

Care and Maintenance System Generator Transformer 20KV-150KV

Didik Aribowo¹, Romi Wiryadinata², Daniel Alexander YH³

SINKEN Research Group, Teknik Elektro,
Fak. Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa
Jln. Jendral Sudirman kM 4, Cilegon, Banten

¹aribowo82@yahoo.co.id

²romi@wiryadinata.web.id

³daniel.alexander892@gmail.com

Intisari---Transformator tenaga merupakan peralatan utama dalam sistem penyaluran tenaga listrik. Transformator tenaga berfungsi menyalurkan tenaga dengan menaikkan tegangan dari pembangkit ke dalam saluran transmisi. Oleh karena fungsinya yang sangat penting, maka diperlukan adanya pemeliharaan dan perawatan untuk transformator tenaga. Pemeliharaan dilakukan untuk meningkatkan *reliability*, *availability* dan *efficiency*, memperpanjang usia peralatan, mengurangi resiko terjadinya kegagalan atau kerusakan peralatan dan memprediksi dan mengurangi lama waktu padam akibat sering gangguan. Jenis pemeliharaan yang dilakukan ada empat jenis, yaitu *Predictive Maintenance*, *Preventive Maintenance*, *Corrective Maintenance*, *Breakdown Maintenance*. Gangguan yang umumnya terjadi pada transformator tenaga adalah kekuatan isolasi pada kumparan inti transformator yang menurun, kualitas dan kandungan gas yang terlarut dalam minyak transformator dan sistem resistansi pentanahan. Metode sistem pemeliharaan *generator transformer* yang dilakukan disini menggunakan metode tangen delta dan metode *dissolved gas analysis* (DGA). Sedangkan peralatan yang digunakan pada sistem pemeliharaan generator transformer yaitu *neutral grounding resistant* (NGR) sebagai bagian dari sistem pemeliharaan.

Kata kunci--- Tangen Delta, *Neutral Grounding Resistant* (NGR), *Dissolved Gas Analysis* (DGA).

Abstract---Power transformer is the main equipment in the power distribution system is used to supply energy by increasing the voltage from the generator to the transmission line. Maintenance and care required for power transformers, because its function is essential to improve the reliability, availability, efficiency, extend equipment life, reduce the risk of failure or damage to the equipment, predict and mitigate outages due to frequent disturbances. Four types of maintenance that is predictive maintenance, preventive maintenance, corrective maintenance and breakdown maintenance. Power transformers disorders often occur because of decreased strength of the insulating core transformer coil, the quality and content of gases dissolved in transformer oil, and resistance grounding system. Power transformer maintenance method were calculated using the tangent delta and dissolved gas analysis method (DGA) and the equipment used in the maintenance system that is resistant neutral grounding (NGR).

Keywords---tangent delta , neutral grounding resistant (NGR) , dissolved gas analysis (DGA).

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Transformator tenaga adalah salah satu bagian penting dalam pembangkitan dan penyaluran energi listrik, karena fungsinya yang sangat penting maka diperlukan adanya pemeliharaan dan perawatan untuk menunjang performa dan kinerja dari transformator untuk mencapai hasil yang

maksimal. Pemeliharaan dan perawatan tersebut untuk memprediksi adanya gangguan dari internal (kualitas dan kandungan dari minyak transformator dan kemampuan isolasi pada bagian kumparan) maupun gangguan eksternal (pentanahan melalui NGR transformator yang dapat menimbulkan gangguan bahkan kerusakan pada transformator). Pada pemeliharaan dilakukan pengambilan data, hasil pengujian yang sudah

dilakukan akan dibandingkan dengan nilai pengujian standar untuk melihat baik atau tidaknya kondisi transformator dari hasil pengujian yang baru dilakukan.

B. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang akan dicapai dalam penelitian ini adalah:

- 1) Memahami tentang sistem perawatan dan pemeliharaan transformator tenaga 20kV-150kV
- 2) Memahami terjadinya gangguan yang sering terjadi pada transformator tenaga dan solusi penanganannya penanganannya.

