi$  = Faktor daya

Perhitungan rugi-rugi daya pada arus netral trafo dapat dicari dengan persamaan:

$$P_N = I_N^2 \cdot R_N \dots \dots \dots (2.7)$$

Keterangan :

$P_N$  = Rugi-rugi daya / *losses* pada netral (watt)

$I_N$  = Arus pada penghantar netral Trafo(A)

$R_N$  = Tahanan pada penghantar netral ( $\Omega$ )

Maka besar persentase *losses* akibat adanya arus netral adalah :

$$\%P = \frac{P_N}{P} \times 100\% \dots \dots \dots (2.8)$$

Sedangkan *losses* yang diakibatkan karena arus netral yang mengalir ke tanah (*ground*) dapat dihitung dengan perumusan sebagai berikut :

$$P_G = I_G^2 \cdot R_G \dots \dots \dots (2.9)$$

Keterangan :

$P_G$  = *losses* akibat arus netral yang mengalir ke tanah (watt)

$I_G$  = arus netral yang mengalir ke tanah (A)

$R_G$  = tahanan pembumian netral trafo ( $\Omega$ )

Dan besarnya daya aktif transformator (P) :

$$P = S \cdot \cos \varphi_P = S \cdot \cos \varphi \dots \dots \dots (2.10)$$

Keterangan :

P = daya aktif

S = daya (KVA)

Cos  $\varphi$  = Faktor daya

Maka besar persentase *losses* akibat adanya arus netral yang mengalir ke tanah adalah :

$$\%PG = \frac{PG}{P} \times 100\% \quad \%PG = \frac{PG}{P} \times 100\% \dots\dots\dots(2.11)$$

**Susut Tembaga Pada Transformator**

Susut tembaga pada transformator merujuk pada penurunan atau kerugian daya yang terjadi akibat arus yang mengalir melalui kumparan tembaga transformator. Ketika arus mengalir melalui kumparan tembaga, hambatan internal kumparan menyebabkan terjadinya penurunan tegangan dan juga pemanasan pada kumparan tersebut. Hal ini mengakibatkan kerugian daya yang dikenal sebagai susut tembaga.

Susut tembaga adalah salah satu jenis kerugian daya dalam transformator, yang lainnya adalah kerugian inti dan kerugian tembaga pada besi laminasi. Susut tembaga tergantung pada arus yang mengalir melalui transformator dan resistansi kumparan tembaga. Semakin besar arus yang mengalir, semakin besar pula susut tembaga yang terjadi. Sebelum menghitung susut tembaga, terlebih dahulu menentukan susut tembaga pada daya Primer dan sekunder yaitu :

Daya primer

$$P_{in} = \sqrt{3} \cdot V_p \cdot I_p \cdot \cos\varphi_{P_{in}} = \sqrt{3} \cdot V_p \cdot I_p \cdot \cos\varphi \dots\dots\dots(2.12)$$

Keterangan :

$P_{in}$  = Daya Masuk

$V_p$  = Tegangan Primer

$I_p$  = Arus Primer

$\cos\varphi$  = Faktor Daya

Setelah nilai daya masuk didapatkan, maka untuk selanjutnya menghitung persamaan berikut :

$$V_{drop(p)} = V_p \cdot Z(\%) \dots\dots\dots(2.13)$$

Keterangan :

$V_{drop(P)}$  = Tegangan Jatuh (primer)

$V_p$  = Tegangan Primer

$Z(\%)$  = Nilai Impedansi

Setelah nilai  $V_{drop}$  didapatkan, maka untuk selanjutnya menghitung nilai Impedansi pada sisi primer dengan persamaan berikut :

$$Z_p = \frac{V_{drop(p)}}{I_p} \dots\dots\dots(2.14)$$

Keterangan :

$Z_p$  = Impedansi Primer

$V_{drop(p)}$  = Tegangan Jatuh (primer)

