

ANALISA PENGUKURAN RATIO TRANSFORMATOR DAYA YANG MENGGUNAKAN *ON LOAD TAP CHANGER* (Aplikasi Pada Transformator Daya Paya Geli PLN Medan)

Raja Harahap¹⁾, Julius Alfrado Pakpahan²⁾

Konsentrasi Teknik Energi Listrik, Departemen Teknik Elektro
Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara (USU)
Jl. Almamater, Kampus USU Medan 20155 Indonesia
pakpahan_julius@students.usu.ac.id

Abstrak

*Kebutuhan energi listrik menjadi suatu kewajiban saat ini karena kegiatan ekonomi di masyarakat di suatu daerah terus meningkat. Hal ini belum termasuk kebutuhan energi listrik baik di industri baik itu industri rumah tangga, industri kecil, industri menengah ataupun industri dalam skala besar. Untuk memenuhi kebutuhan energi listrik ini, perlu dihasilkan energi listrik dari pusat-pusat pembangkit dan ditransmisikan melalui jaringan transmisi menuju Gardu Induk PLN. Dalam hal ini, masalah yang timbul di transmisi adalah terjadinya gangguan yang diakibatkan oleh Drop Voltage sehingga terjadi perubahan tegangan saat di supply ke gardu induk. Transformator yang berfungsi sebagai penguat tegangan pun harus dipersiapkan untuk menanggulangi kondisi tersebut. PLN sebagai Perusahaan penyedia energi listrik harus memastikan bahwa distribusi energi ke konsumen tidak terganggu akibat adanya perubahan tersebut. Dalam hal ini, PLN harus melakukan pengecekan rutin termasuk test untuk mengetahui kondisi dari transformator tersebut. Pengukuran Ratio ini bertujuan untuk mengetahui tegangan di sekunder transformator daya yang menggunakan *ON Load Tap Changer* dengan tegangan yang berubah-ubah di sisi primer transformator sehingga diharapkan tegangan di sekunder transformator konstan. Selain itu, pengukuran ini untuk menghitung error tegangan sekunder transformator sehingga bisa dianalisa kondisi dari transformator itu sendiri*

Kata-Kata Kunci: *ON Load Tap Changer, Pengukuran Ratio Transformator Daya*

I. Pendahuluan

Salah satu masalah yang terdapat dalam sistem tenaga listrik adalah perubahan atau penurunan yang diakibatkan pusat-pusat pembangkit tenaga listrik berada jauh dari pusat beban, hal ini mengakibatkan kerugian yang cukup besar dalam penyaluran daya listrik. Kerugian tersebut disebabkan oleh saluran yang cukup panjang sehingga dalam penyaluran daya listrik melalui transmisi maupun distribusi akan mengalami tegangan jatuh (*drop voltage*) sepanjang saluran yang dilalui. Ada beberapa cara yang dilakukan untuk memperbaiki jatuh tegangan, salah satunya dengan pemasangan *ON Load Tap Changer* pada transformator daya.

Pada dasarnya prinsip tap changer adalah membuat suatu variasi perbandingan belitan pada transformator. Dengan variasi perbandingan belitan ini, maka diharapkan dapat memenuhi keperluan antara lain mendapatkan suatu tegangan sekunder yang bervariasi, mendapatkan suatu tap tegangan tertentu di samping tap tegangan utama dan untuk mendapatkan suatu tegangan yang lebih rendah untuk start motor listrik. Penempatan tap changer biasanya ditempatkan di sisi tegangan tinggi transformator dengan banyak pertimbangan variasi tegangan yang lebih luas karena jumlah belitannya yang lebih banyak.

Pengukuran ratio transformator daya dan analisa *output* sekunder pada transformator daya yang menggunakan *ON Load Tap Changer* dilakukan untuk mengetahui seberapa baik kualitas dari transformator daya terutama tegangan keluaran di

sekunder transformator saat tegangan di sisi primer transformator mengalami perubahan karena adanya tegangan jatuh di sisi di sisi transmisi. Dari pengujian ini juga diketahui berapa error tegangan di sisi sekunder transformator yang menggunakan *ON Load Tap Changer* saat terjadi variasi tegangan di sisi sekunder transformator dimana toleransi menurut Standar PLN (SPLN) yang diizinkan adalah kurang dari 0,5%.

