

PENGUJIAN RUTIN TRAFU ARUS 24 KV DI LABORATORIUM HUBUNG SINGKAT PT. PLN (PERSERO) PUSLITBANG KETENAGALISTRIKAN

Juara Mangapul Tambunan¹⁾; Widhyastuti³⁾

Teknik Elektro, STT-PLN

¹juaramangapult_stmsi@yahoo.com

Abstract : The current transformer is one of the instrumen transformers that converts large currents into small current for measurement and protection. Router Current transformer testing is a test performed by the manufacturer of all transformed flow produced, to separate defects of deviates from standard requirements. The result of current transformer test that has been done / observed is as follows: testing of the frequency of the voltage resistance does not occur flash, partial removal test of 4.3 pC and 1.6 pC, testing of more inter-winding voltage of 22.03 V and 52.47 , Insulation resistance testing of 244 GΩ, 352 GΩ and 652 GΩ, testing of winding resistance at 29 ° C at 0.045 Ohm and at 75 ° C at 0.053 ohm. For testing the accuracy of the measurement transformer at burden 1 VA the error ratio is 0.144%, 0.143%, 0.141%, 0.133%, 0.132% and the angle error is 2.20 minutes, 2.13 minutes, 1.97 minutes, 1.34 minutes, 1.23 minutes. For testing the accuracy of the measurement transformer at 10 VA burden the error error is -0.037%, -0.032%, -0.017%, 0.043%, 0.049% and the angle error is 8.10 min, 7.03 min, 4.12 min, 0, 23 minutes, 0.07. For testing the transformer protection accuracy with burden 7.5 error ratio is 0.05% and the angle error is 3.86 minutes.

Keywords: Current Transformer, Routine Test Transformer, SPLN D3.014-1:2009

Abstrak : Trafo arus merupakan salah satu trafo instrumen yang mengubah arus yang besar ke arus yang kecil untuk pengukuran dan proteksi. Pengujian rutin transformator Arus adalah pengujian yang dilakukan oleh pabrikan terhadap seluruh transformator Arus yang diproduksi, untuk memisahkan yang cacat atau yang menyimpang dari persyaratan standar. Hasil pengujian trafo arus yang telah dilakukan/diamati adalah sebagai berikut: pengujian ketahanan tegangan frekuensi tidak terjadi flash, pengujian lepasan parsial sebesar 4,3 pC dan 1,6 pC, pengujian tegangan lebih antar-lilitan sebesar 22,03 V dan 52,47, pengujian Resistans insulasi sebesar 244 GΩ, 352 GΩ dan 652 GΩ, pengujian Resistans belitan pada suhu 29°C sebesar 0,045 Ohm dan pada suhu 75°C adalah sebesar 0,053 ohm. Untuk pengujian akurasi transformator pengukuran pada burden 1 VA kesalahan rasionya sebesar 0,144%, 0,143%, 0,141%, 0,133%, 0,132% dan kesalahan sudutnya adalah 2,20 menit, 2,13 menit, 1,97 menit, 1,34 menit, 1,23 menit. Untuk pengujian akurasi transformator pengukuran pada burden 10 VA kesalahan rasionya sebesar -0,037%, -0,032%, -0,017%, 0,043%, 0,049% dan kesalahan sudutnya adalah 8,10 menit, 7,03 menit, 4,12 menit, 0,23 menit, 0,07. Untuk pengujian akurasi transformator proteksi dengan burden 7,5 kesalahan rasionya adalah sebesar 0,05% dan kesalahan sudutnya adalah 3,86 menit.

Kata Kunci : Trafo Arus, Pengujian Rutin Transformator, SPLN D3.014-1:2009

1. PENDAHULUAN

Energi listrik pada saat ini merupakan kebutuhan yang sangat mendukung bermacam-macam kegiatan manusia, yaitu seperti peralatan listrik rumah

angga, laptop, lampu penerangan, mesin pabrik dan berbagai kebutuhan lainnya. Oleh karena itu, kebutuhan yang penting tersebut harus didukung oleh komponen-komponen sistem tenaga listrik yang andal, mampu dan berkualitas agar dapat

terpenuhinya kebutuhan tersebut dengan baik.

Jaringan transmisi 500 kV, 150 kV dan 75 kV merupakan media penyalur tenaga listrik dan pembangkit ke jaringan distribusi. Namun karena tegangan yang masih tinggi dan tidak memungkinkan untuk mencatu beban langsung kecuali beban yang dibuat khusus maka kita memerlukan transformator penurun tegangan ke jaringan distribusi atau yang biasa disebut trafo distribusi yang berfungsi menurunkan tegangan. Dan peralatan yang digunakan untuk melakukan pengukuran besaran arus pada instalasi tenaga listrik disisi primer yang berskala besar menjadi besaran arus yang kecil secara akurat dan teliti untuk keperluan pengukuran dan proteksi adalah trafo arus.

