

ANALISIS TAHANAN ISOLASI TANGENT DELTA BUSHING GENERATOR TRANSFORMER PT. INDONESIA POWER UJP PLTU JAWA TENGAH 2 ADIPALA

Muhammad Fathul Amin Arrosyid, Ramadoni Syahputra, Anna Nur Azilah Chamim
Jurusan Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Jalan Lingkar Selatan, Kasihan,
Bantul, Yogyakarta 55183
Email: fathulamin2510@gmail.com

Intisari

Pada penelitian ini dilakukan pengujian untuk mengetahui tahanan isolasi pada bushing generator transformer PT. INDOENSIA POWER UJP PLTU Jawa Tengah 2 Adipala apakah masih dalam keadaan baik setelah terjadinya *flashover*. Dalam penelitian ini cara untuk mengetahui tahanan isolasi masih dalam keadaan baik adalah dengan mengumpulkan data dan melakukan pengujian *tangent delta* di lokasi penelitian. Selanjutnya menganalisis apakah hasil uji yang didapat bernilai baik sesuai dengan standar *ANSI C 57.12.90*. Pada penelitian ini didapatkan hasil bahwa pengujian tahanan isolasi tangent delta pada bushing generator transformer setelah terjadinya *flashover* bernilai buruk dibawah standar yang digunakan. Hal tersebut dikarenakan adanya kontaminasi pada isolasi bushing sehingga dilakukan tindakan untuk mendapatkan nilai *tangent delta* terbaik. Setelah dilakukan tindakan didapatkan hasil *tangent delta* dengan nilai 0.4984% untuk fasa R, 0.4412% untuk fasa S, dan 0.4131% untuk fasa T, yang mana nilai tersebut memenuhi standar *ANSI C 57.12.90* agar peralatan bisa bekerja dengan baik.

Kata kunci: Bushing Generator Transformer, *flashover*, *tangent delta*.

1. PENDAHULUAN

Pada zaman sekarang, masyarakat banyak menggunakan energi listrik sebagai sumber energi untuk berbagai macam kebutuhan, seperti kegiatan ekonomi dan industri. Tingkat kebutuhan masyarakat akan sumber energi listrik semakin hari semakin meningkat. Hal ini menimbulkan adanya kebutuhan akan sumber energi listrik yang memiliki keandalan dan kontinuitas yang baik. Untuk memperoleh keandalan dan kontinuitas listrik yang baik, sistem tenaga listrik harus memanfaatkan teknologi sumber energi yang bersifat efisien, pengecekan kondisi mesin agar tetap baik, proteksi terhadap mesin listrik, serta menggunakan sumber energi terbarukan.

Bushing adalah salah satu mesin listrik dalam sistem tenaga listrik. Bushing adalah saluran penghubung antara generator dengan jaringan luar. Pada penggunaan bushing generator transformer tegangan tinggi diperlukan isolasi. Isolasi sangatlah

penting karena semakin tinggi tingkat isolasi maka semakin baik kinerja dari generator. Maka dari itu perlu dilakukan pengecekan dan pengujian tahanan isolasi sesuai prosedur.

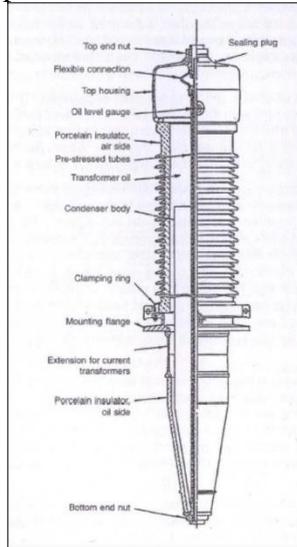
Salah satu pengujian tahanan isolasi pada peralatan listrik tegangan tinggi adalah pengujian *tangent delta*. Pengujian *tangent delta* digunakan untuk mengetahui apakah isolasi yang digunakan masih layak digunakan atau tidak. Pada kali ini dilakukan pengujian *tangent delta* sebelum terjadinya *flashover* dan setelah terjadinya *flashover* pada bushing generator transformer PT. INDONESIA POWER UJP PLTU Jawa Tengah 2 Adipala.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Bushing Generator Transformer

Bushing merupakan sarana penghubung antara belitan dengan jaringan luar. Bushing terdiri dari sebuah konduktor yang diselubungi oleh isolator. Isolator

tersebut yang berfungsi sebagai penyekat antara konduktor bushing dengan *body main tank* transformator. Bagian-bagian bushing ditunjukkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2. 1 Bagian-bagian Bushing

Secara garis besar bushing memiliki empat bagian utama, yaitu isolasi, konduktor, klem koneksi, dan aksesoris. Isolasi pada bushing terdiri dari dua jenis yaitu *oil impregnated paper* (oip) dan *resin impregnated paper* (rip). Pada tipe *oil impregnated paper* isolasi yang digunakan adalah kertas isolasi dan minyak sedangkan pada tipe *resin impregnated paper* isolasi yang digunakan adalah kertas isolasi dan resin.

