

## ANALISIS PENGARUH MASA OPERASIONAL TERHADAP PENURUNAN KAPASITAS TRANSFORMATOR DISTRIBUSI DI PT. PLN (PERSERO)

Sulistiyono, Haris Nur Azis

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana, Jakarta

Email : aa.harys@gmail.com

**Abstract** -- *One cause the interruption of transformer is loading that exceeds the capabilities of the transformer. The state of continuous overload will affect the age of the transformer and result in a reduced capacity of the transformer. The declining capacity, loading on the transformer will not be maximized and increase the risk of damage. Actions taken to attempt the decrease disturbances resulting from the transformer loadings are by the transformer test and known how many percent decrease in capacity of the transformer. The data from the test is used to calculate the reduction in the capacity of the transformer. Result of the research on the transformer which is not operated yet relating to the ideal state of a transformer. As for the research on the second transformer indicates how transformer which been operating for several years has decreased the capacity of the transformer. So that the second transformer can not be loaded to the maximum.*

**Kata kunci:** *Supply Electricity, loading, distribution transformers, age, capacity transformers, interruption, reliable operation.*

### 1. PENDAHULUAN

Fungsi utama sistem tenaga listrik adalah untuk memenuhi kebutuhan energi listrik setiap konsumen secara terus menerus. Sebelum tenaga listrik disalurkan ke konsumen dari pusat pembangkit tenaga listrik, terlebih dahulu transformator yang terdapat di gardu induk maupun di gardu distribusi. Transformator adalah salah satu bagian dari sistem tenaga listrik yang dapat menjaga agar kebutuhan listrik masyarakat dapat terpenuhi secara terus menerus.

Transformator merupakan suatu peralatan tenaga listrik yang berfungsi untuk mentransformasikan atau mengubah energi listrik dari suatu nilai tegangan ke nilai tegangan lainnya. Transformator merupakan peralatan listrik yang penting karena berhubungan langsung dengan saluran transmisi dan distribusi listrik ke konsumen. Oleh karena itu, transformator harus dipelihara dan diuji kelayakan operasinya agar dapat beroperasi secara maksimal dan jauh dari gangguan-gangguan yang dapat mengakibatkan kegagalan operasi pada transformator.

Karena transformator merupakan asset yang mahal, penggantian transformator untuk meningkatkan keandalan sistem secara ekonomis bukan pilihan yang tepat. Kerusakan pada transformator menyebabkan kontinuitas pendistribusian tenaga listrik ke konsumen akan terganggu atau terjadi pemadaman. Pemadaman merupakan suatu kerugian yang menyebabkan penurunan kWh terjual. Mengingat lamanya waktu pemulihan gangguan pada transformator maka diperlukan upaya preventif untuk mencegah terjadinya kerugian yang besar akibat daya yang tidak tersalurkan akibat gangguan transformator. Oleh karena itu, perlu dilakukan rangkaian pengujian yang dimaksudkan agar transformator tersebut bisa bekerja sesuai dengan spesifikasi

dan masa pemakaian maksimumnya pada berbagai kondisi di lapangan.

Salah satu pengujian yang akan dibahas dalam Tugas Akhir ini adalah pengujian transformator distribusi dengan teknik rangkaian alat instrumen sederhana yang dibuat dengan regulator tegangan sebagai instrumen utama. Maksud dari pengujian ini adalah untuk mengetahui penurunan kapasitas sebuah transformator distribusi, sehingga suatu transformator dapat beroperasi dengan normal tanpa menimbulkan gangguan dan kerusakan.

### 2. LANDASAN TEORI

#### 2.1 Transformator

Transformator merupakan peralatan mesin listrik statis yang bekerja berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik, yang dapat mentransformasikan energi listrik dari tegangan tinggi ke tegangan rendah ataupun sebaliknya, dimana perbandingan tegangan antara sisi primer dan sisi sekunder berbanding lurus dengan perbandingan jumlah lilitan dan berbanding terbalik dengan perbandingan arusnya dengan nilai frekuensi yang sama besar. Pada sistem distribusi, transformator digunakan untuk menurunkan tegangan penyaluran 20 kV ke tegangan pelayanan 400 / 231 Volt.

#### 2.2 Jenis Transformator

Secara umum, terdapat dua jenis transformator distribusi yang banyak digunakan pada jaringan distribusi, yaitu:

##### 1. Transformator Konvensional

Transformator konvensional dilengkapi dengan konservator, yaitu sebuah tabung atau tangki yang letaknya diatas *body* transformator, yang berfungsi untuk menampung pemuain minyak saat transformator berbeban.