Transformator arus digunakan untuk mengambil input data masukan berupa besaran arus dengan cara perbandingan belitan pada belitan primer atau sekunder. Trafo ini digunakan untuk pengukuran tidak langsung, beban arus yang mengalir ke pelanggan kemudian membatasinya. Selain itu bisa juga besaran arusnya diambil sebagai input data masukan peralatan pengaman jaringan.

Penggunaan trafo arus ini sangat penting untuk pengukuran pada jaringan tenaga listrik dan dituntut bekerja sesuai fungsi dan kemampuannya. Oleh karena itu setiap trafo arus yang akan digunakan PLN harus memenuhi kriteria standar yang telah ditetapkan pada SPLN D3.014-1 : 2009. Berdasar SPLN D3.014-1 : 2009 trafo arus yang sesuai standar harus dapat melewati beberapa pengujian.

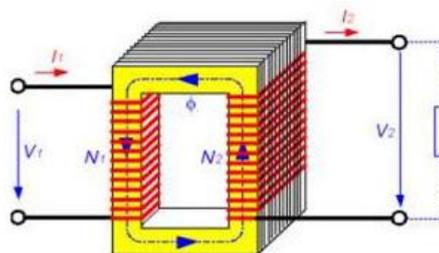
Tujuan dari hasil penelitian ini adalah dapat mengamati proses dan hasil pengujian secara langsung dari trafo arus sesuai dengan standar yang berlaku atau tidak.

2. LANDASAN TEORI

2.1 Definisi Transformator

Transformator adalah merupakan seperangkat peralatan listrik statis yang bekerja berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik untuk mentransformasi tegangan dan arus bolak-balik antara dua

belitan atau lebih pada frekuensi yang sama besar dan biasanya pada nilai arus dan tegangan yang berbeda. Berikut adalah gambar konstruksi dari trafo yang ditunjukkan pada gambar 2.1.



Gambar 1. Konstruksi Transformator

2.2 Prinsip Dasar Transformator dan Pengukuran

Prinsip dasar suatu transformator yaitu induksi bersama (*mutual induction*) antara dua rangkaian yang dihubungkan oleh fluks magnet. Dalam bentuk yang sederhana, transformator terdiri dari dua buah kumparan induksi yang secara listrik terpisah tetapi secara magnet dihubungkan oleh suatu *path* yang mempunyai reluktansi yang rendah. Kedua kumparan tersebut mempunyai *mutual induction* yang tinggi. Jika salah satu kumparan dihubungkan dengan sumber tegangan bolak-balik, fluks bolak-balik timbul di dalam inti besi yang dihubungkan dengan kumparan yang lain menyebabkan atau menimbulkan gaya gerak listrik induksi sesuai dengan induksi elektromagnet dari hukum Faraday. Bila arus bolak-balik mengalir pada induktor, maka akan timbul gaya gerak listrik (ggl).

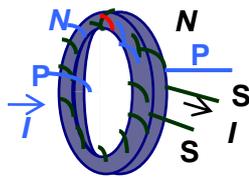
Untuk pemasangan alat-alat ukur dan proteksi pada jaringan tegangan tinggi diperlukan transformator pengukuran. Transformator pengukuran terdiri dari :

- Trafo Arus (*Current Transformer*)
Berfungsi untuk menurunkan besarnya arus listrik pada tegangan tinggi menjadi arus listrik yang kecil dan diperlukan untuk alat ukur dan pengaman
- Trafo Tegangan (*Potensial transformer*)
Berfungsi menurunkan besarnya tegangan tinggi menjadi tegangan

rendah yang diperlukan untuk alat ukur dan pengaman/proteksi.

2.3 Transformator Arus

Transformator Arus adalah peralatan yang digunakan untuk melakukan pengukuran besaran arus pada instalasi tenaga listrik disisi primer (Tegangan Ekstra Tinggi, Tegangan Tinggi dan Tegangan Menengah), yang berskala besar dengan melakukan transformasi dari besaran arus yang besar menjadi besaran arus yang kecil secara akurat dan teliti untuk keperluan pengukuran dan proteksi.



