

ANALISIS PENGUKURAN TRANSFORMATOR 400 KVA MENGUNAKAN ON LOAD TAP CHARGER

Nizar Rosyidi AS¹ dan Denni Rotua Silitonga²

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Sains dan Teknologi Nasional
Jalan Moh, Kahfi II, Srengseng Sawah, Jagakarsa, Jakarta Selatan 12630 Telp. (021)7270090

nizar@istn.ac.id , rotuasilitonga55@gmail.com

ABSTRAK

Untuk memenuhi kualitas tegangan pelayan sesuai kebutuhan yang di inginkan, tegangan keluaran (sekunder) transformator harus dapat dirubah sesuai kebutuhan. Untuk memenuhi hal tersebut, maka pada salah satu kedua sisi belitan transformator dibuat tap(penyadap) untuk merubah perbandingan belitan (rasio) transformator. Dalam Tulisan ini akan dibahas mengenai ketepatan perbandingan belitan terhadap transformator pada saat tap changer, dan analisa ketepatan perbandingan pada toleransi 1% berdasarkan IEC 60076 dan 0,5% dalam SPLN 50 : 1997.

Kata Kunci : On Load Tap Charger, Pengukuran Rasio Trafo

ABSTRACT

*To meet the quqlity of the service voltage as desired, the **output** voltage secondary of the transformer must be changed as needed. To fulfill this, taps are made on one side the transformer windings to change the transformer turns ratio. In this paper will be discussed about the accuracy of the ratio of windings to the transformer at the time of the tap changer, and the accuracy of the comvarison accuracy at tolerance of 1% based IEC 60076 and 0,5 % in SPLN 50 : 1997.*

Key word : On Load Tap Charger, Pengukuran Rasio Trafo

I. Pendahuluan

Salah satu masalah yang terdapat dalam sistim tenaga listrik adalah perubahan atau penurunan tegangan yang diakibatkan pusat-pusat pembangkit tenaga listrik berada jauh dari pusat beban, hal ini mengakibatkan kerugian yang cukup besar dalam penyaluran daya listrik bagi konsumen maupun dalam bidang industri. Kerugian tersebut disebabkan oleh saluran yang cukup panjang. Sehingga dalam penyaluran daya listrik melalui akan mengalami tegangan jatuh (drop voltage) sepanjang saluran yang dilalui.

Trafo dirancang sedemikian rupa sehingga perubahan tegangan pada sisi masuk/input tidak mengakibatkan perubahan tegangan pada sisi keluar/output, dengan kata lain tegangan di sisi keluar/output-nya tetap. Alat ini disebut sebagai sadapan pengaturan tegangan atau tap charger. Tap charger dibagi menjadi 2 bagian yaitu tap charger

yang bekerja saat berbeban tanpa terjadi pemutusan, biasa disebut On Load Tap Charger (OLTC) dan tap charger tanpa beban biasa disebut Off Load Tap charger.

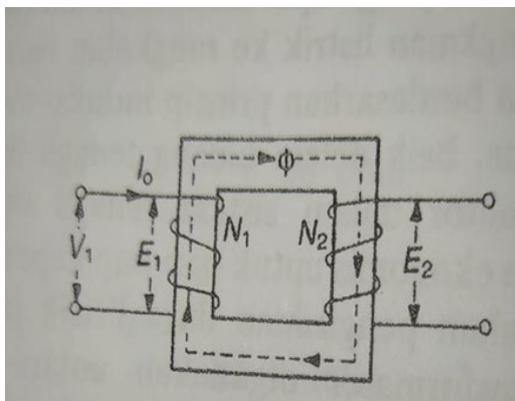
Pada dasarnya prinsip tap changer ini adalah membuat suatu variasi perbandingan belitan pada transformator. Dengan variasi perbandingan belitan ini maka diharapkan dapat memenuhi keperluan antara lain mendapatkan suatu tegangan sekunder tertentu pada saat tegangan primer berubah, mendapatkan tegangan sekunder yang bervariasi. Penempatan tap changer biasanya ditempatkan di sisi tegangan tinggi transformator dengan pertimbangan variasi tegangan yang lebih luas karena jumlah belitannya yang lebih banyak. Rumusan masalah dari penulisan ini adalah sebagai berikut :

- a. Bagaimana proses pengukuran yang benar?