2. Transformator Hermetical

Pada sistem ini konservator dan sistem pipa untuk hubungan dengan atmosfer luar tidak digunakan lagi. Untuk mengamankan pemuaiannya maupun penyusutan minyak, tangki dibuat fleksibel (hermetic), dimana kenaikan volume minyak akan ditampung oleh sirip-sirip yang dapat mengembang dan mampu menampung semua pemuaiannya minyak. Lubang pernapasan sengaja ditiadakan agar minyak tidak bersentuhan dengan udara.

2.3 Konstruksi Transformator

Konstruksi transformator distribusi dikelompokkan menjadi beberapa bagian, yaitu:

a. Bagian utama/aktif

Terdiri dari inti besi, kumparan transformator, minyak transformator, bushing dan tangki konservator.

b. Bagian pasif

Terdiri dari sistem pendingin, tap changer, alat pernapasan (dehydrating breather), dan alat indicator.

c. Sistem Insulasi

d. Terminal

e. Proteksi gangguan internal

Proteksi dari gangguan internal pada transformator, seperti hubung singkat di dalam kumparan dan hubung singkat antara fase kumparan.

f. Peralatan proteksi

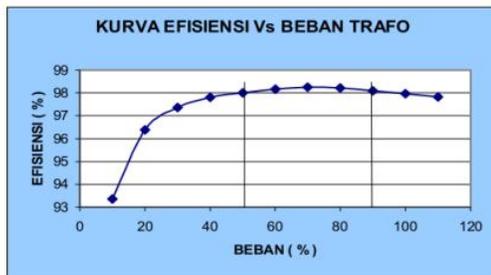
Terdiri dari Rele Bucholz, pengaman tekanan lebih (explosive membrane/bursting plate), rele tekanan lebih (sudden pressure relay), rele pengaman tangki.

g. Peralatan tambahan untuk pengaman

Terdiri dari rele differensial, rele arus lebih, rele hubung tanah, rele thermis, dan Lightning Arrester.

2.4 Pengaruh Pembebanan Terhadap Efisiensi Transformator

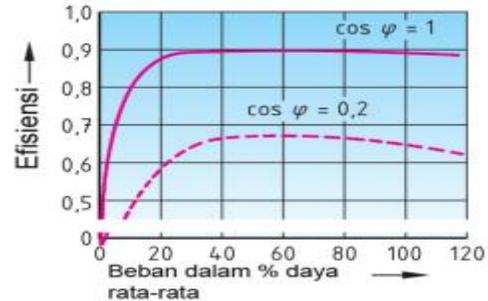
Jika transformator kemudian dibebani terus menerus, maka rugi (losses) akan mempunyai karakteristik efisiensi penyaluran daya terhadap pembebanan trafo sebagai berikut :



Gambar 2.1 Kurva Karakteristik Efisiensi – Pembebanan Transformator

Dari kurva diatas, terlihat bahwa transformator akan mempunyai efisiensi tertinggi pada saat

terjadi pembebanan sebesar 80 % dari pembebanan nominalnya. Efisiensi transformator dinyatakan dalam angka presentase. Pada faktor  $\cos \phi = 0,2$  efisiensi trafo mencapai sekitar 65%. Pada beban dengan faktor kerja  $\cos \phi = 1,0$ , efisiensi trafo bisa mencapai 90%.



Gambar 2.2 Hubungan Antara Efisiensi Dengan Beban Pada Cos phi Berbeda

2.5 Tegangan Pengenal Transformator dan Penyesuaian

a. Tegangan Primer

Tegangan primer ditetapkan sesuai dengan tegangan nominal sistem pada jaringan tegangan menengah (JTM) yang berlaku dilingkungan PLN, 6 kV dan 20 kV. Pada sistem distribusi tiga fasa empat kawat, maka transformator fasa tunggal yang dipasang tentunya mempunyai tegangan pengenal  $20 \text{ kV} / \sqrt{3} = 12 \text{ kV}$ . Karena SPLN 1: 1978 menetapkan tegangan nominal sistem 20 kV, maka masih perlu dipasang transformator fasa tunggal dengan tegangan pengenal 12 kV.