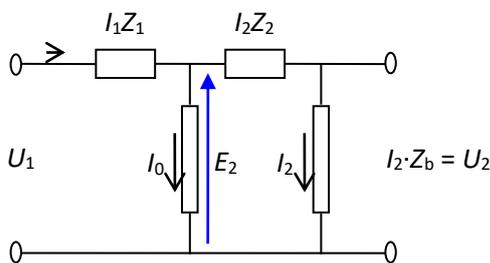
Gambar 2. Trafo Arus

Untuk trafo yang dihubungkan singkat :

$$I_1 \cdot N_1 = I_2 \cdot N_2 \dots\dots\dots(2.1)$$

Untuk trafo pada kondisi tidak berbeban:

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{N_1}{N_2} \dots\dots\dots(2.2)$$



Gambar 3. Rangkaian Ekuivalen

Tegangan induksi pada sisi sekunder adalah :

$$E_2 = 4,44 \cdot B \cdot A \cdot f \cdot N_2 \text{ Volt} \dots\dots\dots(2.3)$$

Tegangan jepit rangkaian sekunder adalah :

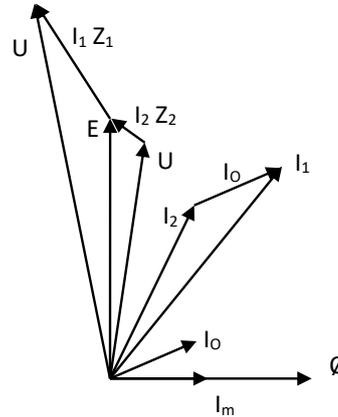
$$E_2 = I_2 \cdot (Z_2 + Z_b) \text{ Volt} \dots\dots\dots(2.4)$$

$$Z_b = Z_{kawat} + Z_{inst} \text{ Volt} \dots\dots\dots(2.5)$$

Dalam aplikasinya, maka harus dipenuhi

$$U_1 > U_2$$

Diagram fasor arus dan tegangan pada Trafo Arus (CT) ditunjukkan dalam gambar 4 dibawah ini.

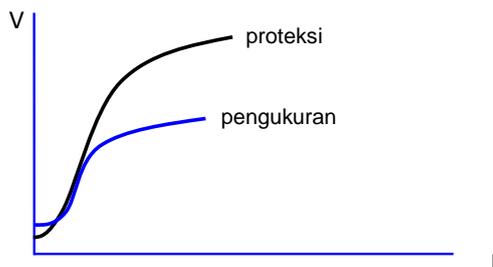


Gambar 4. Diagram Fasor Trafo Arus

Secara fungsi trafo arus dibedakan menjadi dua jenis, yaitu :

- A. Trafo Arus Pengukuran
 - a.1. Trafo arus pengukuran untuk metering, memiliki ketelitian tinggi pada daerah kerja (daerah pengenalnya) antara 5% hingga 120% arus nominalnya tergantung dari kelasnya dan tingkat kejenuhan relatif rendah dibandingkan dengan trafo arus untuk proteksi.
 - a.2. Penggunaan pada trafo arus pengukuran untuk Amperemeter, Watt-meter, VARh-meter, dan cos φ meter.
- B. Trafo Arus Proteksi
 - b.1. Trafo arus proteksi untuk proteksi memiliki ketelitian tinggi pada saat terjadi gangguan dimana arus yang mengalir beberapa kali dari arus pengenalnya dan tingkat kejenuhan cukup tinggi.
 - b.2. Penggunaan trafo arus proteksi untuk relai arus lebih (OCR dan GFR), relai beban lebih, relai differensial, relai daya dan relai jarak.
 - b.3. Perbedaan mendasar trafo arus pengukuran dan proteksi adalah

pada titik kejenuhan/saturasinya seperti pada kurva saturasi dibawah ini (Gambar 5).



Gambar 5. Kurva kejenuhan CT

2.4 Jenis Transformator Arus Berdasar Pemasangan

Berdasarkan lokasi pemasangannya, transformator arus dibagi menjadi dua kelompok, yaitu:

- a. Transformator arus pemasangan luar ruangan (*outdoor*).

Transformator arus pemasangan luar ruangan memiliki konstruksi fisik yang kokoh, isolasi yang baik, biasanya menggunakan isolasi minyak untuk rangkaian elektrik internal dan bahan keramik/porselen untuk isolator eksternal.



Gambar 6. Trafo Arus Pasangan Luar (*Out-Door*)

- b. Transformator arus pemasangan dalam ruangan (*indoor*).

Transformator arus pemasangan dalam ruangan biasanya memiliki ukuran yang lebih kecil dari trafo arus pemasangan luar ruangan, menggunakan isolator dari bahan resin (gambar.7).