2.2 Flashover

Flashover adalah gangguan yang terjadi berupa loncatan api yang terjadi antar isolator atau komponen listrik tegangan tinggi. Hal ini dapat terjadi akibat gagalnya isolasi dari sistem tegangan tinggi tersebut.

Kegagalan listrik pada isolator dapat disebabkan oleh adanya rongga-rongga kecil pada dielektrik padat (porselen) atau disebabkan terjadinya *flashover* di sepanjang permukaan isolator. Rongga-rongga kecil pada isolator ditimbulkan karena isolator dibuat kurang sempurna pada saat pembuatan, dengan demikian karakteristik listrik dari isolator tersebut kurang baik. Rongga kecil pada isolator lama-kelamaan akan menyebabkan kerusakan mekanik pada isolator. Terjadinya *flashover* menyebabkan

kerusakan pada isolator oleh karena panas yang dihasilkan busur di sepanjang permukaan isolator. Oleh sebab itu isolator harus dibuat sedemikian rupa sehingga tegangan pada rongga kecil lebih tinggi dari pada tegangan yang menyebabkan *flashover*.

Kegagalan lewat denyar (*flashover*) berawal dari terbentuknya pita kering (*dry band*). Seperti telah dijelaskan sebelumnya, bahwa terbentuknya lapisan konduktif di permukaan isolator diakibatkan oleh adanya polutan yang menempel. Lapisan yang terbentuk di permukaan isolator ini menyebabkan mengalirnya arus bocor (*leakage current*). Dengan mengalirnya arus bocor, terjadi pemanasan di lapisan tersebut. Lapisan ini dapat membentuk pita kering (*dry band*) akibat dialiri arus bocor secara terus menerus. Pada tegangan tertentu, kondisi ini dapat menyebabkan pelepasan muatan melintasi pita kering. Pelepasan muatan dapat memanjang sehingga terbentuk busur listrik (*arc*) dan terjadi lewat denyar (*flashover*) yang melalui seluruh permukaan isolator.

2.3 Isolasi

Kualitas isolasi menjadi faktor yang harus diperhatikan untuk melakukan suatu perbaikan (*rewinding*) ataupun (*reinsulation*). Pengujian dengan tetangan tinggi pada belitan merupakan salah satu cara untuk mengetahui adanya arus bocor pada isolasi belitan. Dengan memberikan tegangan tinggi pada isolasi belitan, maka dapat menunjukkan kualitas dari isolasi terhadap tegangan kerja yang di terima.

Besarnya nilai arus bocor yang terdeteksi pada saat pengujian, menjadi parameter dari ketahanan kualitas isolasi terhadap tegangan kerja yang diterima. *Dissipation factor* atau *tan delta* merupakan parameter untuk memperlihatkan efisiensi isolasi. Pengujian *tan delta* sangat efektif untuk mendeteksi adanya kontaminasi isolasi, kualitas semikonduktor, jumlah kandungan kehampaan dan *partial discharge*.

Isolasi sangatlah berbeda antara aslinya dan kekayaannya, keduanya adalah *mano* metalik dan tidak tersusun secara teratur atau organik, seragam atau heterogen dikomposisi, alami atau buatan. Banyak dari merka berasal dari bahan alami seperti kertas, kain, mika dan lilin.

Banyak sekali kekayaan yang dapat menentukan pantas atau tidaknya suatu bahan isolasi. Daya hambat, kekuatan elektis, histeris *dielectric* dan keuletan adalah syarat suatu bahan isolasi. Suatu bahan isolasi yang ideal harus memenuhi syarat diatas.

Bahan isolasi untuk mesin-mesin listrik dalam hubungan dengan stabilitas yang berkenaan dengan panas di bagi menjadi beberapa kelas. Kelas bahan isolasi dan temperatur ditunjukkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2. 1Kelas Bahan Isolasi dan Temperatur

Kelas	Temperature
Y (formely 0)	90°C
A	105°C
E	120°C
B	130°C
F	155°C
H	180°C
G	Diatas 180°C

Kelas suatu bahan dibatasi oleh kekuatan terhadap temperature. Temperature kerja mulai dari yang paling rendah yaitu kelas Y. Karena kelas suatu bahan tidak digunakan secara luas untuk lilitan mesin, transformator dan switchgear.

2.4 Pemeliharaan Peralatan Listrik

Pemeliharaan peralatan listrik tegangan tinggi merupakan serangkaian kegiatan yang dilakukan untuk memberikan pencegahan terhadap gangguan yang terjadi pada peralatan yang mengakibatkan kerusakan pada peralatan, sehingga peralatan tidak berfungsi dengan sebagai mana mestinya.