b. Tegangan Sekunder

Tegangan sekunder ditetapkan tanpa disesuaikan dengan tegangan nominal sistem pada jaringan tegangan rendah (JTR) yang berlaku dilingkungan PLN adalah 127 dan 220 V untuk sistem fasa tunggal dan 127 / 220 V dan 220 / 380 V untuk sistem fasa tiga, yaitu : 133 / 231 V dan 231 / 400 V pada keadaan tanpa beban. Bilamana dipakai tidak serentak, maka dengan bertegangan sekunder 231/ 400 Volt daya transformator tetap 100 % daya pengenal. Sedang dengan tegangan sekunder 133 / 231 Volt dayanya hanya 75 % daya pengenal.

c. Impedansi Transformator

Impedansi transformator merupakan total jumlah keseluruhan perlawanan terhadap arus bolak-balik (AC) di dalam sebuah peralatan listrik. Nilai impedansi sebuah transformator umumnya dicantumkan pada name plat transformator itu sendiri dalam satuan persen (%), misalnya 3%, 4%, 5%, dan seterusnya. Pengertian nilai tersebut adalah bahwa drop tegangan yang timbul karena impedansi adalah sekian persen dari tegangan yang ditetapkan. Maka drop tegangan pada transformator tersebut didapat dengan persamaan:

$$V_{drop} = V \times Z (\%)$$

Atau untuk menentukan impedansi pada sebuah transformator dengan berdasarkan kepada tegangan drop dan tegangan dari transformator itu sendiri, persamaannya:

$$Z (\%) = \left( \frac{V_{drop}}{V} \right) \times 100 \%$$

## 2.6 Pengujian Pada Transformator

Pengujian yang harus dilakukan pada sebuah transformator biasanya disesuaikan dengan kebutuhannya. Beberapa jenis pengujian pada transformator adalah sebagai berikut:

### a. Pengujian Tahanan Isolasi

Pengujian Tahanan Isolasi biasanya dilaksanakan pada awal pengujian dengan tujuan untuk mengetahui secara dini kondisi isolasi transformator dan untuk menghindari kegagalan yang bisa berakibat fatal, sebelum pengujian selanjutnya dilakukan. Pengujian dilakukan dengan menggunakan alat uji tahanan isolasi Megger.

### b. Pengujian Tahanan Kumparan

Pengujian dilakukan dengan cara melakukan pengukuran tahanan kumparan transformator. Data hasil pengujian digunakan untuk menghitung besarnya rugi tembaga pada transformator tersebut.

### c. Pengujian Karakteristik Beban Nol

Pengujian Karakteristik Beban Nol atau Tanpa Beban dilakukan untuk mengetahui besarnya kerugian daya yang disebabkan oleh rugi *hysteresis* dan *eddy current* pada inti transformator dan besarnya arus yang pada daya tersebut. Pengukuran dilakukan dengan memberikan tegangan nominal pada salah satu sisi transformator dan sisi lainnya dibiarkan dalam keadaan tanpa beban.

### d. Pengujian Karakteristik Hubung Singkat

Pengujian dilakukan dengan cara memberikan arus nominal pada salah satu sisi transformator dan sisi yang lain dihubungkan singkat, dengan demikian akan dibangkitkan juga arus nominal pada sisi yang di hubung singkat. Adapun tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui besarnya rugi daya yang hilang akibat dari tembaga dari transformator saat beroperasi.

## 3. PERANCANGAN

### 3.1 Alat dan Bahan

Pada proses persiapan perancangan harus didukung dengan peralatan dan bahan yang lengkap dan standar agar memudahkan pada waktu pelaksanaan perakitan. Alat-alat dan bahan akan diuraikan sebagai berikut :

#### a. Regulator Tegangan

Regulator tegangan adalah bagian utama alat uji ini. Regulator tegangan tiga fasa dengan menghasilkan tegangan 380 Volt ditujukan untuk injeksi ke transformator yang dijadikan objek pengujian.

#### b. Transformator Step-Up

Transformator *step up* digunakan untuk menaikkan tegangan injeksi ke transformator yang diuji. Penggunaan transformator *step up* dimaksudkan untuk mendapatkan nilai tegangan sampai dengan 800 Volt. Transformator *step up* 800 volt digunakan karena menyesuaikan dengan angka persen impedansi pada transformator. Dimana angka tersebut berarti besar tegangan drop yang timbul karena impedansi tersebut seperti yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya.