Gambar 7. Trafo Arus Pasangan Dalam (*In-Door*)

3. METODE PENELITIAN

3.1 Teknik Observasi Data

Metode Penelitian yang dilakukan disini adalah terdiri dari :

1. Pengambilan Data

Metode pengumpulan data yang digunakan penulis adalah dengan pengamatan langsung dalam pengukuran dan pengujian rutin Trafo Arus sehingga penulis dapat mengambil data dan membuat kesimpulan dari pengamatan langsung dengan melakukan observasi lapangan yang dilakukan selama 4 bulan pada februari 2017 – mei 2017. Data yang digunakan diperoleh dari sumber secara langsung dari PT. PLN (Persero) Puslitbang Ketenagalistrikan Laboratorium Hubung Singkat Duri Kosambi.

2. Perhitungan Data

Data yang diperoleh kemudian diolah dan dihitung dengan perhitungan yang berkaitan dengan hasil perhitungan dan pengujian, data juga dihitung guna keperluan pengujian dan juga untuk membuktikan data hasil pengukuran dan pengujian tepat atau tidak.

3. Analisa Data

Data yang diperoleh kemudian diolah dan kemudian dianalisa. Hasil analisis tersebut diketahui bahwa pengujian trafo arus dikatakan baik dan layak digunakan setelah diuji dengan pengujian sesuai dengan standar yang berlaku.

Acuan pengujian trafo arus adalah SPLN D3.014-1:2009. Pengujian-pengujian yang harus dilakukan pada transformator arus untuk memenuhi persyaratan SPLN D3.014-1:2009, Yaitu : Pengujian Jenis, Pengujian Rutin, Pengujian serah terima dan Pengujian Lapangan. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah menggunakan Metode Uji Rutin.



Gambar 8. Flowchart Pengujian Rutin Trafo Arus

3.2 Metode Pengujian

Metode pengujian yang digunakan diantaranya :

1. Pengujian *Applied Voltage*

Applied Voltage Test adalah pengujian tegangan terapan pada trafo arus melalui sisi primer dan sisi sekunder. Pengujian ini bertujuan untuk melihat ketahanan isolasi antara sisi sekunder dan sisi primer. Jadi jarak antara sisi primer dan sisi sekunder tidak boleh ada celah udara sedikitpun.

Adapun langkah kerjanya yaitu :

- Letakkan kabel injeksi pada sisi primer untuk pengujian di sisi primer dan sisi Sekunder di short ke tanah.
- Nyalakan applied potensial test. Atur tegangan sebesar 50 kV untuk di injeksi ke sisi primer selama 60 detik (Gambar 9).



Gambar 9. Pengujian Applied pada Sisi Primer

- Matikan semua alat dan kemudian pindahkan ke kabel injeksi ke sisi sekunder. Sisi primer di short ke tanah.
- Nyalakan applied potensial test. Atur tegangan sebesar 3 kV untuk di injeksi ke sisi sekunder selama 60 detik (Gambar 10).



Gambar 10. Pengujian Applied pada Sisi Sekunder

2. Pengujian Lepas Parsial

Pengujian Lepas Parsial adalah Pengujian yang di lakukan untuk mengetahui banyak tidak nya gelembung udara yang ada di dalam resin. Jika gelombang udara yang ada di dalam ressin itu banyak akan mempengaruhi isolasi ressinnya yang membuat umur trafo itu tidak lama. Adapun langkah kerjanya yaitu :

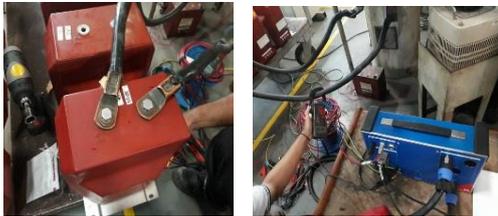


Gambar 11. Pengujian Lepas Parsial

- Letakkan kabel injeksi pada sisi primer dan sisi sekunder, sisi Sekunder di *short* ke tanah.
 - Nyalakan applied potensial test. Atur tegangan sebesar 50 pC selama 1 menit dan 20 pC selama 1 menit (Gambar 11).
 - Catat hasil yang keluar dari *power fre-quency*.
- #### 3. Pengujian Tegangan Lebih Antar-Lilitan (*Interturn Over voltage*)

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui isolasi antar belitan trafo arus. Langkah kerja pengujian (metode a) :

- a. Hubungkan terminal sisi primer CT ke Sumber arus, terminal sisi sekunder terbuka dan di hubungkan ke alat ukur tegangan tinggi (Gambar 12).