II. TINJAUAN TEORI

A. Pengertian dan Tujuan Pemeliharaan

Pemeliharaan peralatan listrik tegangan tinggi adalah serangkaian tindakan atau proses kegiatan untuk mempertahankan kondisi dan meyakinkan bahwa peralatan dapat berfungsi sebagaimana mestinya sehingga dapat dicegah terjadinya gangguan yang menyebabkan kerusakan. Tujuan pemeliharaan peralatan listrik tegangan tinggi adalah untuk menjamin kontinuitas penyaluran tenaga listrik dan menjamin kehandalan, antara lain^[2]:

- 1) Meningkatkan *reliability*, *availability* dan *efficiency*.
- 2) Memperpanjang umur peralatan.
- 3) Mengurangi resiko terjadinya kegagalan atau kerusakan peralatan.
- 4) Meningkatkan *safety* peralatan.
- 5) Mengurangi lama waktu padam akibat sering gangguan.

B. Jenis-Jenis Pemeliharaan

- 1) *Predictive Maintenance*, pemeliharaan yang dilakukan dengan cara memprediksi kondisi suatu peralatan listrik, apakah dan kapan kemungkinannya peralatan listrik tersebut menuju kegagalan, dengan memprediksi kondisi tersebut dapat diketahui gejala kerusakan secara dini^[2].

2) *Preventive Maintenance*, pemeliharaan yang dilaksanakan untuk mencegah terjadinya kerusakan peralatan secara tiba-tiba dan untuk mempertahankan unjuk kerja peralatan yang optimum sesuai umur teknisnya. Kegiatan ini dilaksanakan secara berkala dengan berpedoman kepada *Instruction Manual* dari pabrik, standar-standar yang ada (IEC, CIGRE, dll) dan pengalaman operasi di lapangan^[2].

3) *Corrective Maintenance*, pemeliharaan yang dilakukan dengan berencana pada waktu-waktu tertentu ketika peralatan listrik mengalami kelainan atau unjuk kerja rendah pada saat menjalankan fungsinya dengan tujuan untuk mengembalikan pada kondisi semula disertai perbaikan dan penyempurnaan instalasi^[2].

4) *Breakdown Maintenance*, adalah pemeliharaan yang dilakukan setelah terjadi kerusakan mendadak yang waktunya tidak tertentu dan sifatnya darurat^[2].

C. Jenis-Jenis Gangguan

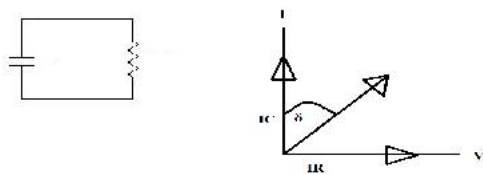
Gangguan yang umumnya terjadi pada transformator tenaga diantaranya adalah suhu lebih, kekuatan isolasi yang menurun, pergeseran lilitan pada kumparan, pentanahan dan lain-lain^[2].

III. PEMBAHASAN

A. Pengujian Tangen Delta

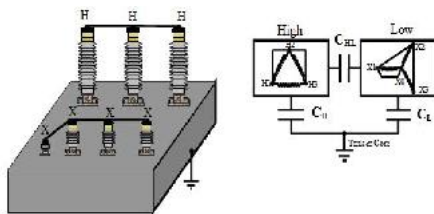
Salah satu bagian paling kritis dari trafo tenaga adalah isolasi trafo. Isolasi trafo berupa isolasi kertas, minyak, dan keramik. Isolasi trafo merupakan bahan dielektrik yang berfungsi untuk memisahkan dua bagian yang bertegangan, misalnya antara kumparan dengan tangki trafo. Seiring dengan usia operasi trafo maka kondisi isolasi dapat mengalami pemburukan, hal ini dapat disebabkan karena tegangan lebih maupun suhu operasi yang tinggi.