Pada transformator yang diuji, angka persen impedansi terdapat pada *name plat*. Pada pengujian kali ini akan menggunakan transformator dengan impedansi sebesar 4 (empat) persen. Jadi, pemilihan transformator *step up* 800 volt berdasarkan persamaan yang telah ditulis pada Bab sebelumnya, yaitu pada (persamaan 2.1).

$$V_{drop} = V \times Z$$

$$V_{drop} = 20000 \text{ Volt} \times 4 \%$$

$$= 800 \text{ Volt}$$

#### c. Volt Ampere Meter

Volt Ampere meter adalah alat yang digunakan untuk mengukur kuat arus dan tegangan listrik pada satu *device* sekaligus. Volt Ampere meter adalah alat ukur yang mengkombinasikan volt meter dan ampere meter. Volt Ampere meter yang digunakan pada alat ini adalah jenis digital untuk pengukuran satu fasa.

#### d. Kabel Penghubung

Pada pengujian ini akan dipakai kabel NYAF yang berfungsi sebagai penghubung antara transformator (objek pengujian) dan regulator tegangan serta komponen lainnya sehingga dapat dilewati sumber tegangan.

#### e. MCB

Pada pengujian ini MCB digunakan sebagai pengaman hubung singkat atau pengaman alat utama. MCB dipasang sebagai pengaman sumber utama dari PLN dan sebagai pengaman untuk regulator tegangan.

#### f. Selector Switch

*Selector Switch* digunakan pada saat pengujian untuk mendapatkan nilai volt dan ampere pada tiap fasa yang tertera pada volt ampere meter yang dipasang, karena pada alat ini digunakan volt ampere meter untuk pengukuran masing-masing fasa.

g. CT

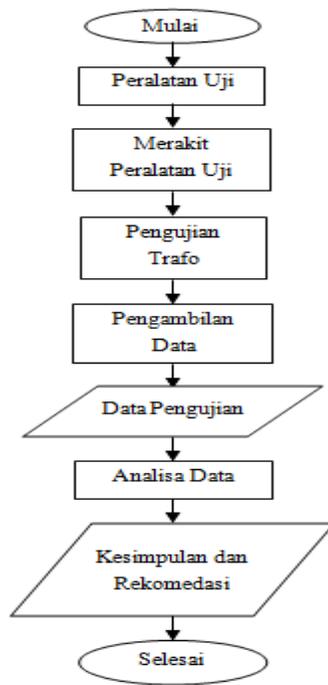
CT digunakan agar pada saat pengujian dapat membaca arus yang diukur pada sisi sekunder transformator yang diuji. Pada pengujian ini digunakan CT 1000/5 Ampere. Pemilihan CT 1000/5 berdasarkan pada kapasitas transformator yang diuji.

h. Box Panel dari plat besi

Box panel digunakan sebagai wadah untuk memasang semua alat-alat dan komponen diatas agar terpasang rapi dan aman digunakan pada saat proses pengujian.

3.2 Flow Chart Pengujian

Deskripsi sistem rancang rangkaian untuk pengujian transformator ini digambarkan dalam flowchart sebagai berikut :



Gambar 3.1 Flow Chart Pengujian

3.3 Perancangan Teori Alat

Pengujian dengan alat ini akan menghasilkan data berupa tegangan dan arus. Hasil yang terbaca setelah proses pengujian adalah arus nominal transformator baik itu pada sisi primer maupun pada sisi sekunder. Arus nominal yang ideal pada suatu transformator telah terdapat pada name plat. Arus nominal dapat dikatakan juga sebagai arus beban penuh (*full load*) pada transformator tersebut.

Daya transformator bila ditinjau dari sisi tegangan primer (tegangan tinggi) dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$S = \sqrt{3} \times V \times I$$

dimana:

S = Daya Transformator (kVA)

V = Tegangan sisi primer transformator (kV)

I = Arus jala-jala (A)

Sehingga untuk menghitung arus beban penuh (*full load*) dapat menggunakan rumus:

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

dimana:

$I_{FL}$  = Arus Beban Penuh (A)

S = Daya transformator (kVA)

V = Tegangan transformator (V)

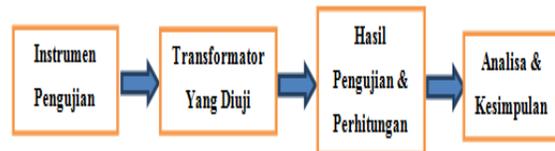
3.4 Cara Kerja Alat

Tegangan yang dihasilkan oleh regulator tegangan dengan minimal 380 volt tigafasakemudian dinaikkan kembali oleh transformator step up menjadi 800 volt yang di injeksi ke transformator pada kumparan primer. Kemudian pada kumparan sekunder dibuat rangkaian tertutup (*loop*) dengan memasang CT. Hal ini dimaksudkan supaya pengukuran di sisi sekunder dapat dilakukan dan menghasilkan hasil ukur berupa arus nominal transformator di sisi tegangan rendah.