Gambar 12. Alat Ukur Sisi Primer dan Sekunder

- b. Untuk mengetahui besar arus uji, pasang alat ukur arus pada sisi primer.
- c. Naikkan sumber arus sampai mencapai arus nominal primer CT yang di uji tercapai dan tahan arus uji selama 1 detik.

4. Pengujian Resistans Insulasi

Pengujian Tahanan isolasi berfungsi untuk mengetahui kualitas tahanan isolasi pada trafo arus baik antar belitan maupun antara belitan dan ground. Adapun langkah kerja pengujian ini :

- a. Siapkan alat *Megger insulation tester* (Gambar 13).
- b. Hubungkan *jumper* pada *megger* masing-masing untuk kutup positif (warna merah) dan kutub negatif (warna hitam).



Gambar 13. Megger Insulation Tester

- c. Hubungkan *jumper* tersebut pada trafo arus dengan memasangnya pada sisi yang akan di ukur tahanan isolasinya dimulai dari tahanan isolasi antara HV-LV, antara HV-Ground dan antara LV-Ground (Gambar 13) secara ber-urutan.

- d. Nyalakan alat *megger* dan tunggu sampai alat siap digunakan.

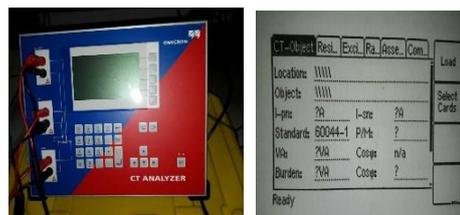
- e. Atur tegangan 5 kV untuk mengukur HV-LV dan HV-Ground. Sedangkan tegangan 2,5 kV saat mengukur LV-Ground. Dengan durasi masing-masing 60 detik tiap pengujian.

Mulailah mengukur tahanan isolasi dengan menekan tombol TEST pada alat megger kemudian catat hasilnya.



Gambar 14. 11 HV-LV

Pengujian ini dilakukan dengan cara memasukkan data sesuai yang tertera pada *name plate* ke dalam tampilan layar CT Analyzer (Gambar 15). maka hasil resistans, ratio, akurasi akan keluar.



Gambar 15. Tampilan Layar CT Analyzer Omicron

5. Pengujian Dengan CT Analyzer

Pengujian ini berfungsi untuk mengetahui berapa nilai tahanan belitan di sisi primer dan sisi sekunder. Pengujian ini disebut Pengujian batas kesalahan akurasi transformator pengukuran, yaitu dengan *CT analyzer* ini sendiri tidak hanya menguji resistans belitan tapi juga meliputi pengujian Rasio, Titik jenuh (Knee Point), kelas CT, Burden dari suatu Current Transformers (CT) pada tegangan rendah, tegangan menengah, tegangan tinggi, baik CT yang memiliki kelas proteksi dan metering. Pengujian ini dilakukan dalam kondisi *Current Transformer* tidak bertegangan.



Gambar 17. Pengujian dengan CT Analyzer

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan di PT. PLN (Persero) Puslitbang Ketenagalistrikan, Duri Kosambi.

4.1 Data Spesifikasi Trafo Arus

Pada penelitian ini, untuk melakukan Pengujian rutin trafo arus, dibutuhkan beberapa data dari trafo arus yang akan di uji. Adapun data-data yang dimaksud adalah sebagai berikut :

| | |
|-------------------------------|------------------|
| Ratio | : 50/5 A |
| Kelas Akurasi trafo ukur | : 0,2S |
| Kelas Akurasi trafo proteksi: | 5 P10 |
| Faktor keamanan instrum | : FS5 |
| Tingkat Insulasi | : 24/50/125 kV |
| Frekuensi Pengenal | : 50 Hz |
| Ith | : 16 kA/1s |
| Konstruksi | : Pasangan dalam |
| Buden | : 10-7,5 VA |

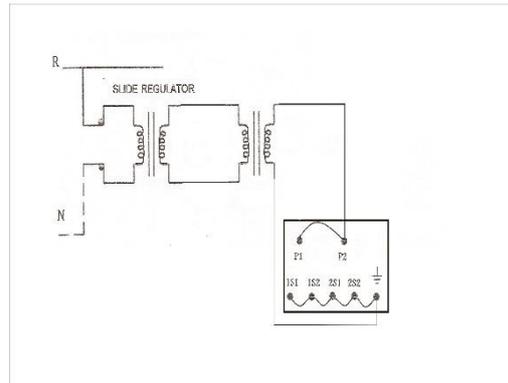
4.2 Pengujian Current Transformer

Pelaksanaan pengujian trafo arus dilakukan sesuai dengan instruksi kerja yang berlaku di PT.PLN Puslitbang dengan menggunakan standar yaitu SPLN D3.014-1:2009. Tujuan dari pada pengujian trafo arus disini adalah untuk menjamin kualitas dan mutu trafo arus yang sesuai dengan kebutuhan PT.PLN (persero). Adapun beberapa mata uji yang dibahas disini, yaitu :