Kegagalan isolasi dapat menyebabkan kegagalan operasi atau bahkan kerusakan trafo. Trafo dengan isolasinya ini dapat dimodelkan sebagai rangkaian kapasitor yang paralel dengan resistor. Kapasitor yang sempurna apabila dicatu tegangan bolak balik maka arusnya akan tertinggal sebesar 90 derajat terhadap tegangannya, tetapi karena adanya disipasi daya (dimodelkan sebagai resistor R) maka beda sudut antara arus dan tegangannya lebih kecil dari 90 derajat. Berikut ini (Gambar 1) adalah diagram vektor dari rangkaian ekivalen trafo.



Gbr. 1 Rangkaian Ekivalen Trafo dengan Isolasi dan Diagram Vektor.

$\tan \delta$ menyatakan faktor rugi-rugi daya, besaran inilah yang menjadi indikasi besarnya daya yang terdisipasi atau hilang, semakin besar nilai tangent delta maka semakin besar daya yang terdisipasi yang berarti kualitas isolasi semakin buruk. Pengujian tangent delta menggunakan beberapa alat uji dari beberapa seperti Megger, Omicron, Doble, Tettex dll. Langkah awal sebelum melakukan pengujian adalah membebaskan trafo dari tegangan dengan melepas sambungan ke busbar, kemudian memasang pentanahan temporer pada trafo agar proses pengujian berjalan aman. Bersihkan bushing dan hubung singkat antar terminal primer, sekunder dan tersier dengan menggunakan bare konduktor atau kabel lurus. Berikut ini (Gambar 2) adalah rangkaian untuk pengujian trafo tiga fasa:



Gbr. 2 Rangkaian Pengujian Tangen Delta

Pengujian nilai $\tan \delta$ dilakukan dalam beberapa posisi, yaitu HV (*High Voltage*) - LV (*Low Voltage*) dan *Earth* (Pentanahan), LV (*Low Voltage*) - HV (*High Voltage*) and *Earth* (Pentanahan) dan *Core* (Inti Besi) - Ground (Pentanahan). Pengukuran dilakukan dalam variabel waktu yang berbeda untuk melihat ketahanan dari isolasi yang diinjeksikan tegangan sebesar 500 volt. Didapat nilai dari $\tan \delta$ yang didapatkan. Berikut ini (Tabel 1) hasil pengujian tangent delta disajikan dalam bentuk tabel.

Tabel 1. Hasil Pengujian *Tangent Delta*

Testing Position	R15s (GΩ)	R60 (GΩ)	R600s (GΩ)	R60s/R15s	R600s/R60s	Tanδ (%)	Cx (nF)
HV-LV and Earth	4.08	5.99	9.79	1.39	2.39	0.225	17.94
LV-HV and Earth	4.76	7.31	13.3	1.54	1.82	0.419	36.99
HV, LV, and Earth	11.6	16.1	32.1	1.39	1.99	0.434	32.87
Core-Ground	-	100	-	-	-	-	-
Clamp-Ground	-	100	-	-	-	-	-
Core-Clamp	-	100	-	-	-	-	-
Measure Winding	HV - LV		HV - Earth		LV - Earth		
Cx(nF)	10.82		7.15		25.69		
Temperature: 35°C							
Applied Instrument: UT513 5000V Megger HMJS6000 Non Industrial Frequency auto-test bridge							

Dari nilai-nilai tersebut, dapat ditarik kesimpulan bahwa keadaan isolasi masih cukup baik karena menurut Standar nilai Dissipation Factor Menurut Buku Forum Engineering PT.PLN (Persero) P3B yakni Tidak melebihi 4%.

B. Pengujian dengan Metode DGA

Trafo sebagai peralatan tegangan tinggi tidak lepas dari kemungkinan mengalami kondisi abnormal, pemicunya dapat berasal dari internal maupun eksternal trafo. Ketidaknormalan ini akan menimbulkan dampak terhadap kinerja transformator dan output transformator.

