



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Transformator Tegangan ¹

Trafo tegangan adalah peralatan yang mentransformasi tegangan sistem yang lebih tinggi ke suatu tegangan sistem yang lebih rendah untuk kebutuhan peralatan indikator, alat ukur/meter dan relai.



Gambar 2.1 Trafo Tegangan 150 kV

2.3 Prinsip Kerja Transformator Tegangan ²

Prinsip kerja trafo tegangan tidak berbeda dengan trafo daya. Kumputan primer dihubungkan ke jaringan tegangan tinggi yang akan diukur sehingga arus mengalir pada kumputan primer. Arus pada kumputan primer menimbulkan fluks magnetik pada inti trafo tegangan. Fluks tersebut akan menginduksikan gaya gerak

¹ PT. PLN (Persero), *Buku Pedoman Pemeliharaan Trafo Tegangan* (Jakarta: PT. PLN, 2014), Hal 1.

² Bongas L. Tobing. *Peralatan Tegangan Tinggi Edisi Kedua*. Erlangga. 2012. Hal 98



listrik yang rendah pada kumparan sekunder sehingga pada terminal kumparan sekunder terdapat beda tegangan yang sebanding dengan tegangan yang diukur. Karakteristik yang membedakan trafo tegangan dengan trafo daya adalah sebagai berikut :

- a. Kapasitasnya kecil (10-150 VA), karena bebannya hanya peralatan yang mengkonsumsi daya rendah, seperti voltmeter, kWh-meter, wattmeter, relai jarak, sinkroskop dan lampu indikator.
- b. Karena digunakan kontinu dan menjadi beban bagi sistem yang menggunakannya, maka trafo tegangan dirancang mengkonsumsi energi sekecil mungkin.
- c. Untuk mengurangi kesalahan pengukuran, trafo tegangan dirancang sedemikian rupa agar tegangan sekunder sebanding dan sefasa dengan tegangan primer.
- d. Tegangan pengenal sekunder trafo tegangan umumnya ditetapkan 100 V-230 V atau $(100-230)/\sqrt{3}$ V.

2.2 Fungsi Transformator Tegangan ³

Fungsi dari trafo tegangan yaitu :

1. Mentransformasikan besaran tegangan sistem dari yang tinggi ke besaran tegangan listrik yang lebih rendah sehingga dapat digunakan untuk peralatan proteksi dan pengukuran yang lebih aman, akurat dan teliti.
2. Mengisolasi bagian primer yang tegangannya sangat tinggi dengan bagian sekunder yang tegangannya rendah untuk digunakan sebagai sistem proteksi dan pengukuran peralatan dibagian primer.
3. Sebagai standarisasi besaran tegangan sekunder (100, $100/\sqrt{3}$, $110/\sqrt{3}$ dan 110 volt) untuk keperluan peralatan sisi sekunder.

³ PT. PLN (Persero), *Buku Pedoman Pemeliharaan Trafo Tegangan* (Jakarta: PT. PLN, 2014), Hal 2.



4. Memiliki 2 kelas, yaitu kelas proteksi (3P, 6P) dan kelas pengukuran (0,1; 0,2; 0,5;1;3).

2.4 Jenis Transformator Tegangan ⁴

Trafo tegangan dibagi menjadi dua jenis yaitu:

1. Trafo tegangan magnetik (Magnetik Voltage Transformer / VT)
Disebut juga Trafo tegangan induktif. Terdiri dari belitan primer dan sekunder pada inti besi yang prinsip kerjanya belitan primer menginduksikan tegangan kebelitan sekundernya.
2. Trafo tegangan kapasitif (Capacitive Voltage Transformer / CVT)
Trafo tegangan ini terdiri dari dua bagian yaitu Capacitive Voltage Divider (CVD) dan inductive Intermediate Voltage Transformer (IVT). CVD merupakan rangkaian seri 2 (dua) kapasitor atau lebih yang berfungsi sebagai pembagi tegangan dari tegangan tinggi ke tegangan rendah pada primer, selanjutnya tegangan pada satu kapasitor ditransformasikan oleh IVT menjadi tegangan sekunder.

2.5 Bagian-Bagian Transformator Tegangan ⁵

Secara umum bagian trafo tegangan jenis kapasitif dapat jelaskan sebagai berikut:

- Dielectric
Komponen ini terdiri atas dua bagian yaitu:
 - a. Minyak Isolasi
Berfungsi untuk mengisolasi bagian-bagian yang bertegangan dan sebagai media dielectric untuk memperoleh nilai kapasitansi dari

⁴ PT. PLN (Persero), *Buku Pedoman Pemeliharaan Trafo Tegangan* (Jakarta: PT. PLN, 2014), Hal 3.