Pemeliharaan peralatan listrik tegangan tinggi mempunyai tujuan sebagai berikut:

- Untuk menjamin kontinuitas penyaluran tenaga listrik dan mengurangi lama waktu *trip* ygn disebabkan oleh gangguan.
- Meningkatkan keandalan system dan efisiensi peralatan.
- Memperpanjang umur peralatan.
- Mengurangi terjadinya resiko kerusakan alat yang diakibatkan oleh gangguan.
- Meningkatkan *safety* pada peralatan

Sistem isolasi menjadi faktor yang paling dominan pada pemeliharaan peralatan listrik tegangan tinggi. Semakin baik bahan isolasi yang digunakan pada suatu peralatan maka umur dari peralatan akan semakin panjang. Begitu juga sebaliknya jika bahan isolasi yang digunakan pada peralatan tidak terlalu baik maka umur dari peralatan akan lebih pendek. Oleh karena itu pemeliharaan pada sistem isolasi harus diutamakan, mulai dari pemeliharaan terhadap isolasinya maupun penyebab kerusakan isolasi.

Pemeliharaan peralatan listrik tegangan tinggi dibedakan menjadi dua yaitu, dalam keadaan operasi meliputi pemeriksaan */monitoring* (melihat, mendengar, meraba serta mencatat) dan dalam keadaan *trip* meliputi pemeliharaan (kalibrasi / pengujian, koreksi, memperbaiki serta membersihkan).

Monitoring dapat dilakukan oleh operator setiap hari dengan sistem *check list* atau catatan saja. Sedangkan pemeliharaan harus dilakukan oleh tim teknisi pemeliharaan.

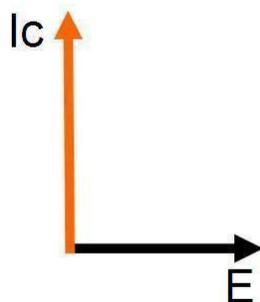
2.5 Tangent Delta

Tan Delta atau *dissipation factor* atau *dielectric loss* merupakan bilangan tanpa dimensi yang menunjukkan nilai tahanan isolasi. Idelanya isolasi yang baik tidak mengkonduksikan listrik sama sekali. Namun untuk mencapai hal itu sangatlah sulit sekali, maka akan tetap menjadi konduktor dan menglairkan sejumlah arus dan menjadi *loss*.

Pada isolasi dengan material yang baik, memiliki *losses* cukup rendah maka tidak memberikan efek merusak terhadap isolasi. Pengujian tan delta berfungsi untuk memeriksa *losses* yang terjadi atau juga bias sebagai *quality control*. Maka dari itu pengujian tan delta sering digunakan oleh perusahaan untuk memeriksa kondisi isolasi dari peralatannya. Karena tan delta dapat mendeteksi kondisi resin insulasi dalam keadaan *undercured* atau kontaminasi.

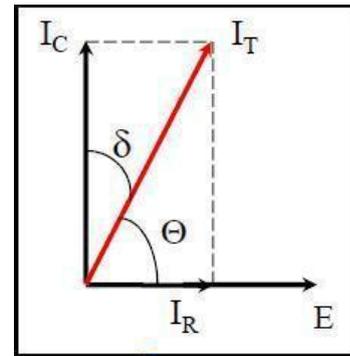
Insulasi atau isolasi sesuai dengan namanya berfungsi sebagai penyekat arus listrik. Ketika dua konduktor diletakkan secara berhimpitan, maka insulasi berada diantaranya. Teori ini sama seperti halnya kapasitor. Apabila tegangan (DC) diinjeksikan terhadap konduktor, maka arus *charging* kapasitif yang kuat mengalir pada isolator, hal ini yang dapat mengakibatkan arus bocor. Arus bocor yang mengalir melewati isolator berbanding lurus dengan tegangan dan berbanding terbalik dengan tahanan isolasi. Inilah yang menjadi prinsip dasar dari pengukuran tahanan isolasi atau megger tes.

Hampir sama dengan tegangan (DC), tegangan sinusoidal (AC) yang bervariasi, arus juga terbagi menjadi dua yaitu *charging current* atau lebih dikenal dengan arus *leading* atau kapasitif dan sejumlah kecil kebocoran arus atau resistif. Apabila digambarkan kondisi tegangan (AC) secara vector, arus berada pada arah melintang insulasi yang sempurna (seluruhnya kapasitif) dan 90% terhadap fase tegangan (*leading*). Kurva nilai kapasitif ditunjukkan pada Gambar 2.2.



Gambar 2. 2 Kurva Nilai Kapasitif

Insulasi pada kenyataannya terdapat kebocoran arus melalui insulasi dengan kondisi satu fasa dengan tegangan, hal itu dikarenakan adanya sifat resitif pada insulasi. Dengan demikian saat tegangan (AC) diinjeksikan, arus total mengalir I_T terdiri dari arus kapasitif I_C arus resistif I_R seperti pada Gambar 2.3.