$V_p$  = Tegangan Primer

Setelah nilai  $Z_p$  didapatkan, maka untuk selanjutnya menghitung nilai susut tembaga pada sisi primer dengan persamaan berikut :

$$P_{cu(P)} = I_p^2 \cdot Z_p \dots\dots\dots(2.15)$$

Keterangan :

$P_{cu(p)}$  = Rugi tembaga (primer)

$I_p^2$  = Arus Primer

$Z_p$  = Impedansi Primer

Daya sekunder

$$V_{drop(s)} = V_s \cdot Z\% \dots\dots\dots(2.16)$$

Keterangan :

$V_{drop(s)}$  = Tegangan Jatuh (sekunder)

$V_s$  = Tegangan sekunder

$Z\%$  = Nilai Impedansi

Setelah nilai  $V_{drop}$  didapatkan, maka untuk selanjutnya menghitung nilai  $Z_S$  pada sisi Sekunder dengan persamaan berikut :

$$Z_S = \frac{V_{drop(s)}}{I_S} \dots\dots\dots(2.17)$$

$$\frac{V_{drop(s)}}{I_S} \dots\dots\dots$$

(2.17)

Keterangan :

$Z_S$  = Impedansi Sekunder

$V_{drop(s)}$  = Tegangan Jatuh (sekunder)

$V_S$  = Tegangan sekunder

Setelah nilai  $Z_S$  didapatkan, maka untuk selanjutnya menghitung nilai susut tembaga pada sisi Sekunder dengan persamaan berikut :

$$P_{cu(s)} = I_S^2 \cdot Z_S \dots\dots\dots(2.18)$$

Keterangan :

$P_{cu(s)}$  = Rugi tembaga (sekunder)

$I_S^2$  = Arus sekunder

$Z_S$  = Impedansi sekunder

Setelah didapat nilai susut tembaga pada sisi primer dan sekunder, maka nilai susut tembaganya didapat :

$$P_{cu(tot)} = P_{cu(p)} + P_{cu(s)} \dots\dots\dots(2.19)$$

Keterangan :

$P_{cu(total)}$  = Rugi tembaga total

$P_{cu(p)}$  = Rugi tembaga primer

$P_{cu(s)}$  = Rugi tembaga sekunder

### Rugi – Rugi Total Pada Transformator

Pada transformator yang baik, rugi-rugi daya ini harus diminimalkan untuk meningkatkan efisiensi transformator dan mencegah kenaikan suhu yang berlebihan. Hal ini penting karena kenaikan suhu yang signifikan dapat merusak isolasi dan komponen transformator. Oleh karena itu, pemilihan desain yang tepat, penggunaan bahan yang berkualitas, dan pemeliharaan yang baik diperlukan untuk mengurangi rugi-rugi daya dan memastikan transformator beroperasi dengan efisien. Secara sistematis dapat dinyatakan dengan rumus sebagai berikut :

$$P_{(tot)} = P_{cu(tot)} + P_{NP(tot)} = P_{cu(tot)} + P_N \dots\dots\dots(2.20)$$

Keterangan :

$P_{(tot)}$  = Rugi–rugi Daya Total

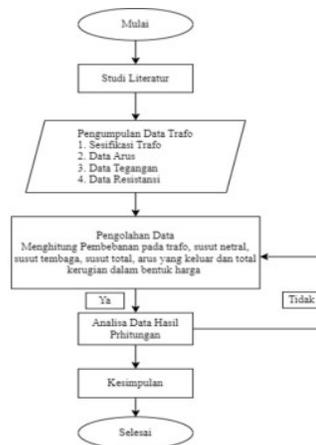
$P_{cu(tot)}$  = Rugi–rugi Tembaga

$P_N$  = Rugi–rugi Netral

### METODE PENELITIAN

#### Diagram Alir Penelitian

Diagram Alir Penelitian adalah tahap yang memuat langkah - langkah dalam menyusun penelitian supaya memudahkan peneliti untuk melakukan sebuah penelitian, berikut alur pengerjaan tugas akhir digambarkan seperti diagram seperti berikut :