⁵ PT. PLN (Persero), *Buku Pedoman Pemeliharaan Trafo Tegangan* (Jakarta: PT. PLN, 2014), Hal 5.



2 (dua) kapasitor atau lebih sebagai pembagi tegangan yang terhubung seri.

b. Kertas-plastik film (*paper-polypropylene film*)

Berfungsi sebagai media dielectric untuk memperoleh nilai kapasitansi dari 2 (dua) kapasitor atau lebih sebagai pembagi tegangan yang terhubung seri bersama-sama minyak isolasi.

- Pembagi Tegangan (*Capacitive Voltage Divider*)
C1, C2 (capacitor element) adalah kapasitor pembagi tegangan (Capacitive Voltage Divider) yang berfungsi sebagai pembagi tegangan tinggi untuk diubah oleh trafo tegangan menjadi tegangan pengukuran yang lebih rendah. (Gambar 2.3 No.2)
- Ferroresonance supression/damping circuit
Ferroresonance supression/damping circuit adalah induktor penyesuai tegangan (medium voltage choke) yang berfungsi untuk mengatur/menyesuaikan supaya tidak terjadi pergeseran fasa antara tegangan masukan (v_i) dengan tegangan keluaran (v_o) pada frekuensi dasar. Pada merk tertentu komponen ferroresonance ditandai dengan simbol L0. (Gambar 2.3 No.3)
- Trafo Tegangan (Intermediate Voltage Transformer / IVT)
Berfungsi untuk mentransformasikan besaran tegangan listrik dari tegangan menengah yang keluar dari kapasitor pembagi ke tegangan rendah yang akan digunakan pada rangkaian proteksi dan pengukuran. (Gambar 2.3 No.4)
- Expansion Chamber
Merupakan peralatan yang digunakan untuk mengkompensasi level ketinggian minyak akibat perubahan volume sebagai pengaruh temperatur. Jenis yang umum digunakan adalah metallic/rubber bellow dan gas cushion. (Gambar 2.3 No.5)



- Terminal Primer

HVT adalah terminal tegangan tinggi (high voltage terminal) yaitu bagian yang dihubungkan dengan tegangan transmisi baik untuk tegangan bus maupun tegangan penghantar terminal tegangan tinggi/primer. (Gambar 2.3 No.1)
- Terminal Sekunder

Adalah terminal yang terhubung pada sisi tegangan rendah, untuk keperluan peralatan ukur dan relai. Pada merk tertentu terminal ini ditandai dengan simbol 1a dan 2a. (Gambar 2.3 No.7). Pada box terminal sekunder terdapat juga komponen lain yang terdiri dari:

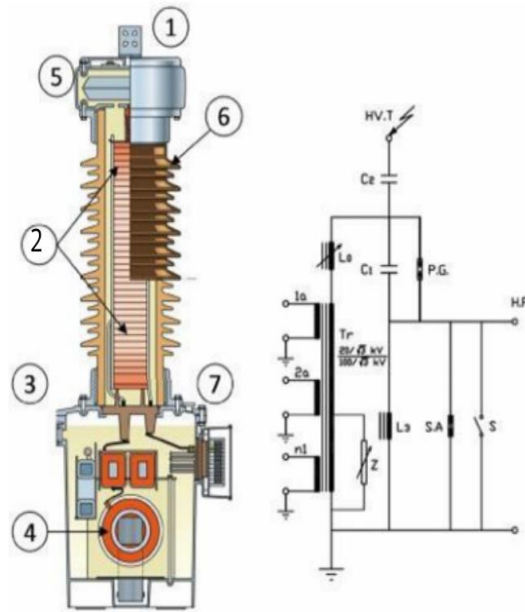
 - PG (protective gap) adalah gap pengaman,
 - H.F (high frequency) adalah terminal frekuensi tinggi yang berkisar sampai puluhan kilohertz, sebagai pelengkap pada salah satu konduktor penghantar dalam memberikan sinyal komunikasi melalui PLC.
 - L3 adalah reaktor pentanahan yang berfungsi untuk meneruskan frekuensi 50 Hz.
 - SA (surge arrester) atau arester surja adalah pelindung terhadap gelombang surja petir.
 - S adalah sakelar pentanahan (earthing switch), yang biasanya dipergunakan pada kegiatan pemeliharaan.
- Struktur Mekanikal

Struktur mekanikal adalah peralatan yang menyokong berdirinya trafo tegangan yang terdiri dari:

 - Pondasi
 - Struktur penopang CVT
 - Isolator penyangga (porselen/polyester). tempat kedudukan kapasitor dan berfungsi sebagai isolasi pada bagian-bagian tegangan tinggi.