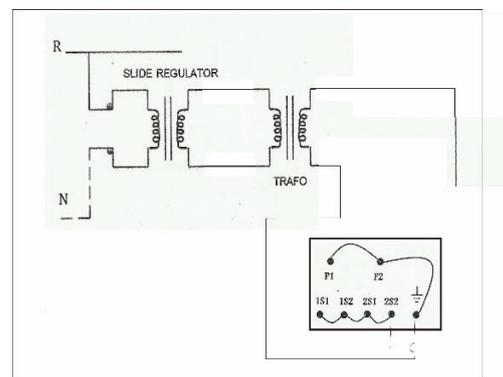
- Verifikasi penandaan
- Ketahanan tegangan frekuensi daya belitan
- Lepasan Parsial (*Partial Discharge*)
- Tegangan Lebih Antar-lilitan (*Interturn Over Voltage*)
- Resistans Insulation*
- Batas kesalahan akurasi transformator pengukuran

- Batas kesalahan akurasi transformator proteksi
- Resistans belitan

4.2.1 Pengujian Applied Voltage



Gambar 18. Rangkaian Pada Sisi Primer



Gambar 19. Rangkaian Pada Sisi Sekunder

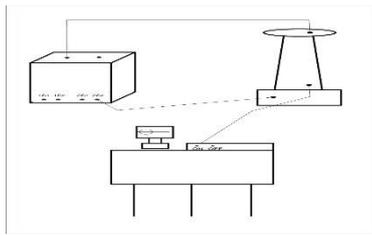
Tabel 1. Tegangan uji dan durasi pada applied voltage

| Bagian Yang Diuji | Besaran Uji |
|-------------------|---------------------------------------|
| Sisi Primer | Tegangan = 50 kV Durasi = 60 detik |
| Sisi Sekunder | Tegangan = 3 kV Durasi = 60 detik |

Tabel 2. Hasil Pengujian Applied Voltage Rasio Trafo 50/5 A dan Durasi Uji 60 s

| Tegangan Uji (kV) | Arus Bocor (mA) | Hasil Uji |
|---|-----------------|-----------|
| Belitan Primer (P1+P2)(1S1+1S2+2S1+2S2+GND) | | |
| 50 | Tidak Ada | Tahan |
| Belitan Sekunder (1S1+1S2+2S1+2S2)-(P1+P2+GND) | | |
| 3 | Tidak Ada | Tahan |
| Antar bagian belitan (1S1+1S2)-(2S1+2S2+GND) | | |
| 3 | Tidak Ada | Tahan |

4.2.2 Pengujian Lepas Parsial



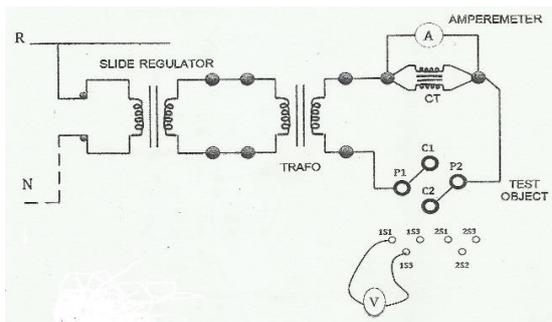
Gambar 19. Rangkaian Pengujian Lepas Parsial

Tabel 3. Hasil Pengujian lepasan parsial dengan Rasio Trafo 50/5 A dan Back-Ground Noise 0,4 pC

| Tegangan uji (kV) | HasilUkur (pC) | Standar (pC) |
|-------------------|----------------|--------------|
| 1,2 Um | 28,8 | 4,3 |
| $1,2Um/\sqrt{3}$ | 16,6 | 1,6 |

Kajian Pengujian lepasan parsial memiliki standar ≤ 50 Pc dan ≤ 20 Pc dengan hasil sebesar 4,3 pC dan 1,6 pC.