Pengukuran dilakukan di Gardu Induk (GI) – PT PLN (Persero) Binjai Medan. Pengukuran Ratio daya menggunakan alat *Automatic Transformer Ratio Tester* (ATRT). Pengujian dikerjakan oleh PT PLN (Persero) Penyaluran dan Pusat Pengaturan Beban (P3B) Sumatra Unit Pelayanan Transmisi Medan

II. Tinjauan Pustaka

2.1 Tap Changer

Pada sisi distribusi peningkatan efisiensi dapat dilakukan dengan menjaga tegangan terminal konsumen sampai pada batas yang ditentukan. Tegangan keluaran atau tegangan terminal konsumen dapat dikendalikan dengan pemasangan tapping pada sisi primer atau sekunder. Perubahan posisi tapping dikendalikan oleh 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 daripada 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.

2.2 Prinsip Kerja Load Tap Changer

Prinsip pengaturan tegangan sekunder berdasarkan perubahan jumlah belitan primer atau sekunder.

$$E = \frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2} = a$$

Di mana:

- E₁ = GGL induksi di sisi primer (Volt)
- E₂ = GGL induksi di sisi sekunder (Volt)
- V₁ = Tegangan Primer
- V₂ = Tegangan Sekunder
- N₁ = Belitan Primer
- N₂ = Belitan Sekunder
- a = Perbandingan transformator

Jika belitan primer berkurang tegangan per belitan akan bertambah, sehingga tegangan sekunder 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 :

1. Transformator dengan rasio belitan yang besar, disadap pada sisi tegangan tinggi, karena pengendalian tegangan keluaran lebih halus atau dengan kata lain sadapan pada belitan sisi tegangan tinggi memungkinkan merubah tegangan keluar dalam step yang cukup luas.
2. Penempatan tapping pada sisi tegangan tinggi hanya akan menangani arus yang kecil, walaupun isolasi diperlukan lebih banyak.
3. Pemasangan tap pada sisi sekunder cukup sulit karena pada umumnya belitan tegangan rendah dililit setelah inti, dan belitan tegangan tinggi dililit setelah belitan tegangan rendah. Oleh karena itu membuat tapping pada belitan tegangan tinggi lebih mudah.

Beberapa point di atas dapat dijadikan sebuah pertimbangan dalam memutuskan disisi transformator sebelah mana yang akan dipasang tapping.

2.3 Tap Changer tidak berbeban (OFF Load Tap Changer)

Tap changer tanpa beban pada transformator harus dikaitkan dengan pengaturan tegangan tap changer berbeban pada transformator utama di gardu induk yang bersangkutan. Pemanfaatan tap changer tanpa beban dari transformator, umumnya dilakukan pada saluran udara tegangan menengah yang panjang di daerah yang kepadatan bebannya relatif rendah. Tap changer tanpa beban pada transformator distribusi harus dikaitkan dengan pengaturan tegangan tap changer berbeban pada transformator utama di gardu induk yang bersangkutan. Dalam mengatur tegangan pelayanan dengan menggunakan dua tap changer dari transformator utama maupun transformator distribusinya, hanya dimungkinkan pada jaringan yang beroperasi radial. Pemanfaatan tap changer tanpa beban dari transformator distribusi, umumnya dilakukan pada saluran udara tegangan menengah yang panjang, di daerah yang kepadatan bebannya relatif masih rendah. Penggunaan tap changer ini pada transformator diharapkan dapat menghasilkan tegangan sekunder lebih stabil.

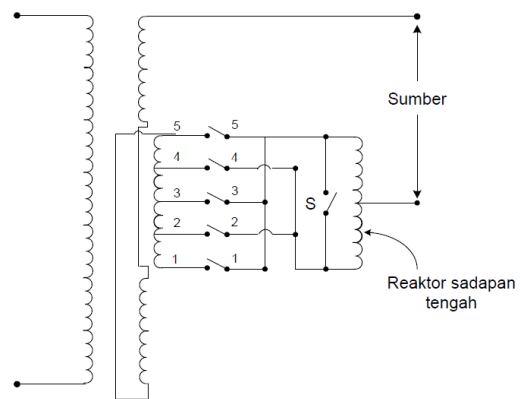
Berdasarkan SPLN 50 tahun 1997, ada dua macam penyadapan (tapping) tanpa beban, yaitu:

- Sadapan Tanpa Beban tiga langkah: 21, 20, 19 kV
- 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.