Dengan terpasangnya alat ukur volt ampere meter pada alat, akan menunjukkan angka hasil ukur berupa tegangan dan arus pada sisi primer dan sekunder transformator. Angka hasil ukur ini kemudian dibuat perhitungan untuk mengetahui berapa persen penurunan kapasitas dan maksimal pembebanan yang dapat ditampung oleh transformator tersebut.

3.5 Blok Diagram Pengujian

Blok diagram dari rangkaian pengujian transformator ini adalah sebagai berikut :



Gambar 3.2 Blok Diagram Pengujian

3.6 Spesifikasi Transformator Yang Diuji

Spesifikasi transformator pertama yang diuji yaitu transformator baru yang belum beroperasi disebutkan dalam (Tabel 3.1) sebagai berikut:

Tabel 3.1 Data Transformator Baru di Gudang

| Spesifikasi     | Transformator |
|-----------------|---------------|
| Merk            | B & D         |
| Tahun Pembuatan | 2016          |
| Nomor Seri      | 1602790       |

|                    |            |
|--------------------|------------|
| Daya Nominal       | 400 kVA    |
| Tegangan Primer    | 20000 Volt |
| Tegangan Sekunder  | 400 Volt   |
| Frekuensi          | 50 Hz      |
| Pendingin          | ONAN       |
| Tegangan Impedansi | 4.0 %      |

Spesifikasi transformator kedua yang diuji adalah transformator pada gardu BL 152 tersebut terdapat pada (Tabel 3.2) sebagai berikut:

Tabel 3.2 Data Transformator BL 152

| Spesifikasi        | Transformator |
|--------------------|---------------|
| Merk               | UNINDO        |
| Tahun Pembuatan    | 2001          |
| Tahun Operasi      | 2002          |
| Nomor Seri         | 741000        |
| Daya Nominal       | 4000 kVA      |
| Tegangan Primer    | 20000 Volt    |
| Tegangan Sekunder  | 400 Volt      |
| Frekuensi          | 50 Hz         |
| Pendingin          | ONAN          |
| Tegangan Impedansi | 4.0 %         |

#### 4. PENGUJIAN DAN ANALISIS

##### 4.1 Langkah Kerja Pengujian

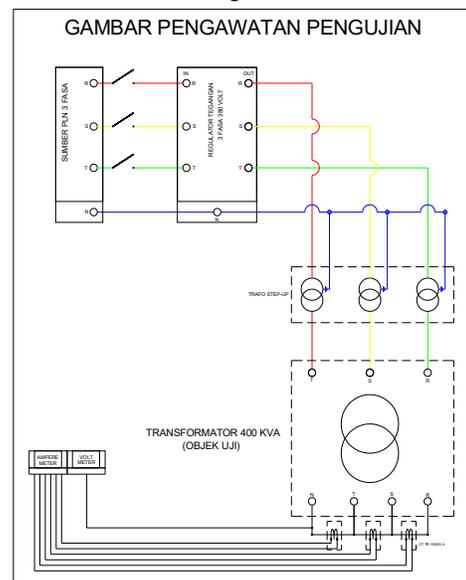
Dalam proses pengujian transformator ini, tahapan dan langkah-langkah kerja diuraikan sebagai berikut:

- Sebelum memulai pengujian, terlebih dahulu mengukur belitan transformator dengan AVO meter untuk memastikan transformator dalam kondisi belitan yang masih baik atau tidak putus.
- Memeriksa posisi *tap changer* dengan skala 20000 Volt / 400 Volt
- Mendata transformator dengan melihat *name plat* transformator dan memperhatikan kapasitas, beban, dan impedansi transformator.
- Merangkai semua komponen, alat ukur, dan objek pengujian dengan kabel penghubung. Beberapa rangkaianannya adalah sebagai berikut:
  - Regulator tegangan terhubung ke sumber tegangan dan transformator step up dilengkapi dengan MCB sebagai pengaman.
  - Rangkaian dari regulator tegangan ke alat ukur berupa volt ampere meter untuk menghidupkan display.
  - Transformator step up terhubung ke objek pengujian pada sisi primer transformator.