4.2.3 Pengujian Interturn



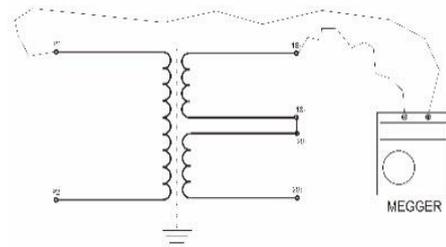
Gambar 20. Rangkaian Pengujian Interturn

Tabel 4. Hasil Pengujian Interturn dengan Rasio Trafo 50/5 A, Arus Uji Primer 50 A dan Frekuensi Uji 50 Hz

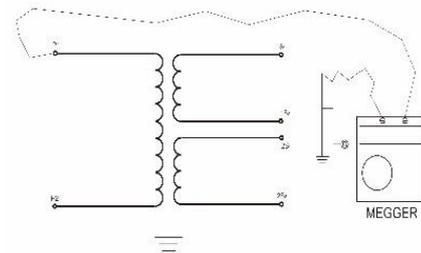
| Tegangan Sekunder 1S1-1S2 (V-pk) | Tegangan Sekunder 2S1-2S2 (V-pk) | Durasi Uji (s) | Hasil Uji |
|----------------------------------|----------------------------------|----------------|-----------|
| 22,03 | 52,47 | 60 | Tahan |

Untuk pengujian tegangan lebih antar-lilitan memiliki standar maksimum sebesar 1 kV dengan hasil uji sebesar 22,03 V dan 52,47 V.

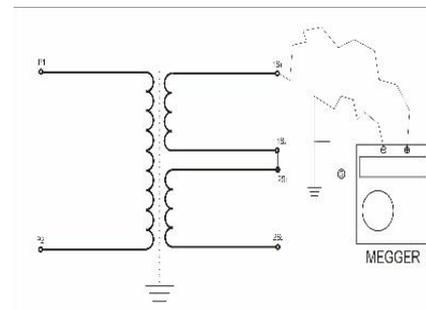
4.2.4 Pengujian Tahanan Isolasi



Gambar 21. Rangkaian pengujian tahanan isolasi pada sisi HV-LV



Gambar 22. Rangkaian pengujian tahanan isolasi pada sisi HV-Gnd



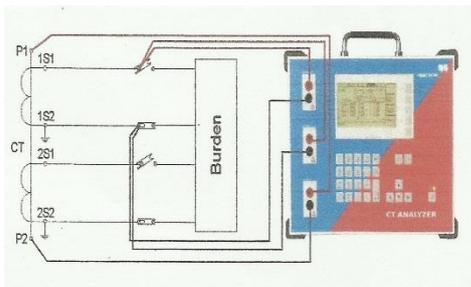
Gambar 23. Rangkaian pengujian tahanan isolasi pada sisi LV-Gnd

Tabel 5. Hasil pengujian Tahanan isolasi

| | kV | Waktu (s) | Tahanan Insulasi |
|--------|----|-----------|------------------|
| HV-LV | 5 | 60 | 244 GΩ |
| HV-Gnd | 3 | 60 | 352 GΩ |
| LV-Gnd | 3 | 60 | 652 GΩ |

Pada pengujian Resistans insulasi memiliki ketahanan minimum untuk setiap 1 V yang diberikan adalah 1000 Ω dengan hasil uji sebesar 244 GΩ, 352GΩ dan 652GΩ, dengan pengujian Resistans belitan pada suhu 29°C sebesar 0,045 Ohm dan pada suhu 75°C adalah sebesar 0,053 ohm.

4.2.5 Pengujian CT Analyzer



Gambar 24. Rangkaian pengujian dengan CT Analyzer

Tabel 6. Batas kesalahan akurasi transformator pengukuran

| Parameter Uji | Kelas Akurasi | % Arus Pengenal | | | | |
|-----------------------|---------------|-----------------|------|------|------|-----|
| | | 1 | 5 | 20 | 100 | 120 |
| Kesalahan Arus (%) | 0,2 | - | 0,75 | 0,35 | 0,2 | 0,2 |
| | 0,2S | 0,75 | 0,35 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| | 0,5 | - | 1,5 | 0,75 | 0,5 | 0,5 |
| | 0,5S | 1,5 | 0,75 | 0,5 | 0,5 | 0,5 |
| | 1,0 | - | 3,0 | 1,5 | 1,01 | 1,0 |
| Pergeseran Fasa (Mnt) | 0,2 | - | 30 | 15 | 10 | 10 |
| | 0,2S | 30 | 15 | 10 | 10 | 10 |
| | 0,5 | - | 90 | 45 | 30 | 30 |
| | 0,5S | 90 | 45 | 30 | 30 | 30 |
| | 1,0 | - | 180 | 90 | 60 | 60 |
| (s.Rad) | 0,2 | - | 0,9 | 0,45 | 0,3 | 0,3 |
| | 0,2S | 0,9 | 0,45 | 0,3 | 0,3 | 0,3 |
| | 0,5 | - | 2,7 | 1,35 | 0,9 | 0,9 |
| | 0,5S | 2,7 | 1,35 | 0,9 | 0,9 | 0,9 |
| | 1,0 | - | 5,4 | 2,7 | 1,8 | 1,8 |