2.4 Tap Changer berbeban (ON Load Tap Changer)

Pengubahan tapping ini biasanya digunakan untuk perubahan tegangan dalam periode waktu yang singkat. Tegangan keluaran dapat diatur dengan tap changer, tanpa menyebabkan gangguan pada sistem



Gambar 1. Komponen OLTC

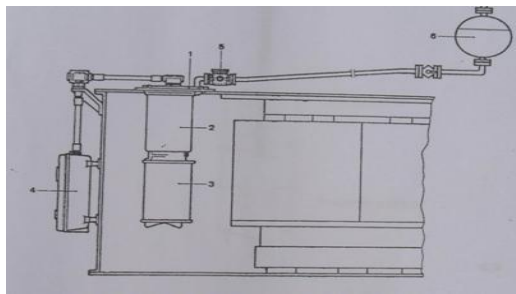
Perubahan sadapan 1 ke sadapan 2, dilakukan dengan urutan operasi sebagai berikut:

1. Buka saklar S. sekarang arus total mengalir melalui reactor pada bagian atas dan tegangan jatuhnya besar.

2. Tutup saklar 2. Belitan antara sadapan 1 dan sadapan 2 terhubung melalui reaktor.
3. Buka saklar 1. Sehingga arus mengalir melalui reactor pada bagian bawah dan tegangan jatuhnya besar.
4. Tutup saklar S. Arus mengalir melalui kedua bagian reaktor. Untuk perubahan dari tap 2 ke tap 3, urutan operasi diatas diulang kembali

2.3.1. Konstruksi dan Komponen OLTC

Tap Changer Transformator tenaga ditempatkan dalam tabung / Compartment dan direndam minyak, ditempatkan terpisah dari tangki Utama (Main-tank) Transformator karena dalam pengoperasian OLTC terjadi switching ketika kontak-kontak didalam OLTC berpindah posisi sehingga kualitas minyak cepat menurun terutama warnanya cepat kotor berwarna hitam (korbon dioksida), oleh karena itu minyak Tap Changer ditempatkan terpisah dari minyak Transformator di Tanki utama. Penempatan OLTC dirancang sedekat mungkin dengan belitan/kumparan Transformator untuk memperpendek pemakaian konduktor yang dipakai untuk menghubungkan Tap Changer dengan belitan



Gambar 2. Komponen OLTC

Komponen / Bagian-bagian OLTC :

1. Tap Changer Head
2. Diverter Switch
3. Tap Selector
4. mekanik penggerak motor
5. Relay Proteksi RS 2000
6. Konservator

Pada **Tap Changer Head** terpasang :

- Mekanism gear, untuk mengatur gerakan OLTC
- Indikator posisi tap, guna mengetahui posisi tap, angka penunjukannya harus sama dengan posisi yang ditunjukkan pada Mekanik penggerak.
- Flenes/katup-katup minyak yang menghubungkan OLTC dengan konservator, suction pipe, fasilitas untuk penyaringan minyak OLTC dan katup pembuang udara (Venting/Bleeder)

Pada **Diverter switch**, saat bergerak berubah posisi tap, kontak- kontak diverter switch, membawa arus beban namun walaupun ada arus beban tidak terjadi pemutusan arus (open connection) karena dilengkapi dengan Kontak transisi dan Resistor transisi, namun saat perubahan posisi kontak-kontak

Diverter switch terjadi arcing tetapi masih dalam batas toleransi. Gerakan diverter berlangsung setelah gerakan posisi kontak Selektor mencapai titik perpindahannya. **Tap Selector** merupakan kontak utama Tap untuk perpindahan posisi pada pengoperasian OLTC, saat perubahan sampai posisi tap yang akan dicapai Tap-Selector tidak berbeban (tidak membawa Arus), karena itu Tap Selector dapat ditempatkan dalam Main tank Transformator, kecepatan gerak Tap Selector dan Diverter Switch dari awal gerak hingga sampai di posisi berikutnya (satu step) sekitar 40 – 70 milli detik, sesuai dengan typenya

Mekanik penggerak terdiri dari beberapa komponen antara lain :

- Motor dan posisi tap
- Heater
- Kontaktor kontaktor + Wiring
- Penunjukan angka counter/jumlah operasi.
- Gear box dll