Gambar 2. 3 Kurva Tan Delta

Losses pada insulasi semuanya dipengaruhi oleh arus resistif.

Besarnya nilai *losses* dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$PD = I_r^2 \cdot R = V \cdot I \cos \theta = V \cdot I \sin \delta = V \cdot \omega \cdot C \cdot V \cdot \sin \frac{\delta}{\cos \delta}$$

$$PD = V^2 \cdot \omega \cdot C \cdot \tan \delta$$

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menganalisis hasil pengujian *Tangent Delta* Bushing Generator Transformer PT. INDONESIA POWER UJP PLTU Jawa Tengah 2 Adipala. Penelitian ini bersifat deskriptif karena menggunakan data hasil pengujian yang terjadi di lapangan lalu interpretatif dengan pembahasan data dan menganalisa data lalu menyimpulkan dari data hasil pengujian yang sudah di dapat. Tujuan penelitian ini menganalisa tahanan isolasi bushing generator transformer PT. INDONESIA POWER UJP PLTU Jawa Tengah 2 Adipala guna mengetahui apakah isolasi pada bushing generator transformer sudah sesuai dengan standar ANSI C 57.12.90 yang digunakan. Adapun metode pengambilan hasil data pengujian sebagai berikut:

1. Metode Observasi

Metode pengumpulan data ini dengan melakukan pengamatan secara langsung pada objek/peralatan yang diamati oleh PT. INDONESIA POWER UJP PLTU Jawa Tengah 2 Adipala.

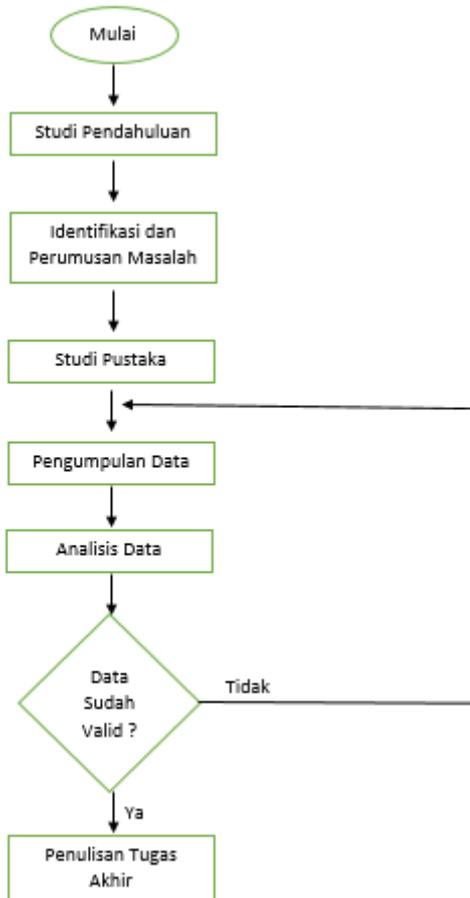
2. Metode Partisipasi

Metode pengumpulan data dan pengujian ini dengan melibatkan penulis secara langsung dalam suatu aktifitas tertentu.

3. Metode Studi Literatur

Metode pengumpulan dasar teori yang berasal dari buku, jurnal atau paper, data sheet peralatan, dan website yang berkaitan dengan judul yang dibahas.

Berikut ini merupakan penjelasan langkah-langkah dalam melakukan penelitian untuk menyelesaikan tugas akhir secara rinci, ditunjukkan pada Gambar 3.1.

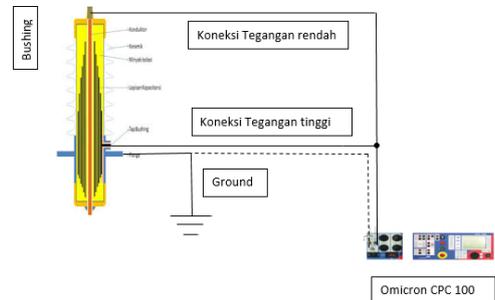


Gambar 3. 1 diagram alir penelitian

4. HASIL ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Rangkaian Pengujian Tangent Delta

Pada penelitian pengujian tahanan isolasi *tangent delta* bushing generator transformer PT INDONESIA POWER UJP PLTU Jawa Tengah 2 Adipala menggunakan mode pengujian GST-guard yang mana nilai kapasitansi yang digunakan sebagai referensi pengujian adalah kapasitansi objek yang diuji terhadap *ground* dan membatasi kapasitansi obyek lain yang mempengaruhi nilai kapasitansi. Rangkaian pengujian tan delta bushing ditunjukkan pada Gambar 4.1.