- Pada sisi sekunder transformator, dibuat rangkaian tertutup (loop) dengan men-*jumper* antar fasa termasuk netral.
- Memasang CT pada sisi sekunder transformator dan hubungkan dengan volt ampere meter untuk menghasilkan angka pengukuran.
- Memastikan semua komponen terangkai dengan baik dan aman diberi tegangan.
- Memulai injeksi tegangan dari regulator secara bertahap sambil memperhatikan volt ampere meter.
- Catat hasil pengukuran tegangan dan arusnya.
- Selesai.

##### 4.2 Rangkaian dan Wiring Alat Pengujian

Pengujian dilakukan dengan menggunakan alat uji sederhana hasil dari rangkaian beberapa komponen dan instrumen pengukuran. Masing-masing alat dan instrumen yang dipakai telah dijelaskan pada bab sebelumnya. Setelah dilakukan uji fungsi masing-masing, alat dan instrumen tersebut dirangkai sedemikian rupa dan ditempatkan pada suatu tempat dari plat besi agar rapi dan aman ketika digunakan.



Gambar 4.1 Pengawatan Alat Pengujian

Regulator tegangan dan MCB ditempatkan di dalam serta pengawatannya. Sementara untuk Volt Ampere Meter dihadapkan keluar untuk memudahkan pembacaan hasil ukur pada display. Begitu juga dengan selector switch agar lebih mudah untuk dioperasikan. Sementara untuk transformator step-up dan CT di pisahkan dari box. CT terpasang pada jumper antar fasa di sisi sekunder transformator yang diuji dan dikonek ke Volt Ampere meter untuk mendapatkan hasil pengukuran arus di sisi tegangan rendah. Gambar 4.1 adalah rangkaian pengawatan alat pengujian

untuk mengetahui penurunan kapasitas transformator distribusi.

**4.3 Hasil Pengujian Transformator**

Tahap pertama pengujian adalah dengan menghubungkan alat uji ke sumber tegangan 3 fasa. Setelah terhubung, nyalakan regulator tegangan dan atur tegangan di 100 volt. Sebelum dihubungkan ke transformator yang diuji, ukur tegangan di output transformator step-up. Setelah diukur dan didapat hasilnya, setting kembali regulator tegangan secara bertahap sampai tegangan mencapai 400 volt. Berikut hasil ukur pada output transformator step-up:

Tabel 4.1 Hasil ukur tegangan setelah dinaikkan transformator Step-up

| No | Setting Tegangan di Regulator (Volt) | H.U Tegangan di Output Transformator Step-Up (Volt) |
|----|--------------------------------------|---|
| 1  | 100                                  | 200   |
| 2  | 200                                  | 400   |
| 3  | 300                                  | 600   |
| 4  | 400                                  | 800   |

Setelah didapat hasil ukur, kemudian hubungkan alat ke transformator yang diuji. Sebelumnya matikan dulu alat sebagai tindakan keamanan dari tegangan sentuh. Setelah alat terhubung dengan transformator yang diuji, alat dinyalakan kembali. Kemudian atur tegangan kembali secara bertahap seperti tahap sebelumnya sampai dengan 400 Volt. Setelah tegangan di injeksi ke transformator yang diuji, cek pada display Volt Ampere Digital Meter yang telah dihubungkan pada CT yang terpasang di sisi sekunder transformator.

**4.4 Perhitungan Arus Nominal Ideal Pada Transformator Baru**

Arus nominal yang ideal pada suatu transformator dapat dilihat pada name plat yang terdapat sebagai identitas transformator. Pada setiap transformator dengan daya 400 kVA tertera pada name plate nya arus nominal pada sisi primer adalah 11,5 Ampere (acuan SPLN D3.002-1 tahun 2007). Jika mengacu pada persamaan (3.2), hasil perhitungan untuk arus nominal pada sisi primer yang ideal adalah:

$$I_{FL} = \frac{S}{\sqrt{3} \times V} = \frac{400000 \text{ VA}}{\sqrt{3} \times 20000 \text{ V}} = \frac{400000 \text{ VA}}{34600} = 11,56 \text{ Ampere}$$

Sedangkan perhitungan untuk keadaan ideal arus nominal pada sisi sekunder (tegangan rendah) transformator adalah:

$$I_{FL} = \frac{S}{\sqrt{3} \times V} = \frac{400000 \text{ VA}}{\sqrt{3} \times 400 \text{ V}} = \frac{400000 \text{ VA}}{692} = 578,03 \text{ Ampere}$$

**4.5 Perhitungan Hasil Uji Transformator-1 (Keadaan Baru/Belum Beroperasi)**

Transformator pertama yang diuji adalah transformator dengan daya 400 kVA yang berada di gudang PLN dan belum beroperasi. Pengujian pada transformator baru dilakukan untuk mengetahui apakah hasil pengujian akan sama dengan spesifikasi transformator yang terdapat pada name plat.