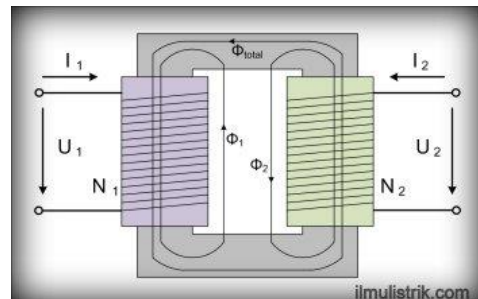
Proteksi yang terpasang pada OLTC adalah untuk pengaman terhadap tekanan lebih (pressure), yang terjadi saat gangguan berat.

- Rele Jansen / RS 2000 / RS 2001
- Pressure Relay
- Pressure relay Device
- Explosive Mebrane.

Diverter switch ditempatkan dalam kompartemen yang diisi minyak isolasi, pada pengoperasiannya terjadi pemanasan terhadap minyak oleh karena itu Untuk menampung pemuaiian minyak kompartemen OLTC dihubungkan dengan Konservator. disamping itu karena kontaminasi minyak dari diverter bisa naik ke konservator maka minyak Konservator OLTC harus terpisah / disekat dengan minyak konservator tangki utama Transformator

2.4 Pengukuran Rasio Tegangan

Tujuan dari pengujian ratio belitan pada dasarnya untuk mendiagnosa adanya masalah dalam antar belitan dan seksi-seksi sistem isolasi pada transformator. 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.



Gambar 3. Hubungan belitan transformator

Konsep dasar untuk melakukan pengujian ratio transformator ini secara sederhana kita dapat

menggunakan sebuah supply tegangan AC 3 fasa 380 V. Dengan Mengacu pada Rumus Dasar Ratio Transformator:

$$\frac{N_P}{N_S} = \frac{V_P}{V_S} = \frac{I_S}{I_P}$$

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*

3. Metodologi Penelitian

Pengukuran ini dilakukan di Gardu Induk (GI) – PT PLN (Persero) Binjai yang dikerjakan oleh PT PLN (Persero) Penyuluran dan Pusat Pengaturan Beban (P3B) Sumatra Unit Pelayanan Transmisi Medan

Pengambilan data akan dilakukan untuk di Gardu Induk Medan yaitu hasil tes yang dimiliki PLN (Gardu Induk Paya Geli) untuk dianalisis

Dari data yang diperoleh dari PLN akan dianalisis untuk mengetahui tegangan sekunder transformator daya dari pengukuran rasio belitan transformator daya.

4 Pengukuran Ratio Belitan Transformator dan analisa data

4.1 Umum

Besarnya tegangan keluaran di sisi sekunder transformator daya diharapkan dapat tepat dengan tegangan nominal yang seharusnya seperti tertulis pada *name plate* transformator daya (150/20 KV), ataupun tidak melebihi dari toleransi tegangan yang diizinkan yaitu sebesar 0,5% dari tegangan nominalnya berdasarkan standar SPLN. Oleh karena itu, pemasangan *tap changer* pada transformator daya dengan sistem perbandingan belitan diharapkan berguna untuk menjaga tegangan sekunder distribusi tetap konstan meskipun tegangan pada sisi primer berubah.

Penelitian ini dilakukan dengan cara mengukur tegangan sekunder transformator daya di mana, akan diberi tegangan primer yang bervariasi dengan batas toleransi tegangan maksimum dan minimum 5% dari tegangan nominalnya.

4.2 Data Percobaan

Dari hasil pengujian, di sisi primer sengaja diberi tegangan masukan melebihi tegangan nominalnya untuk melihat seberapa jauh drop tegangan pada sisi sekunder transformator daya. Besarnya tegangan pada sisi sekunder yang diinginkan adalah 20 kV.