Gambar 4. 1 Rangkaian Pengujian Tan Delta bushing

Pada gambar 4.1 ditunjukkan rangkaian pengujian tan delta dengan mode pengujian GST-guard. Langkah awal sebelum melakukan pengujian adalah dengan 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. Kemudian untuk *kabel Low Voltage Lead* dihubungkan ke konduktor bushing dan *High Voltage Lead* ke Tap Bushing. Lalu sambungkan kabel ground Omicron CPC 100 ke ground sebagai pengaman. Setelah rangkaian dipastikan terpasang semua dengan benar, pengujian bisa dilakukan.

4.2 Pengujian Tangent Delta

Setelah melakukan penelitian pada pengujian *tangent delta* telah mendapatkan hasil berupa pengukuran yang telah diuji menggunakan alat ukur Omicron CPC 100.

Hasil yang didapatkan adalah hasil uji tahanan isolasi *tangent delta* pada tiap fasa sebelum terjadinya *flashover* dan setelah terjadinya *flashover*. Fasa R, S, T telah diukur untuk mengetahui tahanan isolasi.

Dari hasil pengujian tan delta bushing generator transformator pada PT. INDONESIA POWER UJP PLTU Jawa Tengah 2 Adipala diperoleh data-data sebagai berikut:

- Alat Ukur : Omicron CPC 100
- Step up Trafo : Transformator eksternal 22kV/500 Kv
- Tanggal : 6-7 September 2018
- Temperature : 31°C
- Waktu : Siang hari
- Frekuensi : 50 Hz

Pengukuran akan mendapatkan hasil berupa:

1. Pengujian *Tangent Delta* pada kondisi FAT.
2. Pengujian *Tangent Delta* pada kondisi *commissioning*.
3. Pengujian *Tangent Delta* pada tiap fasa setelah terjadinya *flashover*.
4. Pengujian *Tangent Delta* setelah dilakukan tindakan akibat *flashover*.

Pengukuran akan dilakukan tiap fasa generator transformator, agar mengetahui hasil dari tahanan isolasi pada tiap fasa, yaitu fasa R, S, T. Standar pengujian *tangent delta* yang digunakan pada generator transformator PT. INDONESIA POWER UJP PLTU Jawa Tengah 2 Adipala adalah *ANSI C 57.12.90*.

4.3 Pengujian Pada Fasa R

Tabel 4. 1 Pengujian Tangent Delta pada fasa R

NO	KONDISI	PHASA R		TEGANGAN UJI (kV)
		KAPASITANSI (μF)	TANGGAL (%)	
1	FAT	489.5	0.280	2
2	Commissioning	448.7	0.266	2
3	Setelah flashover	15845	0.590	10

Data hasil Pengujian *Tangent Delta* pada fasa R ditunjukkan pada tabel 4.2. Dari hasil pengujian pada fasa R hasil menunjukkan berapa persen ukuran *tangent delta* pada fasa R dalam 3 kondisi, yaitu kondisi FAT, *Commissioning* dan kondisi setelah terjadinya *flash over*. Hasil tersebut menunjukkan bahwa kondisi setiap isolasi mempengaruhi nilai daripada tan delta itu sendiri. Hal ini terbukti ketika dalam kondisi FAT, yaitu kondisi saat isolasi masih dalam uji kelayakan produk memiliki nilai rendah 0.280 % begitu juga saat dalam kondisi *commissioning* yaitu 0.266 %. Berbeda dengan ketika dalam kondisi setelah *flashover* karena memburuknya isolasi memiliki nilai tan delta 0.590%.

Sempel perhitungan pada fasa R pada kondisi setelah *flashover*:

$$\begin{aligned} \text{Tan Delta} &= \frac{P}{V^2 \omega C} 100\% \\ \text{Tan Delta} &= \frac{2.91377 \times 0.001}{10000^2 \times 2\pi f \times 15845 \times 10^{-12}} 100\% \\ \text{Tan Delta} &= \frac{2.91377 \times 10}{2 \times 3.14 \times 50 \times 15845} 100\% \end{aligned}$$

$$\text{Tan Delta} = 0.590\%$$

4.4 Pengujian Pada phasa S

Tabel 4. 2 Pengujian Tangent Delta pada phasa S

N O	KONDISI	PHASA S		TEGANAN UJI (kV)
		KAPASITANSI (μF)	TANGENT DELTA (%)	
1	FAT	485.9	0.270	2
2	Commissioning	446.1	0.337	2
3	Setelah flashover	15849.7	0.630	10

Data hasil Pengujian *Tangent Delta* pada phasa S ditunjukkan pada tabel 4.3. Dari hasil pengujian pada phasa S hasil menunjukkan berapa persen ukuran *tangent delta* pada phasa S dalam 3 kondisi, yaitu kondisi FAT, *Commissioning* dan kondisi setelah terjadinya *flash over*. Hasil tersebut menunjukkan bahwa kondisi setiap isolasi mempengaruhi nilai daripada tan delta itu sendiri. Hal ini terbukti ketika dalam kondisi FAT, yaitu kondisi saat isolasi masih dalam uji kelayakan produk memiliki nilai rendah 0.270 % begitu juga saat dalam kondisi *commissioning* yaitu 0.337 %. Berbeda dengan ketika dalam kondisi setelah *flashover* karena memburuknya isolasi memiliki nilai tan delta 0.630%.