- b. Apakah hasil pengukuran TTR (*transformator turn ratio*) dengan hasil perhitungan menggunakan rumus mendapatkan hasil masih dalam batas toleransi ?
- c. Apa pengaruh yang terjadi pada transformator apabila nilai pengukuran melebihi batas toleransi

II. LANDASAN TEORI

Transformator terdiri atas dua buah kumparan (primer dan sekunder) yang bersifat induktif. Kedua kumparan ini terpisah secara elektrik namun berhubungan secara magnetis melalui jalur yang memiliki reluktansi (reluctance) rendah.



Gambar 1. Skema transformator.

Bila kumparan primer transformator dihubungkan dengan sumber tegangan V1, maka akan mengalir arus primer I0 dengan belitan primer N1 reaktif murni. Arus primer I0 menimbulkan fluks (Φ).

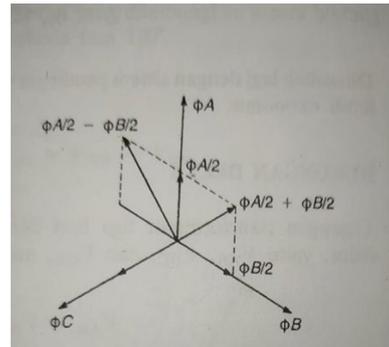
$$\Phi = \Phi_{maks} \sin \omega t \dots\dots\dots(2.1)$$

Fluks ini akan menghasilkan tegangan induksi (E).

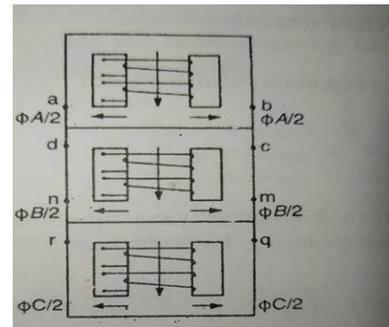
$$E = -N \frac{d\phi}{dt} \dots\dots\dots(2.2)$$

II.1 Transformator Tiga Fasa

Transformator tiga fasa digunakan karena pertimbangan ekonomi. Dari pembahasan berikut ini akan terlihat bahwa pemakaian inti besi pada transformator tiga fasa akan jauh lebih sedikit dibandingkan dengan pemakaian tiga buah transformator fasa tunggal. Gambar 2 menunjukkan tiga buah transformator fasa tunggal yang disusun keatas, sedangkan Gambar 3 menunjukkan hubungan vektornya.



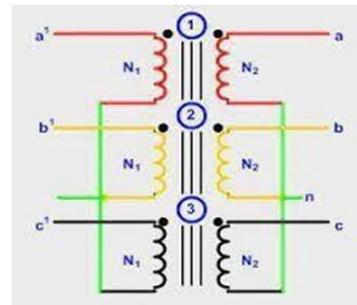
Gambar 2. Transformator 3 fasa



Gambar 3. Hubungan Vektor.

Pada bidang abcd Gambar 2. hanya diperlukan mengalir fluks sebesar : 1/2ΦA - 1/2ΦB

Apabila digunakan transformator fasa tunggal, pada bagian tersebut akan mengalir fluks sebesar 1/2ΦA dan 1/2ΦB atau sebesar ΦA. Demikian juga halnya untuk bidang (nmqr) akan mengalir fluks sebesar 1/2ΦB, 1/2ΦC atau sebesar ΦB.



Gambar 4. Lilitan Transformator 3Fase.

Hubungan antara tegangan primer, jumlah lilitan primer, tegangan sekunder, dan jumlah lilitan sekunder, dapat dinyatakan dalam persamaan :

$$\frac{V_P}{V_S} = \frac{N_P}{N_S} \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana :

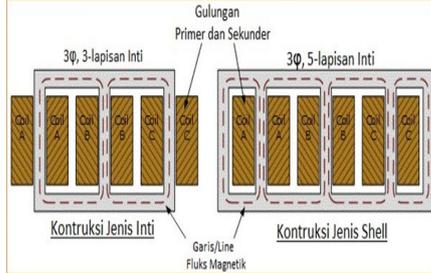
- V_P dan V_S adalah Tegangan Primer dan Skunder
- N_P dan N_S adalah Belitan sisi primer dan skunder.