Secara umum, dampak/akibat ini dapat berupa *overheat*, *corona*, dan *arcing*. Salah satu metoda untuk mengetahui ada atau tidaknya ketidaknormalan pada trafo adalah dengan mengetahui dampak dari ketidaknormalan trafo itu sendiri, untuk mengetahui dampak ketidaknormalan pada trafo digunakan metoda DGA (*Dissolved gas analysis*) dengan menggunakan alat pengujian DGA seperti terdapat pada (Gambar 3) berikut.



Gbr. 3 Alat Pengujian DGA

Pada saat terjadi ketidaknormalan pada trafo, minyak isolasi sebagai rantai hidrocarbon akan terurai akibat besarnya energi ketidaknormalan dan akan membentuk gas-gas hidrocarbon yang larut dalam minyak isolasi itu sendiri. Pada dasarnya DGA adalah proses untuk menghitung kadar/nilai dari gas-gas hidrocarbon yang terbentuk akibat ketidaknormalan. Dari komposisi kadar/nilai gas-gas itulah dapat diprediksi dampak-dampak ketidaknormalan apa yang ada di dalam trafo, apakah *overheat*, *arcing*, atau *corona*.

Gas gas yang dideteksi dari hasil pengujian DGA adalah H_2 (*Hydrogen*), CH_4 (*Methane*), N_2 (*Nitrogen*), O_2 (*Oksigen*), CO (*Carbon monoxide*), CO_2 (*Carbondioksida*), C_2H_4 (*Ethylene*), C_2H_6 (*Ethane*), C_2H_2 (*Acetylene*). Secara garis besar gas gas yang larut di dalam minyak isolasi trafo akan diekstraksi/dipisahkan dari minyak isolasi itu sendiri terlebih dahulu sehingga nantinya gas tersebut dapat diuraikan dan diketahui kadarnya. Setelah terpisah antara gas dengan minyak, gas tersebut akan diuraikan kembali

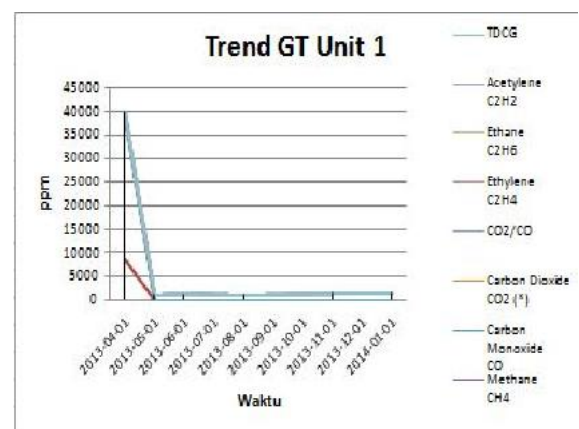
berdasarkan jenis gasnya dengan menggunakan metoda chromatography.

Gas-gas yang telah terurai akan dideteksi oleh detektor berupa sinyal. Sinyal ini yang nantinya digunakan untuk mengetahui jumlah kadar gas dengan memperhitungkan luas sinyal tiap gas. Pengujian ini mengacu pada standar ASTM D 3613. Berikut adalah jenis gas yang sudah diekstrak dari minyak transformator dan sifat-sifatnya.

Tabel 2. Hasil Pengujian DGA

Jenis Gas	Sifat Gas
Hydrogen (H_2)	<i>Uncombustible</i>
Oksigen (O_2)	<i>Uncombustible</i>
Nitrogen (N_2)	<i>Uncombustible</i>
Metana (CH_4)	<i>Combustible</i>
Karbon Monoksida (CO)	<i>Combustible</i>
Karbon Dioksida (CO_2)	<i>Uncombustible</i>
Etena (C_2H_4)	<i>Combustible</i>
Etuna (C_2H_2)	<i>Combustible</i>
Etana (C_2H_6)	<i>Combustible</i>

Dapat dilihat ada beberapa gas yang bersifat *Combustible* (mudah terbakar). Dari semua gas yang bersifat mudah terbakar, dihitung jumlah kadarnya kemudian dijadikan satu dalam *TDCG* (*Total Dissolved Combustible Gas*) atau jumlah gas terlarut yang mudah terbakar. Dari jumlah tersebut akan dibandingkan dengan standar yang telah ditetapkan, yaitu 720.