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

**Objek Penelitian**

Objek penelitian yang digunakan merupakan objek yang mendukung proses analisis susut energi pada jaringan gardu distribusi tegangan rendah. Berdasarkan hal tersebut maka dipilih beberapa objek khusus pada trafo distribusi sebagai berikut :

Data tahanan

Data tahanan (R) yang dibutuhkan adalah data tahanan yang ada di penghantar netral trafo Distribusi untuk menganalisis Losses akibat arus netral pada penghantar Netral. Resistansi pada penghantar netral transformator distribusi yang digunakan oleh PT. PLN (persero) ULP BAWEAN adalah  $R = 0,6842$

Faktor daya

Faktor daya pada sistem tenaga listrik yang disediakan oleh PLN (Perusahaan Listrik Negara) mengacu pada rasio antara daya aktif (real) dengan daya semu (apparent) yang dikonsumsi oleh beban listrik di jaringan PLN. Faktor daya adalah ukuran efisiensi penggunaan daya dalam sistem kelistrikan, faktor daya yang digunakan sebesar  $= 0,9$

Biaya per kWh

Rugi-rugi dalam bentuk rupiah pada trafo dapat dihitung dengan mengalikan kerugian daya dalam bentuk watt dengan biaya energi listrik per kilowatt-hour (kWh). Pada PT. PLN(persero) ULP BAWEAN biaya per kWh nya sebesar  $= Rp 834/kWh$

**Langkah-Langkah Pengolahan Data**

Berikut adalah beberapa langkah yang penulis lakukan dalam pengolahan data ini :

1. Perhitungan susut total pada transformator

Secara sistematis dapat dinyatakan dengan rumus sebagai berikut :

$$P_{(tot)} = P_{cu(tot)} + P_{NP_{(tot)}} = P_{cu(tot)} + P_N \dots\dots\dots(3.13)$$

Keterangan :

$$P_{(tot)}P_{(tot)} = \text{Rugi-rugi Daya Total}$$

$$P_{cu(tot)}P_{cu(tot)} = \text{Rugi-rugi Tembaga}$$

$$P_{NP_N} = \text{Rugi-rugi Netral}$$

2. Perhitungan daya keluaran pada Transformator (Pout)

Untuk menghitung Pout, maka didapatkan dengan persamaan sebagai berikut:

$$P_{out} = P_{in} - P_{tot} \quad P_{out} = P_{in} - P_{tot} \dots \dots \dots (3.14)$$

Keterangan :

$P_{out}$  = Daya Keluar

$P_{in}$  = Daya Masuk

$P_{tot}$  = Rugi-rugi Daya Total

3. Perhitungan susut dalam bentuk harga (Rupiah)

Untuk menghitung rugi-rugi dalam bentuk harga, maka didapatkan dengan persamaan berikut:

$$Rp = P_{tot} \cdot 24 \cdot Rp \ 834 \quad Rp = P_{tot} \cdot 24 \cdot Rp \ 834 \dots \dots \dots (3.15)$$

Keterangan :

Rp = Kerugian Harga

24 = perhitungan dalam satu hari

Rp 834 = Harga per kWh

Bagian ini memuat rancangan penelitian meliputi disain penelitian, populasi/ sampel penelitian, teknik dan instrumen pengumpulan data, alat analisis data, dan model penelitian yang digunakan. Metode yang sudah umum tidak perlu dituliskan secara rinci, tetapi cukup merujuk ke referensi acuan (misalnya: rumus uji-F, uji-t, dll). Pengujian validitas dan reliabilitas instrumen penelitian tidak perlu dituliskan secara rinci, tetapi cukup dengan mengungkapkan hasil pengujian dan interpretasinya. Keterangan simbol pada model dituliskan dalam kalimat.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**1. Analisa Pembebanan Transformator Distribusi**