II.2 Komponen Transformator Tiga Fasa

Komponen transformator terdiri dari dua bagian, yaitu peralatan utama dan peralatan bantu. Peralatan utama transformator terdiri dari:

II.1.1. Inti Besi

Dibuat dari lempengan-lempengan feromagnetik tipis yang berguna untuk mempermudah jalan fluksi yang ditimbulkan oleh arus listrik yang melalui kumparan. Inti besi ini juga diberi isolasi untuk mengurangi panas (sebagai rugi-rugi besi) yang ditimbulkan oleh arus eddy "Eddy Current".

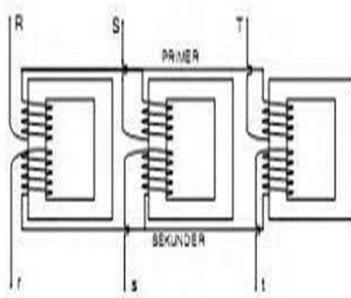


Gambar 5. Inti Besi Trafo.

II.1.2. Kumparan Transformator

Kumparan trafo terdiri dari beberapa lilitan kawat tembaga yang dilapisi dengan bahan isolasi (karton, pertinax, dll) untuk mengisolasi baik terhadap inti besi maupun kumparan lain. Untuk trafo dengan daya besar lilitan dimasukkan dalam minyak trafo sebagai media pendingin.

Banyaknya lilitan akan menentukan besar tegangan dan arus yang ada pada sisi sekunder. kumparan terdiri dari 2 komponen pokok yaitu: kumparan pertama (primer) yang bertindak sebagai input, kumparan kedua (sekunder) yang bertindak sebagai output.



Gambar 6. Kumparan Transformator.

1. Bushing

Sebuah konduktor (porselin) yang menghubungkan kumparan transformator dengan jaringan luar. Bushing diselubungi dengan suatu isolator dan berfungsi sebagai konduktor tersebut dengan tangki transformator. Selain itu juga bushing juga berfungsi sebagai pengaman hubung

singkat antara kawat yang bertegangan dengan tangki trafo.



Gambar 7. Bushing.

II.1.3. Transformator Turn Ratio (TTR)

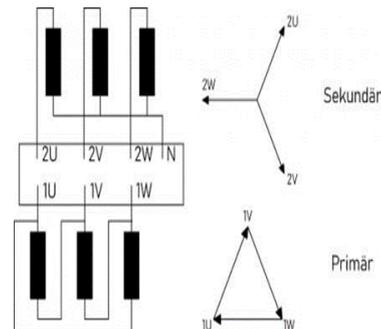
Transformator *Turn Ratio Test* (TTR) adalah metode pengukuran perbandingan belitan primer (V_p) dengan belitan sekunder (V_s) pada transformator. Metode pengukuran ini ialah untuk mengetahui kondisi belitan primer atau sekunder dari ketigaphasanya (R,S,T) apakah masihimbang atau bahkan sudah short, karena hal ini ada kaitanya dengan tegangan keluaran(sekunder) pada transformator.

Sebelum melakukan pengukuran ini ada berbagai langkah yang musti harus di pahami, antara lain :

1. Vektor Group

Pada name plate transformator, sering kita melihat kombinasi vektor diagram seperti Dyn-5, YNd-5 dan lain sebagainya. dalam pembahasan ini penulis hanya melakukan pengukuran menggunakan vector group Dyn-5. Vektor group ada kaitannya dengan pergeseran fasa antara sisi HV dengan LV.

Gambar berikut adalah contoh dari vektor group Dyn-5.