Hasil yang didapat dari pengujian pada transformator 1 menunjukkan angka arus nominal pada sisi primer (tegangan tinggi) adalah 11,55 Ampere. Hasil ini menunjukkan angka yang hampir sama dengan arus nominal sisi primer yang terdapat pada name plat transformator.

Dengan diketahuinya arus nominal primer transformator, maka untuk mengetahui apakah kapasitas (kVA) transformator tersebut sama dengan yang terdapat pada name plat, dapat dimasukkan ke dalam persamaan sebagai berikut:

$$I_{FL} = \frac{S}{\sqrt{3} \times V} \Rightarrow 11,55 \text{ A} = \frac{S}{\sqrt{3} \times 20000 \text{ V}} \Rightarrow S = 11,55 \times 34600 = 399630 \text{ VA} \approx 400 \text{ kVA}$$

Kemudian untuk hasil pengujian pada sisi sekunder transformator, arus nominal yang terukur adalah 577,8 Ampere. Maka dimasukkan kedalam persamaan menjadi :

$$I_{FL} = \frac{S}{\sqrt{3} \times V} \Rightarrow 577,8 \text{ A} = \frac{S}{\sqrt{3} \times 400 \text{ V}} \Rightarrow S = 577,8 \times 692 = 399873,6 \text{ VA} \approx 400 \text{ kVA}$$

Dengan hasil perhitungan dari pengujian yang didapat dari transformator-1 yang masih dalam keadaan baru, dapat diketahui bahwa arus nominal baik sisi primer maupun sekunder memiliki nilai yang hampir sama dengan kondisi ideal transformator baru yang sesuai dengan SPLN D3.002-1 tahun 2007. Sehingga apabila dikaitkan dengan penurunan kapasitas, dapat disimpulkan bahwa pada transformator-1 tidak mengalami penurunan kapasitas.

**4.6 Perhitungan Hasil Uji Transformator-2 (Keadaan Telah Beroperasi)**

Transformator kedua yang diuji adalah transformator dengan daya 400 kVA yang berada di gardu BL 152 dan telah beroperasi sejak tahun 2002. Pengujian pada transformator yang telah

beroperasi dilakukan untuk mengetahui penurunan kapasitas pada transformator.

Hasil yang didapat dari pengujian pada transformator-2 menunjukkan angka arus nominal pada sisi primer (tegangan tinggi) adalah 7,62 Ampere. Hasil ini menunjukkan angka yang berbeda dengan arus nominal sisi primer yang terdapat pada name plat transformator.

Dengan diketahuinya arus nominal primer transformator-2, maka untuk mengetahui berapa sisa kVA transformator tersebut dapat dimasukkan ke dalam persamaan sebagai berikut:

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

$$7,62 \text{ A} = \frac{S}{\sqrt{3} \times 20000 \text{ V}}$$

$$S = 7,62 \times 34600$$

$$S = 263652 \text{ VA} \approx 263,6 \text{ kVA}$$

Kemudian untuk hasil pengujian pada sisi sekunder transformator, arus nominal yang terukur adalah 381,5 Ampere. Maka dimasukkan kedalam persamaan menjadi:

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

$$381,5 \text{ A} = \frac{S}{\sqrt{3} \times 400 \text{ V}}$$

$$S = 381,5 \times 692$$

$$S = 263998 \text{ VA} \approx 263,9 \text{ kVA}$$

Dengan hasil perhitungan dari pengujian yang didapat dari transformator-2, dapat diketahui bahwa arus nominal baik sisi primer maupun sekunder memiliki nilai sudah jauh berbeda atau sudah menurun kapasitasnya jika dibandingkan dengan kondisi ideal transformator baru.

Sesuai dengan hasil perhitungan, telah terjadi penurunan kapasitas pada transformator-2. Berikut perhitungan untuk mengetahui penurunan kapasitas transformator-2:

$$\text{Persen Penurunan} = \frac{\text{Kapasitas Pada Name Plat} - \text{Kapasitas Hasil Uji}}{\text{Kapasitas Pada Name Plat}} \times 100$$

$$= \frac{400 - 263,9}{400} \times 100$$

$$= \frac{136,1}{400} \times 100$$

$$= 34,025 \%$$

Jadi, berdasarkan hasil perhitungan diatas, transformator-2 mengalami penurunan kapasitas sebesar 34,025 %. Oleh karena itu, sangat disarankan untuk pembebanan pada transformator-2 tidak melebihi dari 263,9 kVA atau sebesar 63 persen dari kapasitas 400 kVA.