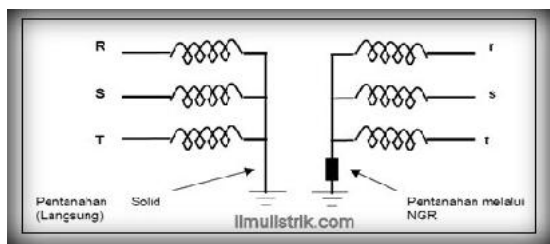
Gbr. 4 Trend DGA

Pada grafik (gambar 4), bisa dilihat kadar dari macam-macam gas yang terkandung

dalam minyak transformator. Pengukuran dilakukan secara berkala untuk memastikan bahwa kandungan gas yang terlarut tidak melebihi ambang batas dan membahayakan transformator tersebut.

C. Perawatan NGR

Salah satu metoda pentanahan trafo tenaga adalah dengan menggunakan NGR. NGR (Gambar 5) adalah sebuah tahanan yang dipasang serial dengan neutral sekunder pada transformator sebelum terhubung ke ground/tanah. Tujuan dipasang NGR adalah untuk mengendalikan besarnya arus gangguan yang mengalir dari sisi neutral ke tanah. Hal ini terkait dengan Pola pengamanan Trafo Tenaga disisi Sekunder (Sistem Distribusi).



Gbr. 5 Hubungan NGR pada pentanahan Transformator

Ada dua jenis NGR, yaitu:

- 1) *Liquid*, yang berarti bahwa resistornya menggunakan larutan air murni yang ditampung dalam bejana dan ditambahkan garam (NaCl) untuk mendapatkan nilai resistansi yang diinginkan
- 2) *Solid*, NGR jenis padat terbuat dari *Stainless Steel*, *FeCrAl*, *Cast Iron*, *Copper Nickel*, atau *Nichrome* yang diatur sesuai nilai tahanannya.

Neutral grounding resistor berfungsi sebagai pembatas arus dalam saluran netral trafo. Agar NGR dapat berfungsi sesuai desainnya perlu dipastikan bahwa nilai tahanan dari NGR tersebut sesuai dengan spesifikasinya dan tidak mengalami kerusakan, untuk mengukur nilai tahanan NGR bisa dilakukan dengan menggunakan

voltage slide regulator, *voltmeter*, dan *amperemeter*.

Pada prinsipnya NGR akan diberikan beda tegangan pada kedua kutubnya dan dengan memanfaatkan pengukuran arus yang mengalir pada NGR dapat diketahui nilai tahanannya. Fungsinya untuk membatasi arus gangguan tanah.

Merk : Hubei Shaokin Electric
Tipe : -
Tegangan : DZ6.6,3/400
Resistansi : 9,09 Ohm
Arus : 400A
Serial : 803206
Berat : 960 kg
Tanggal : 26-03-2008

Tabel 3. Hasil Perawatan dan Pengujian NGR sisi A dan B.

No	Jenis Pemeriksaan	Hasil
1	Pengukuran Tahanan	9 Ω (30° C)
2	Pemeriksaan dan <i>Cleaning</i> Isolator	Baik
3	Pemeriksaan <i>Connection</i>	Baik
4	Pemeriksaan dan <i>Cleaning</i> NGR	Baik
5	Pemeriksaan dan <i>Cleaning</i> bagian dalam <i>panel</i>	Baik
6	Pemeriksaan dan <i>Cleaning</i> bagian luar <i>panel</i>	Baik

Perawatan NGR dilakukan dengan memasukkan tegangan dari alat pengukuran dan bisa didapatkan nilai resistansi dari material isolator tersebut. Juga dilakukan pembersihan pada bagian luar dan dalam panel NGR.