Gambar 8. Vektor Group

Gambar diatas apabila dijabarkan :

a. Huruf 1U, 1V, 1W atau sering disebut Delta menunjukkan belitan primer dan transformator berkoneksi Delta.

b. Huruf 2U, 2V, 2W atau sering disebut Wye menunjukkan belitan sekunder dan trafo berkoneksi secara bintang, N adalah titik netral yang dikeluarkan atau bisadi sebut dengan 3 fasa 4 kawat.

c. Angka 5 menunjukkan phase pertama atau phase (2U) pada belitan sekunder berada pada arah pukul 5 atau terjadi pergeseran sudut sebesar 150 derajat antara phase pertama belitan primer (1U) dengan phase kedua belitan sekunder (2V). Angka yang terdapat diakhir menandakan jam trafo. Yang berarti, sebuah lingkaran jam memiliki sudut 360° dengan urutan angka dari 1 sampai 12, maka untuk angka 1 besar sudutnya adalah 30°, untuk angka 5 adalah 150° dan seterusnya. Jadi, setiap 1 jam ada sudut 30°. Sehingga bila pada name plate tertera angka tertentu, misalkan angka 6, maka sudut yang dibentuk adalah : $6 \times 30^\circ = 180^\circ$. Untuk memudahkannya, vektor group Dyn-5. Pembacaannya adalah, belitan tiga phasa pada sisi HV dihubungkan secara Delta (D), dan belitan tiga phasa pada sisi LV dihubungkan secara bintang (Y) dengan titik netralnya (n) dibumikan. dengan pergeseran phasa antara HV dan LV sebesar 150° ($5 \times 30^\circ$). Artinya adalah, pada transformator dengan Vektor Group Dyn-5, terjadi pergeseran phasa antara sisi HV dengan LV sebesar 150°. Sehingga phasa 1U dengan 2U, 1V dengan 2V dan 1W dengan 2W memiliki beda phasa 150° (1U untuk phasa R disisi HV, 2U untuk phasa R disisi LV). Karena pada induktor, arus yang melewatinya mengalami penundaan, dan transformator tersendiri adalah induktor, maka terjadi penundaan sebesar sudut dari vektor group transformator tersebut. Pada contoh diatas sisi LV tertunda sebesar 150° terhadap sisi HV atau 150° lagging LV dengan HV. (Huruf besar identik dengan belitan primer, huruf kecil identik dengan belitan sekunder dan angkaterakhir identik dengan penunjukan arah jarum jam).

2. Tap Changer

Tap Changer atau pengubah tapping adalah suatu alat pengubah tegangan dengan mengubah rasio perbandingan belitan transformator untuk mendapatkan tegangan operasi sekunder akibat adanya perubahan tegangan pada sisi primer. Pada umumnya Tap Changer dihubungkan dengan kumparan sisi Primer dengan pertimbangan lebih mudah cara penyambungan karena kumparan Primer terletak pada belitan paling luar dan juga arus di sisi primer lebih kecil dari pada disisi Sekunder, tujuannya untuk memperkecil resiko bila terjadi los kontak dan dengan arus yang lebih kecil dapat dipergunakan ukuran/jenis konduktor yang kecil. Pemilihan tapping transformator berdasarkan pada penyesuaian besar tegangan primer transformator, besar tegangan yang diterima oleh kumparan primer transformator dipengaruhi oleh jatuh tegangan yang terjadi pada saluran. Berdasarkan SPLN 50: 1997 Ada dua macam penyadapan (tapping) tanpa bebanyaitu:

- a. Sadapan tanpa beban (STB) tiga langkah: 21, 20, 19 kV;
- b. Sadapan tanpa beban lima langkah : 22,

21, 20, 19, 18 kV.

Penyadapan ini dilakukan dengan pengubah sadapan (komutator) pada keadaan tanpa beban pada sisi primer.



Gambar 9. Tap Changer.

II.1.4. Prinsip Kerja Tap Changer

Prinsip pengaturan tegangan sekunder berdasarkan jumlah belitan primer atau sekunder. V_p , N_p dan V_s , N_s adalah parameter primer dan sekunder seperti ditunjukkan pada pers 2.3.

Jika belitan primer berkurang tegangan perbelitan akan bertambah, sehingga tegangan sekunder bertambah. Pada kondisi lain, belitan sekunder bertambah sementara belitan primer tetap, tegangan sekunder akan bertambah juga. Pengurangan belitan primer mempunyai pengaruh yang sama dengan penambahan belitan sekunder.

Beberapa faktor akan dijelaskan di bawah ini yang dapat dibuat jadi pertimbangan, saat memutuskan sisi yang mana yang akan di pasang tappingnya :

Jika belitan primer berkurang tegangan perbelitan akan bertambah, sehingga tegangan sekunder bertambah. Pada kondisi lain, belitan sekunder bertambah sementara belitan primer tetap, tegangan sekunder akan bertambah juga. Pengurangan belitan primer mempunyai pengaruh yang sama dengan penambahan belitan sekunder.