Tabel 1. Data Rasio Tegangan hasil pengukuran

H Tap	Primer			Sekunder					
	Vr	Vs	Vt	Vr	Selisih (20000 v - Vr)	Vs	Selisih (20000 v - Vs)	Vt	Selisih (20000 v - Vt)
1	165000	165000	165000	19990	10	19988	12	19988	12
2	163125	163125	163125	19990	10	19986	14	19988	12
3	161250	161250	161250	19989	11	19989	11	19989	11
4	159375	159375	159375	19987	13	19987	13	19989	11
5	157500	157500	157500	19987	13	19987	13	19987	13
6	155625	155625	155625	19988	12	19988	12	19988	12
7	153750	153750	153750	19988	12	19984	16	19986	14
8	151875	151875	151875	19989	11	19984	16	19989	11
9	150000	150000	150000	19989	11	19985	15	19985	15
10	148125	148125	148125	19989	11	19985	15	19987	13
11	146250	146250	146250	19990	10	19990	10	19988	12
12	144375	144375	144375	19988	12	19989	11	19988	12
13	142500	142500	142500	19992	8	19987	13	19989	11
14	140625	140625	140625	19989	11	19989	11	19988	12
15	138750	138750	138750	19989	11	19989	11	19989	11
16	136875	136875	136875	19991	9	19991	9	19991	9
17	135000	135000	135000	19991	9	19991	9	19991	9
Total (per fasa)					184	211		200	
Rata-rata error (per fasa)					10,8235	12,4118		11,7647	

4.3 Data hasil Penelitian

Dari hasil perhitungan pada Tabel 1, didapatkan besarnya error dari tegangan sekunder dari 17 tapping:

- Pada fasa R (V_r) = 10,8245 V
- Pada fasa S (V_s) = 12,4118 V
- Pada fasa T (V_t) = 11,7647 V

Atau jika dinyatakan dalam persen, maka:

$$\% \text{ Error teg. Sekunder} = \frac{\text{Error tegangan}}{\text{Sekunder transformator}} \times 100\%$$

$$\text{Untuk fasa R } (V_r) = \frac{10,8235 \text{ V}}{20.000 \text{ V}} \times 100\% = 0,054\%$$

$$\text{Untuk fasa S } (V_s) = \frac{12,4118 \text{ V}}{20.000 \text{ V}} \times 100\% = 0,062\%$$

$$\text{Untuk fasa T } (V_t) = \frac{11,7647 \text{ V}}{20.000 \text{ V}} \times 100\% = 0,058\%$$

5. Kesimpulan

Bedasarkan hasil analisa dari percobaan diatas maka diperoleh beberapa kesimpulan:

1. Ketepatan tegangan keluaran disisi sekunder transformator daya $3\Phi, 50\text{Hz}, 25\text{KVA}, 700\text{V} - 400/231 \text{ V}$ Hub Dy53 Tap Variasi 5%/ tap dengan penggunaan tapchanger tipe on load adalah cukup baik dengan indikator besar harga sesatan tegangan sekunder atau persen errornya hanya sekitar 1.85% atau masih dalam batas toleransi drop tegangan yang diijinkan yaitu $\pm 5\%$.

2. Ketepatan tegangan keluaran disisi sekunder tidak selalu dapat mencapai 100% karena jumlah tap yang disediakan pada transformator daya terbatas artinya, sistem perbandingan belitan yang di rancang pada transformator daya tidak untuk setiap rentang tegangan masukan pada variasi 5% namun hanya pada batas maksimal 5% dan minimal 5% tegangan nominalnya supaya dapat tepat. Tapi masih dapat melayani tegangan masukan diantara rentang tersebut dan tegangan keluarannya masih dalam batas toleransi drop tegangan yang diijinkan $\pm 5\%$.

Daftar Pustaka

- [1] Bimbhra, P. S, 1990, *Electrical Machinery*, Edisi Keempat, Goel Offset Press, Delhi.
- [2] Chapman, Stephen J., 1987, *Electrical Machinery Fundamentals*, McGraw-Hill Inc, Singapore .
- [3] Puchstein, A. F, Lloyd, T.C dan A. G. Conrad, 1954, *Alternating Current Machines*, Edisi ketiga, Tuttle Company, Tokyo.
- [4] Stigant A. S dan A. C. Franklin, 1973, *The J & P Transformer Book*, Edisi Kesepuluh, Newnes-Butterworths, Britain.
- [5] Siskind C. S, 1986, *Electrical Machines*, Edisi Kedua, McGraw-Hill Inc, Hamburg.
- [6] Wijaya, Mochtar, 2001, *Dasar-Dasar Mesin Listrik*, Edisi Pertama, Djembatan, Jakarta.
- [7] Zuhail, 1991, *Dasar Tenaga Listrik*, Penerbit ITB, Bandung.