Perhitungan Persentase pembebanan transformator dengan menggunakan persamaan (3.1) (3,2) (3.3) (3.4) sebagai berikut :

S = 100 KVA

V= 400 V

Maka untuk menghitung arus beban penuh (Full Load) sebagai berikut :

$$I_{FL} = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot V}$$

$$I_{FL} = \frac{100 \text{ kVA}}{\sqrt{3} \cdot 400} = 144,3 \text{ A}$$

Untuk menghitung arus rata-rata sebagai berikut :

- $$I_{Rata-Rata} = \frac{I_R + I_S + I_T}{3}$$

$$= \frac{157 + 117 + 11}{3} = 128 \text{ A}$$

Maka presentase pembebanan yang dapat sebagai berikut :

- $$\% \text{Pembebanan} = \frac{I_{Rata-Rata}}{I_{FL}} \times 100\%$$

$$= \frac{128}{144,3} \times 100\% = 88,7\%$$

## 2. Analisa Rugi-Rugi Adanya Arus Netral Pada Transformator

Rugi-rugi akibat adanya arus netral pada penghantar netral pada penghantar netral transformator.

Dengan menggunakan persamaan (3.5) Rugi-rugi akibat adanya arus pada penghantar netral transformator dapat dihitung sebesar:

- Daya aktif transformator dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$P = S \cdot \cos\phi \text{ (penelitian ini menggunakan konstanta } \cos\phi \text{ 0,9)}$$

$$= 100 \text{ KVA} \times 0,9$$

$$= 90 \text{ Kw}$$

Menghitung rugi-rugi daya pada netral

$$P_N = I_N^2 \cdot R_N$$

$$= 78^2 \times 0,6842$$

$$= 4162,67 \text{ Watt} = 4,163 \text{ kW}$$

- Dengan demikian persentase rugi-rugi akibat arus netral pada penghantar netral transformator adalah:

$$\%P = \frac{P_N}{P} \times 100\%$$

$$P = \frac{4,163}{90} \times 100\%$$

$$= 4,62\%$$

### 3. Analisa Susut Tembaga Pada Transformator

Sebelum menghitung rugi rugi total pada transformator, terlebih dahulu menentukan Daya Primer dan Daya Sekunder dengan persamaan (3.6), (3.7), (3.8) (3.9), (3.10), (3.11), (3.12), (3.13) yaitu :

- Daya Primer

$$\begin{aligned} P_{in} &= \sqrt{3} \cdot V_p \cdot I_p \cdot \cos\varphi \\ &= \sqrt{3} \cdot 20000 \cdot 2,886 \cdot 0,9 \\ &= 89.976,57 \text{ Watt} \\ &= 89,98 \text{ kWatt} \end{aligned}$$

Setelah nilai daya masuk didapatkan, maka untuk selanjutnya menghitung persamaan berikut :

$$\begin{aligned} V_{drop} &= V_p \cdot Z(\%) \\ &= 20000 \cdot \frac{4}{100} \\ &= 800 \text{ V} \end{aligned}$$

Setelah nilai  $V_{drop}$  didapatkan, maka untuk selanjutnya menghitung nilai Impedansi pada sisi primer dengan persamaan berikut :

$$\begin{aligned} Z_p &= \frac{V_{drop}}{I_p} \\ &= \frac{800}{2,886} \\ &= 277,2 \Omega \end{aligned}$$

Setelah nilai  $Z_p$  didapatkan, maka untuk selanjutnya menghitung nilai susut tembaga pada sisi primer dengan persamaan berikut :

$$\begin{aligned} P_{cu(P)} &= I_p^2 \cdot Z_p \\ &= (2,886)^2 \cdot 277,2 \\ &= 2308,79 \text{ Watt} \end{aligned}$$

- Daya Sekunder

$$\begin{aligned} V_{drop(s)} &= V_s \cdot Z\% \\ &= 400 \cdot \frac{4}{100} \\ &= 16 \text{ V} \end{aligned}$$