Beberapa faktor akan dijelaskan di bawah ini yang dapat dibuat jadi pertimbangan, saat memutuskan sisi yang mana yang akan di pasang tappingnya :

II.1.5. Pengukuran Rasio Tegangan

Tujuan dari pengujian ratio belitan pada dasarnya untuk mendiagnosa adanya masalah dalam antar belitan dan seksi-seksi sistem isolasi pada trafo. pengujian ini akan mendeteksi adanya hubung singkat atau ketidaknormalan pada tap changer. Tingginya nilai resistansi akibat lepasnya koneksi atau konduktor yang terhubung ground dapat dideteksi.

Konsep dasar untuk melakukan pengujian ratio trafo ini secara sederhana kita dapat menggunakan sebuah supply tegangan AC 3 fasa 380 V. Dengan

Mengacu pada Rumus Dasar Ratio Trafo $N_p/N_s=V_p/V_s=I_s/I_p$. Metoda pengujiannya adalah dengan memberikan tegangan variabel pada high voltage dan melihat tegangan yang muncul pada low voltage. Dengan membandingkan tegangan sumber dengan tegangan yang muncul maka dapat diketahui ratio perbandingannya. Pengujian dapat dilakukan dengan menggunakan alat Transformer Turn Ratio Test.

III. TAHAPAN PENGUKURAN

Dalam melakukan pengukuran ini, tahapan-tahapan yang dilakukan secara berturut-turut disusun secara sistematis dengan tujuan mendapatkan keterhubungan antara data dan informasi yang diperoleh dengan hasil yang ingin didapatkan. Penelitian dimulai dengan studi literatur. Tahap persiapan merupakan proses mencari sumber informasi data yang dapat bermanfaat untuk proses penelitian selanjutnya. Setelah itu, Tahapan pengukuran alat TTR yang dilaksanakan di perusahaan CV. OI Mori yang terletak di Malaka Sari, Duren Sawit, Jakarta Timur. Tanggal pelaksanaan yaitu 20 Juli 2021 pada 11.00 – 11.30 WIB. Hal yang pertama kali dilakukan adalah studi lapangan tempat pengujian, kemudian Pengujian alat test TTR (Transformator Turn Ratio) dilakukan untuk proses pengambilan data dari hasil uji. Informasi yang didapat merupakan data hasil pengukuran pada trafo. Data yang diperoleh selanjutnya akan dibandingkan dengan rumus dan diolah dalam bentuk tabel.

III.1 Alat Ukur Pengujian Rasio Transformator

Pengujian transformator 400 Kva dilakukan dengan menggunakan sebuah alat yang disebut TTR (*Transformator Turn Rasio*) Raytech TR-1P. Melalui alat inilah akan didapatkan besaran / nilai rasio belitan transformator yang diukur. Berikut bagian-bagian TTR Raytech TR-1P



Gambar 10. Alat Uji Rasio Transformator.

Keterangan:

1. Emergency stop, 2. Input power, 3. Thermal printer, 4. Terminal primer (HV), 5. Terminal sekunder (LV), 6. Terminal RS-232, 7. Layar LCD, 8. Tombol pengoperasian, 9. Tombol keypad, 10. Terminal tap changer, 11. Terminal

grounding, 12. Tombol power.

III.2. Diagram Koneksi Pengukuran Rasio Transformator.

Pada saat pengujian rasio transformator, terminal pada Raytech TR-1P yang digunakan adalah terminal primer (HV), terminal sekunder (LV), terminal grounding, dan terminal tap changer. Memasang kabel grounding ke peralatan dan pastikan sistem grounding telah benar.

Menyambungkan peralatan dan kabel konektor sesuai dengan fungsi masing-masing. Memeriksa dan memastikan semua kabel telah terpasang dengan baik.



Gambar 11. Gambar skematik transformator dan TTR

Dari terminal primer Raytech TR-1P (garis merah) dihubungkan ke bushing primer transformator (HV) pada transformator. Sisi primer transformator dihubungkan dengan terminal primer H1 (R), H2 (S), H3 (T). Terminal Raytech TR-1P atau disebut terminal LV dihubungkan ke bushing sekunder pada transformator. konektor dari terminal alat TTR ke bushing ada 4 konektor.