4.3 Batas Kesalahan Akurasi Transformator Proteksi

Pada pengujian akurasi transformator proteksi memiliki batas kesalahan arus 1% dengan pergeseran fase 60 menit dan hasil akurasi dengan beban 7,5 kesalahan rasionya adalah sebesar 0,05% dan kesalahan sudutnya adalah 3,86 menit.

Tabel 7. Hasil Pengujian Trafo Proteksi

| % In | Rasio (%) | | | Sudut (menit) | | |
|------|-----------|----------------|----------------|---------------|----------------|----------------|
| | Syarat | Syarat Standar | Ketidakpastian | Syarat | Syarat Standar | Ketidakpastian |
| 100 | 0,05 | ± 1 | - | 3,86 | ± 60 | - |

Pada hasil pengujian akurasi pada tabel 7 di atas menunjukkan bahwa kesalahan akurasi masih dibawah standar kelas akurasi. Ini menunjukkan jika trafo arus ini baik sesuai dengan kelas akurasi.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan proses pengkajian yang telah dilalui, penulis dapat simpulkan beberapa hal antara lain :

1. Hasil pengujian trafo arus yang telah diamati yaitu : pengujian ketahanan tegangan frekuensi tidak terjadi flash, pengujian lepasan parsial memiliki standar ≤ 50 Pc dan ≤ 20 Pc dengan hasil sebesar 4,3 pC dan 1,6 pC, pengujian tegangan lebih antar-lilitan memiliki standar maksimum sebesar 1 kV dengan hasil uji sebesar 22,03 V dan 52,47V, pengujian Resistans insulasi memiliki ketahanan minimum untuk setiap 1 V yang diberikan adalah 1000 Ω dengan hasil uji sebesar 244 G Ω , 352G Ω dan 652G Ω , dengan pengujian Resistans belitan pada suhu 29°C sebesar 0,045 Ohm dan pada suhu 75°C adalah sebesar 0,053 ohm.
2. Untuk pengujian akurasi transformator pengukuran memiliki batas kesalahan arus sebesar 0,75%, 0,35%, 0,2%, 0,2%, 0,2% dengan pergeseran fase sebesar 30 menit, 15 menit, 10 menit, 10 menit, 10 menit dan hasil akurasi pada beban 1 VA memiliki kesalahan rasionya sebesar 0,144%, 0,143%, 0,141%, 0,133%, 0,132% dan kesalahan sudutnya adalah 2,20 menit, 2,13 menit, 1,97 menit, 1,34 menit, 1,23 menit. Untuk pengujian akurasi transformator pengukuran pada beban 10 VA kesalahan rasionya sebesar -0,037%, -0,032%, -0,017%, 0,043%, 0,049% dan kesalahan sudutnya adalah 8,10 menit, 7,03 menit, 4,12 menit, 0,23 menit, 0,07.
3. Untuk pengujian akurasi transformator proteksi memiliki batas kesalahan arus 1% dengan pergeseran fase 60 menit dan hasil akurasi dengan beban 7,5 kesalahan rasionya adalah sebesar 0,05% dan kesalahan sudutnya adalah 3,86 menit.
3. Berdasarkan hasil pengujian trafo arus yang telah dilakukan sebelumnya, mulai dari pengujian Ketahanan tegangan frekuensi daya belitan, lepasan parsial, tegangan lebih antar-lilitan, resistans insulasi,

akurasi transformator pengukuran, akurasi transformator proteksi hingga pengujian resistans belitan telah memenuhi standard yang berlaku SPLN D3.014-1:2009.

6. REFERENSI

1. Berahim Hamzah, Ir, "Pengantar Teknik Tenaga Listrik", 1994, Andi Offset, Yogyakarta.
2. IS/IEC 60044-1 *Current Transformer*
3. Rusadi, Dede, 2013, Catatan Laboratorium Daya.Jakarta.
4. SNI, "Transformator Arus", 1920, Jakarta.
5. SPLN, D3.014-1:2009, "Spesifikasi Transformator Arus"