Sempel perhitungan pada phasa S pada kondisi setelah flashover:

$$\begin{aligned} \text{Tan Delta} &= \frac{P}{V^2 \omega C} 100\% \\ \text{Tan Delta} &= \frac{3.12381 \times 0.001}{10000^2 \times 2\pi f \times 15849.7 \times 10^{-12}} 100\% \\ \text{Tan Delta} &= \frac{3.12381 \times 10}{2 \times 3.14 \times 50 \times 15849.7} 100\% \\ \text{Tan Delta} &= 0.630\% \end{aligned}$$

4.5 Pengujian Pada phasa T

Tabel 4. 3 Pengujian Tangent Delta pada phasa T

N O	KONDISI	PHASA T		TEGANAN UJI (kV)
		KAPASITANSI (μF)	TANGENT DELTA (%)	
1	FAT	486.6	0.270	2
2	Commissioning	448.8	0.337	2
3	Setelah flashover	15848.8	0.630	10

Data hasil pengujian *Tangent Delta* pada phasa T ditunjukkan pada tabel 4.4. Dari hasil pengujian pada phasa T hasil menunjukkan berapa persen ukuran *tangent delta* pada phasa T dalam 3 kondisi, yaitu kondisi FAT, *Commissioning* dan kondisi setelah terjadinya *flash over*. Hasil tersebut menunjukkan bahwa kondisi setiap isolasi mempengaruhi nilai daripada tan delta itu sendiri. Hal ini terbukti ketika dalam kondisi FAT, yaitu kondisi saat isolasi masih dalam uji kelayakan produk memiliki nilai rendah 0.270 % begitu juga saat dalam kondisi *commissioning* yaitu 0.337 %. Berbeda dengan ketika dalam kondisi setelah

flashover karena memburuknya isolasi memiliki nilai tan delta 0.620%.

Sempel perhitungan pada fasa T pada kondisi setelah flashover:

$$\text{Tan Delta} = \frac{P}{V^2 \omega C} 100\%$$

$$\text{Tan Delta} = \frac{3.08995 \times 0.001}{10000^2 \times 2\pi \times 15848.8 \times 10^{12}} 100\%$$

$$\text{Tan Delta} = \frac{3.12381 \times 10}{2 \times 3.14 \times 50 \times 15848.8} 100\%$$

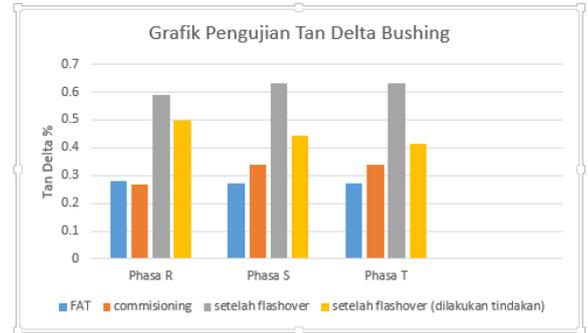
$$\text{Tan Delta} = 0.620\%$$

4.6 Pengujian Tan Delta setelah dilakukan tindakan

Tabel 4. 4 Pengujian Tangent Delta setelah dilakukan tindakan

NO	PHASA	HASIL PENGUJIAN		TEGANGAN UJI (kV)
		KAPASITANSI (µF)	TAN DELTA (%)	
1	R	480.8	0.4984	10
2	S	477.0	0.4412	10
3	T	476.4	0.4131	10

Data Pengujian *Tangent Delta* setelah dilakukan tindakan ditunjukkan pada tabel 4.6. Dapat dilihat pada tabel 4.6 hasil pengujian *tangent delta* pada fasa R, S, T bernilai berbeda dengan pada saat baru terjadinya *flashover*. Pada fasa R memiliki nilai 0.4984%, pada fasa S memiliki nilai 0.4412% dan pada fasa T memiliki nilai 0.4131%. Grafik pengujian tan delta bushing ditunjukkan pada gambar 4.5.



Gambar 4. 2 Grafik Pengujian Tan Delta Bushing

4.7 Hasil dan Analisis Pengujian Tangent Delta

Pada pengujian Tangent Delta yang dilakukan dengan mencari nilai tahanan isolasi pada bushing generator transformer PT. INDONESIA POWER UJP PLTU Jawa Tengah 2 Adipala memiliki standar nilai yang menjadi acuan apakah tahanan isolasi pada bushing masih baik. Standar nilai yang dipakai untuk pengujian Tangent Delta pada bushing generator transformer PT. INDONESIA POWER UJP PLTU Jawa Tengah 2 Adipala yaitu standar dari ANSI C 57.12.90.