Konektor tersebut adalah konektor X1 (r), X2 (s), X3 (t) dan X0 (n).

Nilai rasio jika di ukur menggunakan rasio tegangan, maka hasilnya dapat langsung diketahui dengan formula rasio = HV/LV. Hasil perhitungan ini digunakan untuk membandingkan dengan nilai aktual dari hasil pengujian dan untuk mendapatkan nilai deviasi. Perhitungannya dapat dilihat hubung seperti dibawah ini:

Maka rumus untuk Dyn-5 hubungan belitan adalah:

$$Dyn-5 = \frac{VH\sqrt{3}}{VX} \dots\dots\dots 3$$

Setelah mendapatkan nilai rasio, lalu mencari nilai standar deviasi maksimum ratio untuk dibandingkan dengan standar IEC ± 0,5% yang dapat dilihat pada formula:

$$Max.Dev = \frac{Rasio\ Terukur - Rasio\ Name\ Plate}{Rasio\ Name\ Plate} \times 100\% \dots\dots 4$$

$$= < \pm 0,5 \%$$

IV. PENGUKURAN RASIO TRAFODAN ANALISA DATA.

1. Objek Pengujian pengujian yang digunakan dalam percobaan ini adalah transformator. Transformator yang diuji dalam percobaan dengan spesifikasi :



Gambar 12. Name Plate Transformator.

Dari gambar 12 tersebut tercantum data tegangan primer per tap nya yang dimana SW POS adalah switch posisi tap changer sedangkan HV.TAP.VOLT adalah tegangan primer disetiap tap, berikut ini data tegangan primer setiap tap pada tabel 4.1 :

Tabel 4. 1 Data tegangan primer per tap.

HV.TAP.VOLT	SW POS
21000	1
20500	2
20000	3
19500	4
19000	5

Pengukuran Trafo dan Data Hasil Pengukuran. Sebelum mendapatkan hasil data pengukuran, terlebih dahulu disiapkan alat-alat yang dibutuhkan seperti trafo, alat ukur TTR yaitu Raytech TR-1P memeriksa kembali apakah layak digunakan beserta kabel-kabel dan aksesorisnya, toolbox, roll kabel. Setelah semua alat sudah lengkap maka dapat dilanjutkan ke tahap pengukuran trafo. Adapun tahapan-tahapan pengukuran adalah sebagai berikut :

- Rangkaian dibuat seperti diagram skematik (Seperti Gambar 11)
- Hubungkan kabel H dan X pada alat TTR sesuai dengan polaritasnya ke terminal HV dan LV pada trafo sesuaikan dengan Vector Groupnya.
- Tekan tombol power sehingga TTR menyala yang ditandai dengan layar display menyala seperti gambar 4.2



Gambar 4.2. Layar LCD pada TTR saat menyala.

d. Full Set up 1 untuk posisi primer akan muncul menu seperti gambar 4.3



Gambar 4.3 menu pada setup 1.

- Sesuaikan test winding (H-X)
- Isi transformator ID yaitu nama untuk pengujiannya (misalnya 1)
- Setting Transformator tipe (Hubungan Belitan yaitu Dyn-5)
- Parameter (Tegangan pada Tap yang akan di uji, contohnya Tap 3(20.000 volt)).
- Setting berapa Tap yang dilakukan (yaitu 5 Tapping)
- Nominal voltage H tap number (contohnya Tap 1) High voltage H number (Tap 1)
- Different per tap.

e. Full setup II untuk sisi sekunder akan muncul menu seperti gambar 4.4.



Gambar 4.4.menu pada setup 2.

- X nameplate Voltage (line to line) yaitu 400 volt.
- Jumlah tap pada sisi sekunder (yaitu 1).
- Nominal voltage X number (yaitu 1)
- Diffren Tap (diabaikan saja)
- Pause beetwen fasa, yang artinya jika diinginkan pengukuran ada jeda maka pilih (YES) namun, jika tidak ada jeda dan lanjut dengan semua fasa maka pilih (No).
- Arahkan ke menu continue dan enter maka akan muncul resume dari data yang di isi.
- Selanjutnya ke menu start, maka alat akan melakukan pengujian setelah itu akan muncul dilayar hasil pengujian rasio pada tiap fasa.