Setelah nilai  $V_{drop}$  didapatkan, maka untuk selanjutnya menghitung nilai  $Z_S$  pada sisi Sekunder dengan persamaan berikut :

$$\begin{aligned} Z_S &= \frac{V_{drop(s)}}{I_S} \\ &= \frac{16 V}{128} \\ &= 0.125\Omega \end{aligned}$$

Setelah nilai  $Z_S$  didapatkan, maka untuk selanjutnya menghitung nilai susut tembaga pada sisi Sekunder dengan persamaan berikut :

$$\begin{aligned} P_{cu(s)} &= I_S^2 \cdot Z_S \\ &= 128^2 \cdot 0,125 \\ &= 2048 Watt \end{aligned}$$

Setelah didapat nilai susut tembaga pada sisi primer dan sekunder, maka nilai susut tembaganya didapat :

$$\begin{aligned} P_{cu(tot)} &= P_{cu(P)} + P_{cu(s)} \\ &= 2308,79 + 2048 \\ &= 4356,79 Watt \\ &= 4,357 kW \end{aligned}$$

#### 4. Analisa Susut Total Pada Transformator

Untuk menghitung susut total pada transformator, maka didapatkan dengan persamaan (3.13) sebagai berikut :

$$\begin{aligned} P_{tot} &= P_{cu(tot)} + Pn_{(tot)} \\ &= 4,357 + 4,163 \\ &= 8,52 kW \end{aligned}$$

#### 5. Analisa Daya Keluaran Transformator ( Pout )

Untuk menghitung Pout, maka didapatkan dengan persamaan (3.14) sebagai berikut:

$$\begin{aligned} P_{out} &= P_{in} - P_{tot} \\ &= 89,98 kW - 8,52 kW \\ &= 81,46 kW \end{aligned}$$

#### 6. Analisa Rugi-Rugi harga (Rp) pada Transformator

Untuk menghitung rugi-rugi dalam bentuk rupiah (Rp) maka didapatkan dengan persamaan (3.15) berikut :

$$\begin{aligned}Rp &= P_{tot} \cdot 24 (1 \text{ hari}) \cdot Rp 834 (\text{Harga per kWh}) \\ &= 8,52 \cdot 24 \cdot 834 \\ &= 170,536,32 \text{ Rupiah}\end{aligned}$$

## **KESIMPULAN DAN SARAN**

Dari penelitian yang sudah dilakukan dapat ditarik kesimpulan pada kesimpulan tentang "Analisa Susut Teknis Pada Transformator Distribusi Di Wilayah Kerja PT. PLN (Persero) ULP BAWEAN"

1. Nilai susut netral yang terjadi pada transformator ND0021 di penyulang Kota sebesar 4,163 kW.
2. Nilai susut Tembaga yang terjadi pada transformator ND0021 di penyulang Kota sebesar 4,357 kW.
3. Nilai susut Total yang terjadi pada transformator ND0021 di penyulang Kota sebesar 8,52 kW.
4. Nilai Daya keluar (Pout) yang terjadi pada transformator ND0021 di penyulang Kota sebesar 81,46 kW.
5. Nilai Susut Total dalam bentuk harga yang terjadi pada transformator ND0021 di penyulang Kota sebesar Rp.170.536,32,.
6. Dari kesimpulan di atas dapat diketahui bahwa Semakin besar arus pada netral transformator maka semakin banyak susut yang terjadi pada transformator.