Tabel 4.2 Hasil Uji Transformator 1 dan 2 Serta Perbandingannya Dengan Kondisi Ideal Sesuai Standar

| No    | Hasil Pengujian |         |       |           | Kondisi Ideal Sesuai Standar |         |     |           |
|-------|-----------------|---------|-------|-----------|------------------------------|---------|-----|-----------|
|       | I               | I       |       | Penurunan | I                            | I       |     | Penurunan |
| Trafo | Nominal         | Nominal | kVA   | Kapasitas | nominal                      | Nominal | kVA | Kapasitas |
|       | TT (A)          | TR (A)  |       | (%)       | TT (A)                       | TR (A)  |     | (%)       |
| 1     | 11,5            | 577,8   | 400   | 0         | 11,5                         | 578,0   | 400 | 0         |
| 2     | 7,62            | 381,5   | 263,9 | 34,025    | 11,5                         | 578,0   | 400 | 0         |

## 5. KESIMPULAN

Dari penulisan tugas akhir ini tentang rangkaian pengujian untuk mengetahui penurunan kapasitas transformator, dari hasil percobaan dan pengujian yang telah dilakukan, maka penulis dapat mengambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Berdasarkan pada hasil ukur pada transformator-1 dengan daya pengenal 400 kVA, setelah dilakukan pengujian dapat diketahui bahwa arus nominal transformator pada sisi tegangan tinggi adalah 11,5 Ampere dan pada sisi tegangan rendah adalah 577,8 Ampere. Hasil perhitungan menunjukkan tidak terdapat penurunan kapasitas pada transformator tersebut dan sesuai dengan *name plat* pada transformator. Hal ini menunjukkan bahwa transformator-1 yang merupakan transformator baru dan belum beroperasi berada dalam keadaan ideal dan dapat beroperasi dengan maksimal sesuai spesifikasi standar.
2. Berdasarkan pada hasil ukur pada transformator-2 dengan daya pengenal 400 kVA, setelah dilakukan pengujian dapat diketahui bahwa arus nominal transformator pada sisi tegangan menengah adalah 7,62 Ampere dan pada sisi tegangan rendah adalah 381,5 Ampere. Hasil perhitungan menunjukkan terdapat penurunan kapasitas pada transformator tersebut sebesar 34,025 persen dan kapasitas asalnya 400 kVA. Hal ini menunjukkan bahwa transformator 2 dalam keadaan tidak ideal dan dapat hanya dapat beroperasi dengan maksimal pembebanan sebesar 63 persen.
3. Hasil pengujian ini dapat dijadikan acuan untuk menentukan batas persen pembebanan yang dapat ditampung oleh transformator tersebut. Hal ini dapat mengurangi transformator rusak akibat pembebanan yang tidak terkontrol dan melebihi batas kemampuan transformator.
4. Dengan dapat terkontrolnya pembebanan pada transformator beroperasi, keandalan jaringan dapat terjaga dan pasokan listrik kepada konsumen juga terjamin.

**DAFTAR PUSTAKA**

- [1]. Kadir, Abdul. 1979. *Transformator*. Jakarta : Pradnya Paramitha.
- [2]. *Manajemen Aset Transformator Distribusi Jawa Bali*. 2010. Jakarta : PT PLN (Persero) Kantor Pusat
- [3]. Prayoga, Aditya. 2010. *Teknik Tenaga Listrik Transformer*. Universitas Indonesia.
- [4]. Zuhail. 1995. *Dasar Teknik Tenaga Listrik dan Elektronika Daya*. Jakarta : Gramedia.
- [5]. Sulasno, Ir. 2010. *Distribusi Tenaga Listrik*. Semarang : Badan Penerbit UNDIP.
- [6]. Sumardjati, Prih. 2008. *Teknik Pemanfaatan Tenaga Listrik Jilid 3*. Jakarta : Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan Departemen Pendidikan Nasional.
- [7]. Standar PLN No : 17 dan 17A. 1979 tentang Pedoman Pembebanan Transformator Terendam Minyak. Jakarta: PT PLN (Persero) Kantor Pusat.