- h. Pada Tap 1 nilai dari tegangan primernya 21.000 maka akan muncul nilai rasio, pada tap 2 yang high voltage 20.500 juga akan muncul nilai rasionya.
- i. Sebagai contoh pada tap 3 high voltage 20.00 muncul nilai rasio pada layar LCD TTR seperti gambar 4.5 maka begitu selanjutnyadi setiap fhasanya, begitu juga untuk tapping selanjutnya.



Gambar 4.5. Nilai Rasio pada Tap 3 Lcd
Catat hasil data rasio yang muncul di layar display TTR. Setelah selesai maka alat bisa di off kembali. Data hasil pengukuran rasio transformator (TTR) pada tiap tap masing-masing fhasa ditunjukkan pada tabel 4.2.

Tabel 4. 2 Data hasil pengukuran pada trafo 400 KVA

Fasa	Ratio Transformator pada tap changer				
	TAP 1	TAP 2	TAP 3	TAP 4	TAP 5
U (R)	90,908	88,802	86,605	84,408	82,302
V (S)	90,909	88,802	86,605	84,560	82,302
W (T)	91,001	88,802	86,606	84,500	82,303
Rata-rata per fasa	90,939	88,802	86,605	84,493	82,302

Dari tabel 4.2 diatas kita dapat melihat nilai rasio dari setiap fhasa pada trafo. Nilai hasil pengukuran tersebut akan kita bandingkan dengan cara perhitungan rumus. Untuk mendapatkan hasil perhitungan dengan hubungan belitan Dyn5 maka kita menggunakan persamaan (3) yaitu :

$$\text{Rasio (a)} = \frac{VH\sqrt{3}}{VX}$$

Maka untuk posisi tapping 1 pada posisi High voltage 21.000 dapat dihitung.

Maka untuk posisi tapping 1 pada posisi High voltage 21.000 dapat dihitung :

$$\text{Rasio (a)} = \frac{21.000 \sqrt{3}}{400} = 90,932$$

Untuk menghitung nilai toleransi maksimum dan minimumnya adalah sebagai berikut contohnya pada tap 1 yang nilainya 90,932 :

$$\begin{aligned} \text{Maksimum} &= a + (a \times 1\%) \\ &= 90,932 + (90,932 \times 1\%) = 91,841 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Minimum} &= a - (a \times 1\%) \\ &= 90,932 - (90,932 \times 1\%) \\ &= 90,022 \end{aligned}$$

Maka untuk posisi tap berikutnya disederhanakan dalam bentuk tabel, dapat dilihat daritabel 4.3

Tabel 4. 3 Data perhitungan rasio trafo menggunakan rumus toleransi (± 1%)

SW POS	VH (V)	VX (V)	Ratio Transformator		
			VH/√3 VX	Toleransi Minimu m(±1%)	Toleransi Maximum (±1%)
1	21.000	400	90,932	90,023	91,841
2	20500	400	88,767	87,879	89,654
3	20000	400	86,602	85,736	87,468
4	19500	400	84,437	83,593	85,281
5	19000	400	82,272	81,449	83,094

Pengukuran alat dengan penghitungan rumus didapatkan hasil yang berbeda. Akan tetapi hasil tersebut masih dalam jumlah angka toleransi sebesar ± 1%. Dari tabel 4.2 hasil pengukuran rasio dan tabel 4.3 hasil perhitungan rasio maka kita dapat menghitung rasio error (deviation), standart yang digunakan pada pengujian ini adalah standart IEC yang menyatakan bahwa kriteria lulus uji atau rasio error (deviation) maksimum adalah ± 0,5 %. Untuk mendapatkan deviation kita menggunakan persamaan (4) yaitu :

$$\text{Rasio error (deviation)} = \frac{\text{Rasio pengukuran} - \text{rasio perhitungan}}{\text{Rasio pengukuran}} \times 100\%$$

Maka untuk tap 1 pada posisi High voltage 21.000 adalah sebgai berikut :

$$\text{Rasio error (Deviation)} = \frac{90,939 - 90,932}{90,939} \times 100\% = 0,007\%$$