- Sistem Pentanahan
 - Sistem pentanahan adalah peralatan yang berfungsi mengalirkan arus lebih akibat tegangan surja atau sambaran petir ke tanah.



Gambar 2.3 Konstruksi Trafo Tegangan Kapasitif

Keterangan Gambar :

1. Tegangan Primer
2. Pembagi Tegangan (Capacitive Voltage Divider)
3. Ferroresonance Supression/Damping Circuit
4. Trafo Tegangan (Intermediate Voltage Transformer/IVT)
5. Expansion Chamber
6. Isolator Penyangga
7. Terminal Sekunder



2.6 Pengujian Tahanan Isolasi dan Tangen Delta

2.6.1 Tahanan Isolasi

a. Pengertian Tahanan Isolasi

Pengukuran tahanan isolasi merupakan proses untuk mengukur nilai tahanan isolasi transformator tenaga antara bagian yang diberi tegangan (fasa) terhadap badan (body case) maupun antar belitan primer dan belitan sekunder.⁶

Dalam kegiatan pemeliharaan di Gardu Induk dikenal istilah pengukuran tahanan isolasi. Tahanan isolasi adalah hambatan yang ada antara dua komponen yang bertegangan atau komponen bertegangan dengan ground (PDM/PG1/01: 2014, halaman 38). Selain itu, tahanan isolasi merupakan hambatan yang berada pada kondisi antara dua elemen konduktif yang dipisahkan oleh bahan isolasi (IEV, 212-11-07). Pengukuran tahanan isolasi pada peralatan-peralatan Gardu Induk mempunyai peranan penting guna mengetahui status isolasi peralatan dan keamanan pada setiap peralatan. Tahanan isolasi merupakan keadaan dimana suatu peralatan memiliki nilai resistansi terhadap tegangan agar tidak terjadi short circuit atau kerusakan lainnya.⁷

Hasil pengukuran tahanan isolasi belitan trafo dapat dipengaruhi oleh kebersihan permukaan isolator bushing, suhu trafo, faktor usia, dan kelembaban udara disekitarnya. Pengujian isolasi secara rutin dapat dilakukan dengan menggunakan Megger yang pembacaannya langsung dalam megaohm. Tahanan isolasi adalah ukuran kebocoran

⁶ Saputra, Dimas Abimanyu, "Analisa Pengujian Transformator Daya MT24 150 kV/33 kV 90 MVA di PT. Vale Indonesia, Sorowoko-Sulawesi Selatan" (Malang: Universitas Muhammadiyah Malang, 2017).

⁷Novia Vidianti, Analisis Tahanan Isolasi Peralatan Utama Gardu induk, (Jakarta: Universitas Negeri Jakarta, 2018).



arus yang melalui isolasi. Tahanan berubah-ubah karena pengaruh temperatur dan lamanya tegangan yang diterapkan pada lilitan tersebut. Nilai tahanan yang rendah dapat menunjukkan lilitan dalam keadaan kotor atau basah.

Maka dapat disimpulkan bahwa, pengujian tahanan isolasi adalah pengujian yang dilakukan pada tahanan diantara belitan transformator tegangan terhadap bagian badan (body) transformator tegangan maupun diantara belitan primer dan belitan sekunder pada transformator tegangan dalam keadaan yang tidak bertegangan guna mengetahui ukuran kebocoran arus yang melalui isolasi.

Ada pun untuk mengetahui standart harga minimal hasil pengukuran tahanan isolasi dapat dihitung menggunakan rumus pendekatan :

$$R = \frac{(1000 \cdot U)}{Q} \cdot 2,5 \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana :

R = Tahanan Isolasi Minimal (Ω)

U = Tegangan Kerja (V)

Q = Tegangan Megger (V)

2,5 = Faktor Keamanan (apabila baru)

b. Tujuan Pengujian Tahanan Isolasi ⁸

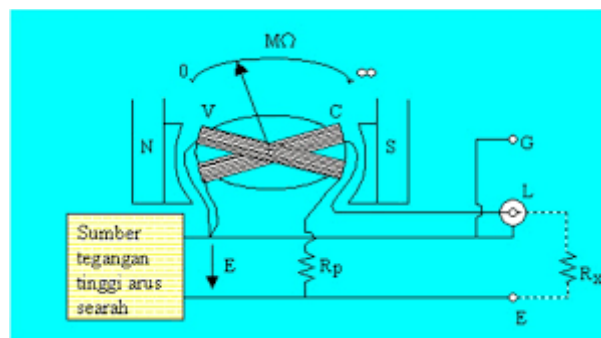
Tahanan isolasi bertujuan untuk mengetahui besar tahanan isolasi antara belitan dengan ground atau antara dua belitan, mengetahui secara dini kondisi dari isolasi transformator tegangan dan kemungkinan adanya gangguan hubung singkat serta memastikan transformator tegangan aman untuk beroperasi. Pengujian tersebut menggunakan insulation tester dengan satuan mega ohm meter.