## **DAFTAR PUSTAKA**

1. Latupeirissa, Hamles Leonardo, Halamoan Marthin Muskita, and Thony Johny Tahalele. "ANALISA SUSUT DAYA PADA SISTEM DISTRIBUSI JARINGAN TEGANGAN MENENGAH." JURNAL SIMETRIK 10.1 (2020): 313-321.\
2. Handoyo, Amir, Tedjo Sukmadi, and Agung Warsito. Analisa Perhitungan Susut Teknik pada PT. PLN (Persero) UPJ Semarang Tengah. Diss. Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik, 2011.
3. Sigit, Purnama, Tejo Sukamdi, and Karnoto Karnoto. Analisa Pengaruh Pembebanan Terhadap Susut Umur Transformator Tenaga. Diss. Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Undip, 2011.
4. Lestari, Rahayu Dwi, and S. T. Umar. Analisis pengaruh ketidakseimbangan beban transformator 3 phase terhadap susut daya pada jaringan distribusi pt. pln (persero) ulp manahan. Diss. Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2020.
5. Surusa, Frengki Eka Putra, Steven Humena, and Fikri Yanto Nani. "Analisa Susut Non Teknis Menggunakan Automatic Meter Reading (AMR) Pada Pelanggan Potensial." Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering 4.1 (2022): 1-7.

6. Rosyadi, Muhammad Nizar. Analisa Rugi–Rugi Daya Pada Transformator Distribusi Akibat Harmonisa Di PT PLN (Persero) UPPP Surabaya Utara ULP Tandes. Diss. UNIVERSITAS 17 AGUSTUS 1945 SURABAYA, 2019.
7. Al Mufrihi, Muhyiddin Zubair, Hadi Tasmono, and Reza Sarwo Widagdo. "ANALISA PENGARUH BEBAN DAN SUHU LINGKUNGAN TERHADAP SUSUT USIA TRANSFORMATOR DI GALAXY MALL 3." Senakama: Prosiding Seminar Nasional Karya Ilmiah Mahasiswa. Vol. 2. No. 1. 2023.
8. Laksono, Ahmad Widodo Tri. Analysis Of The Drop Voltage Low Voltage Cable Channel In Housing Citraland Method Using Gauss-Seidel. Diss. Untag 1945 Surabaya, 2019.
9. Bahrudin, Muhammad. Analisa Perkiraan Umur Trafo-2 150/22KV 60MVA GI Rungkut Berdasarkan Pengaruh Beban dan Suhu Lingkungan. Diss. Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya, 2021.
10. FABANYO, A. Muid. PENGURANGAN SUSUT ENERGI LISTRIK PADA TRANSFORMATOR DISTRIBUSI. DINAMIS, 2013, 1.12: 1-7.
11. Yuntyansyah, PrimandaArief. Studi Perkiraan Susut Teknis dan Alternatif Perbaikan Pada Penyulang Kayoman Gardu Induk Sukorejo. Diss. Universitas Brawijaya, 2015.
12. Maruf, Ali, and Yohanes Primadiyono. "Analisis Pengaruh Pembebanan Dan Temperatur Terhadap Susut Umur Transformator Tenaga 60 Mva Unit 1 Dan 2 Di Gi 150 Kv Kalisari." Edu Elekrika Journal 10.1 (2021): 19-24.
13. MUCHARAM, LATHIF NUR. Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Netral Dan Losses Pada Transformator Distribusi 200 kVA. Diss. Universitas Islam Sultan Agung, 2019.
14. Saputra, Sepriadi, and Yulisman Yulisman. "ANALISA SUSUT NETRAL GARDU 005 PAKAN SINAYAN MENGGUNAKAN MFA PLN KOTO TUO." Ensiklopedia Research and Community Service Review 1.3 (2022): 107-114.
15. Rahmayanti, Satriani. Analisis Penurunan Susut Tegangan Dan Susut Teknis Pada Jaringan Distribusi Pt. Pln (Persero) Ulp Sinjai Menggunakan Simulasi Etap 19.0. 1. Diss. Politeknik negeri Ujung Pandang, 2022.
16. Hidayat, Dwiyan. Analisis Susut Energi pada Saluran Distribusi Jaringan Tegangan Rendah di PLN (Persero) UP3 Surabaya Utara.(Analysis of Energy Losses in Distribution Channels of Low Voltage Networks at PLN (Persero) UP3 North Surabaya). Diss. Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya, 2022.