Tap 2.

$$\text{Deviation} = \frac{88,802 - 88,767}{88,802} \times 100\% = 0,04\%$$

Tap 3.

$$\text{Deviation} = \frac{86,605 - 86,602}{86,605} \times 100\% = 0,003\%$$

Tap 4.

$$\text{Deviation} = \frac{84,493 - 84,437}{84,493} \times 100\% = 0,062\%$$

Tap 5.

$$\text{Deviation} = \frac{82,302-82,272}{82,302} \times 100\% = 0,04\%$$

Dari tap 1 sampai tap 5 deviation setiap tap masih dalam batas toleransi ± 0,5%. Disisi lain penulis juga akan menghitung menggunakan SPLN yang dimana batas toleransi maksimum dan minimum adalah ± 0,5% dan untuk deviation adalah ± 0,5% maka perhitungan juga menggunakan persamaan (4), pada tap 1 posisi high voltage 21.000 maka :

$$\text{Rasio (a)} = \frac{VH\sqrt{3}}{VX} = \frac{21.000\sqrt{3}}{400} = 90,932$$

Begitu juga untuk tap 2,3,4,5 dengan cara yang sama nilai high voltage yang tertera.

Untuk menghitung nilai toleransi maksimum dan minimumnya adalah sebagai berikut dengan toleransi ± 0,5% tap 1 yang nilainya 90,932 :

$$\begin{aligned} \text{Maksimum} &= a + (a \times 0,5\%) \\ &= 90,932 + (90,932 \times 0,5\%) \\ &= 91,387 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Minimum} &= a - (a \times 0,5\%) \\ &= 90,932 - (90,932 \times 0,5\%) \\ &= 90,478 \end{aligned}$$

Maka untuk posisi tap berikutnya disederhanakan dalam bentuk tabel berdasarkan standart PLN dengan batas toleransi ± 0,5% dapat dilihat dari tabel 4.4

S W P O S	V H (V)	V X (V)	Ratio Transformator		
			$\frac{VH\sqrt{3}}{VX}$	Toleransi Mini mum(± 0,5%)	Toleransi Maxi mum(± 0,5%)
1	21.000	400	90,932	90,478	91,387
2	20500	400	88,767	88,324	89,210

3	20000	400	86,602	86,169	87,035
4	19500	400	84,437	84,015	84,859
5	19000	400	82,272	81,861	82,683

Dengan hal ini ternyata pengukuran alat yaitu tabel 14.2 dengan penghitungan rumus yaitu tabel 4.4 didapatkan hasil yang berbeda. Akan tetapi hasil tersebut masih dalam jumlah angka toleransi sebesar ± 0,5%.

5.1 SIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian rasio belitan dari sebuah trafo dengan spesifikasi : Trafo 3 fasa, kapasitas 400 Kva, Rated tegangan 20.000 volt/400 volt, frekuensi 50 Hz, hubungan Dyn-5.

Dengan menggunakan alat Test Turn Ratio yaitu Raytech TR-1P maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Ketepatan keluaran tegangan pada transformator adalah cukup baik dengan indikator rasio besar tegangan masih dalam batas toleransi yang di izinkan yaitu sekitar ± 1%
2. berdasarkan IEC dan masih dalam batas toleransi ± 0,5% dalam SPLN .2. Hasil pengujian rasio tegangan, didapatkan nilai toleransi % deviasi rata- rata ≤ 0.5% pada semua pengujian, dengan hasil ini diketahui bahwa rasio tegangan disemua tap masih dalam batas toleransi sehingga transformator layak digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

1. Zuhail, "Dasar Tenaga Listrik dan Elektronika Daya", Jakarta : Gramedia, 1988
2. Chapman Stephen J, "Elect ric Machinery Fundamentals", Second Edit ion Mc
3. Wijaya, Mochtar, "Dasar-Dasar Mesin Listrik", Edisi Pertama, Jakarta : Djambatan, 2001.
4. Siskind C.S, "Electrical Machines" Edisi Kedua, Hamburg : Mc Graw-Hill Inc, 1986.
5. Kadir, A., TRANSFORMATOR, Jakarta : UI-Press, 2010.