Nilai Tangent Delta dianggap baik bila memenuhi syarat-syarat sebagai berikut:

$$\text{Tan}\delta < 0.5\% = \text{bernilai baik}$$

$0.5\% < \text{Tan}\delta < 0.7\%$ = perlu dilakukan tindakan

$\text{Tan}\delta > 0.7\%$ = bernilai buruk (harus dilakukan tindakan)

Tabel 4. 5 Nilai Standar Tangent Delta

KONDISI	PHASA R	PHASA S	PHASA T	STANDAR	KRITERIA
FAT	0.280	0.270	0.270	Tanδ < 0.5%	Baik
Commissioning	0.266	0.337	0.337	Tanδ < 0.5%	Baik
Setelah Flashover	0.590	0.630	0.620	0.5% < Tanδ < 0.7%	Perlu dilakukan tindakan
Setelah tindakan	0.4984	0.4412	0.4131	Tanδ < 0.5%	Baik

Data Nilai Standar pengujian *Tangent Delta* ditunjukkan pada tabel 4.6. Dari data hasil pengujian Tangent Delta

tahanan isolasi *Tangent Delta* pada bushing generator transformer PT. INDONESIA POWER UJP PLTU Jawa Tengah 2 Adipala pada saat kondisi FAT, FAT (*Factory Acceptance Test*) yaitu syarat yang harus dipenuhi oleh peralatan listrik untuk dapat beroperasi dengan baik. Dapat dilihat bahwa tahanan isolasi masih dalam kondisi baik pada saat kondisi FAT. Hal itu dikarenakan dari pengujian pada kondisi FAT, mendapatkan hasil bahwa fasa R, fasa S, dan fasa T memiliki nilai *Tangent Delta* yaitu 0.280% untuk fasa R, 0.270% untuk fasa S, dan 0.270% untuk fasa T. Hasil tersebut dapat dipastikan bahwa nilai tersebut tidak melampaui nilai dari standar yang sudah ditetapkan oleh *ANSI C 57.12.90* yaitu $\text{Tan}\delta < 0.5\%$. Jadi nilai pada setiap fasa masih dalam keadaan baik.

Pengujian juga dilakukan pada saat dalam kondisi *Commisioning*. *Commisioning* adalah kondisi pengujian secara operasional suatu peralatan listrik untuk memastikan bahwa telah memenuhi semua peraturan yang berlaku. Pada kondisi *Commisioning* fasa R, fasa S, dan fasa T memiliki keadaan isolasi yang baik dikarenakan nilai yang dihasilkan tidak melampaui standar yang sudah ditetapkan oleh *ANSI C 57.12.90*. sehingga peralatan listrik masih dapat bekerja dalam kondisi baik.

Pengujian yang ketiga adalah setelah terjadinya *flashover*. *Flashover* adalah gangguan loncatan api yang disebabkan antara isolator atau komponen listrik bertegangan tinggi. Pada saat kondisi setelah *flashover*, fasa R, fasa S, dan fasa T memiliki nilai tidak sesuai dengan standar yang ditetapkan oleh *ANSI C 57.12.90* untuk bisa beroperasi. Hal itu dikarenakan nilai yang dihasilkan tiap fasa memiliki standar $0.5\% < \text{Tan}\delta < 0.7\%$ sehingga perlu segera dilakukan tindakan sebelum beroperasi untuk mengurangi risiko terjadinya kerusakan pada peralatan listrik lainnya.

Setelah mengetahui bahwa nilai *Tangent Delta* bushing generator transformer PT. INDONESIA POWER UJP PLTU Jawa Tengah 2 Adipala bernilai

buruk, pihak perusahaan terutama bagian pemeliharaan segera melakukan tindakan guna mengurangi risiko terjadinya kerusakan pada peralatan listrik lainnya. Tindakan pertama bagian pemeliharaan perusahaan yaitu membersihkan isolasi untuk menghindari isolasi dari adanya komponen-komponen kecil mengganggu saat dilakukan pengujian seperti uap atau debu. Setelah dibersihkan dilakukan pelapisan pada isolasi dengan menggunakan *Dow Corning Compound* untuk melapisi isolasi bushing dari adanya retakan-retakan kecil tak terlihat. Setelah dilakukan pelapisan, dilakukan pengujian terakhir guna memastikan isolasi dapat bekerja dengan baik. Dari hasil pengujian terakhir dapat dilihat bahwa nilai tiap masing-masing fasa bernilai baik atau tidak melampaui dari standar yang telah ditetapkan oleh *ANSI C 57.12.90*, yaitu 0.4984% untuk fasa R, 0.4412% untuk fasa S, dan 0.4131% untuk fasa T. Dapat dilihat dari hasil pengujian terakhir dari ketiga fasa dalam kondisi baik sehingga generator transformer sudah bisa kembali beroperasi dengan baik.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis pengujian tahanan isolasi *Tangent Delta* bushing generator transformer, dapat ditarik beberapa kesimpulan yaitu:

1. Berdasarkan hasil pengujian *Tangent Delta* pada tahun 2018 menunjukkan bahwa pada nilai pengujian tahanan isolasi bushing generator transformer pada saat kondisi FAT dan *commisioning* baik.
2. Berdasarkan hasil pengujian *Tangent Delta* pada bushing generator transformer pada pengujian setelah terjadinya *flashover* didapatkan hasil yang tidak sesuai dengan standar *ANSI C 57.12.90* untuk peralatan bisa bekerja dengan baik.
3. Berdasarkan hasil pengujian *Tangent Delta*, buruknya nilai tan delta setelah terjadinya *flashover* disebabkan oleh adanya arus bocor pada isolasi sehingga perlu dilakukan tindakan.

4. Berdasarkan hasil pengujian *Tangent Delta* setelah dilakukan tindakan langsung oleh pihak pemeliharaan memiliki nilai 0.4984% untuk fasa R, 0.4412% untuk fasa S, dan 0.4131% untuk fasa T, yang mana nilai tersebut memenuhi standar *ANSI C 57.12.90* agar peralatan bisa bekerja dengan baik.

SARAN

Berdasarkan analisis yang telah saya lakukan mengenai pengujian tahanan isolasi *Tangent Delta* pada bushing generator transformer, berikut ini disampaikan beberapa saran yang berkaitan dengan pengujian *Tangent Delta* yang bisa dijadikan dasar dalam pembahasan penelitian selanjutnya:

1. Disarankan untuk melakukan pengukuran online secara rutin agar tidak terjadi *flashover* kembali akibat kebocoran arus.
2. Disaran agar pemeliharaan generator transformer dilakukan sesuai jadwal yang sudah ditentukan, sehingga dapat terpantau dan keterlangsungan daya terjamin.
3. Perlu diperhatikan data terbaru pengujian untuk memperoleh hasil yang lebih baik kedepannya.

DAFTAR PUSTAKA

- Ningrum, Atik Setyo, 2012. “*Analisis Partial Discharge Pada Belitan Stator Generator GT.11 dan ST.10 PLTGU Grati dan Peramalan Prediksi Generator dengan Metode Regresi Linier*” Skripsi Mahasiswa. Fakultas Teknologi Industri Unissula.
- Rizal, Muhammad Hamdani, 2013. “*Analisis Kualitas Isolasi Belitan Dari Kumparan Stator Motor 6,6 kV Berdsarkan Nilai Tahanan Isolasi, TAN δ , Dan Arus Bocor Pada Pengujian Tegangan Tinggi DC* “. Skripsi Mahasiswa. Jurusan Teknik Elektro Universitas Indonesia.
- Annisa R. Nurul, 2014. “*Electrical Test pada Perbaikan Motor Induksi rotor Sangkar 3300V 750Kw*”. Skripsi Mahasiswa. D3 Teknik Elektro Universitas Gadjah Mada.
- Sakti H, R. Nurul, 2014. “*Pengukuran Hambatan Isolasi dan Pemeliharaan Pada Stator Annual Inspection Generator Unit 8 PT. Pembangkit Cirata*”. Skripsi Mahasiswa. D3 Teknik Elektro SV UGM.
- Fatchur, 2016. “*Analisis Tahanan Isolasi Generator AC 35 MW/ 11 KV Unit 1 PLTA Sutami*”. Skripsi Mahasiswa. Teknik Elektro UGM.
- Bimantara, Yoga, 2016. “*Analisis Kelayakan Tahanan Isolasi Generator AC 60 MW/ 13.8 Kv PLTA PB Soedirman Mrica*”. Skripsi Mahasiswa. Teknik Elektro UGM.
- Irianto, Bayu Aziz, 2018. “*Analisis Pengujian Tahanan Isolasi Generator Unit 2 PT. PJB UBJ O&M PLTU 1 Pacitan Jawa Timur Dengan Metode TAN DELTA*”. Skripsi Mahasiswa. Jurusan Teknik Elektro Uniersitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Syahputra, R., Robandi, I., Ashari, M. (2015). Performance Improvement of Radial Distribution Network with Distributed Generation Integration Using Extended Particle Swarm Optimization Algorithm. *International Review of Electrical Engineering (IREE)*, 10(2). pp. 293-304.
- Syahputra, R., (2012), “Distributed Generation: State of the Arts dalam Penyediaan Energi Listrik”, LP3M UMY, Yogyakarta, 2012.
- Syahputra, R., (2016), “Transmisi dan Distribusi Tenaga Listrik”, LP3M UMY, Yogyakarta, 2016.