IV. PENUTUP

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan bahwa:

- 1) Perawatan rutin dilakukan berdasarkan keadaan peralatan dan jadwal yang sudah ditentukan.
- 2) Perawatan tersebut meliputi pengujian kekuatan isolasi pada kumparan trafo, pengujian gas terlarut pada minyak trafo dan pentanahan trafo tenaga.

- 3) Beberapa tujuan dilakukannya pemeliharaan adalah untuk meningkatkan *reliability*, *availability* dan *efficiency*, memperpanjang umur peralatan, mengurangi resiko terjadinya kegagalan atau kerusakan peralatan, meningkatkan *safety* peralatan dan mengurangi lama waktu padam akibat sering gangguan.
- 4) Ada beberapa jenis pemeliharaan peralatan, yaitu *Predictive Maintenance* (*Conditional Maintenance*), *Preventive Maintenance* (*Time Base Maintenance*), *Corrective Maintenance* dan *Breakdown Maintenance*
- 5) Beberapa gangguan yang umumnya muncul pada transformator tenaga adalah menurunnya kualitas isolasi kertas pada kumparan inti transformator, nilai resistansi pentanahan yang berkurang dan adanya kandungan gas-gas yang mudah terbakar pada minyak transformator.
- 6) Pada gangguan kualitas isolasi kertas pada kumparan inti transformer biasanya dilakukan pengujian *tangent delta*, untuk gangguan nilai resistansi pentanahan dilakukan perawatan NGR dan untuk gangguan kandungan gas-gas yang mudah terbakar pada minyak transformator dilakukan pengujian DGA.
- 7) Pengujian *tangent delta* adalah pengujian yang dilakukan untuk mengukur nilai daya yang terdisipasi pada isolasi kertas pada kumparan inti transformer. Semakin besar nilai daya yang terdisipasi, maka nilai isolasi makin menurun. Pengujian *tangent delta* menggunakan alat pengukuran *Megger* yang menyuplai tegangan sebesar 500 Volt selama beberapa saat untuk mengukur nilai daya yang terdisipasi.
- 8) Perawatan NGR (*Neutral Grounding Resistance*) adalah perawatan yang dilakukan untuk menjaga nilai resistansi pentanahan dan menjaga kebersihan dari panel dan material resistansi.
- 9) Pengujian DGA (*Dissolved Gas Analysis*) adalah pengujian yang dilakukan untuk melihat kandungan gas-gas yang terlarut pada minyak transformator. Jenis-jenis gasnya adalah H₂ (*Hydrogen*), CH₄ (*Methane*), N₂ (*Nitrogen*), O₂ (*Oksigen*), CO (*Carbon monoxide*), CO₂ (*Carbondioksida*), C₂H₄ (*Ethylene*), C₂H₆ (*Ethane*), C₂H₂ (*Acetylene*).
- 10) Pengujian DGA menggunakan metode Chromatography dimana gas akan diekstrak dari sampel minyak transformator dan melihat jumlah gas terlarut yang mudah terbakar kemudian dibandingkan dengan nilai standar.

REFERENSI

- [1] Marsudi, Djiteng. “*Pembangkit Tenaga Listrik Jilid edisi 2*”. Jakarta 2011.
- [2] PT. PLN (Persero) P3B. “*Panduan Pemeliharaan Trafo Tenaga*” 13 Juni 2003
- [3] <http://ilmulistrik.com/pengukuran-tangen-delta-winding-trafo-tenaga.html>
- [4] <http://inventor.grantadesign.com/en/notes/science/material/S15%20Dielectric%20loss.html>
- [5] <http://ilmulistrik.com/neutral-grounding-resistant.html>
- [6] [http://www.oil-testers.com/Tan-Delta test systems.html](http://www.oil-testers.com/Tan-Delta_test_systems.html)
- [7] <http://web.ipb.ac.id/~tepfeteta/elearning/medisa/energi%20dan%20listrik%20pertanian/materi%20web%20elp/bab%20IX%20Transformator%20dan%20mesin%20listrik/indexTransformator.html>