⁸ Saputra, Dimas Abimanyu, "Analisa Pengujian Transformator Daya MT24 150 kV/33 kV 90 MVA di PT. Vale Indonesia, Sorowoko-Sulawesi Selatan" (Malang: Universitas Muhammadiyah Malang, 2017), 34.



c. Prinsip Kerja Pengujian Tahanan Isolasi⁹

Transformator Tegangan Prinsip pengujian tahanan isolasi adalah dua kumparan V dan C yang ditempatkan secara menyilang gambar dibawah. Kumparan V besarnya arus yang mengalir adalah E/R_p dan kumparan C besarnya arus yang mengalir adalah E/R_x R_x adalah tahanan yang akan diukur. Jarum akan bergerak disebabkan oleh perbandingan dari kedua arus, yaitu sebanding dengan R_p/R_x atau berbanding terbalik terhadap tahanan yang akan diukur.



Gambar 2.4 Prinsip Kerja Tahanan Isolasi

Pada dasarnya pengukuran tahanan isolasi belitan trafo adalah untuk mengetahui besar nilai kebocoran arus (leakage current) yang terjadi pada isolasi belitan atau kumparan primer, sekunder atau tertier. Kebocoran arus yang menembus isolasi peralatan listrik memang tidak dapat dihindari. Oleh karena itu, salah satu cara meyakinkan bahwa trafo cukup aman untuk diberi tegangan adalah dengan mengukur tahanan isolasinya.

Kebocoran arus yang memenuhi ketentuan yang ditetapkan akan memberikan jaminan bagi trafo itu sendiri sehingga terhindar

⁹ M. Faiz "Prinsip Kerja Transformator", (academia.edu/39940782/Prinsip_kerja_transformator, diakses pada tanggal 15 Mei 2022, pukul 13.00)



dari kegagalan isolasi Insulation tester banyak jenisnya (merk dan type Insulation Tester), masing-masing memiliki spesifikasi yang berbeda antara yang satu dengan yang lainnya. Mulai dari type sederhana, menengah sampai dengan yang canggih Display (tampilannya) juga banyak ragamnya, mulai dari tampilan analog, semi digital dan digital murni. Pada panel kendali (Front Panel) ada yang sangat sederhana, namun ada pula yang super canggih Tapi seluruhnya memiliki prinsip kerja yang sama.

Prinsip pengujian tahanan isolasi (mega ohm meter) sama dengan ohm meter, yaitu memberikan tegangan de dari alat ukur ke isolasi peralatan, dan karena nilai resistansi isolasi ini cukup tinggi maka diperlukan tegangan yang cukup tinggi pula agar arus dapat mengalir. Tegangan pengukuran yang digunakan tergantung pada tegangan kerja dari alat yang akan diukur. Pada Peralatan uji tahanan isolasi jenis digital, skala dapat diubah sesuai besarnya tahanan isolasi yang akan diukur, caranya dengan mengubah selector (tombol) pada peralatan pengujian menuju batas ukur tahanan isolasi pada meeger jenis digital ini menggunakan baterai sebagai penghasil tegangan, berikut tegangan uji yang dapat diubah bergantung pada tegangan kerja pada transformator tegangan,

Tabel 2.1 Tegangan Uji Tahanan Isolasi Transformator Tegangan

No.	Sisi Pengujian	Tegangan Uji (Volt)
1.	Primer - Ground	5000
2.	Sekunder – (Primer, Sekunder, Ground)	500



2.6.2 Tangen Delta

a. Pengertian Tangen Delta

Pada trafo tegangan yang menggunakan minyak untuk isolasinya, minyak memiliki nilai konduktansi yang cukup rendah dan nilai kapasitansi yang cukup tinggi. Pengujian tangen delta dilakukan untuk mengetahui besarnya nilai faktor disipasi ($\tan \delta$) dan kapasitansi dari VT. Peningkatan nilai dari kapasitansi mengindikasikan adanya pemburukan pada isolasi kertas isolasi.¹⁰

Isolasi yang baik akan bersifat kapasitif sempurna, dalam hal ini trafo dianggap sebagai kapasitor murni. Tegangan dan arus fasa bergeser 90° pada kapasitor murni dan arus yang melewati isolasi merupakan kapasitif. Adanya kontaminasi akan menurunkan nilai tahanan isolasi yang berdampak pada tingginya arus resistif yang melaluinya. Besarnya pergeseran antara tegangan dan arus menjadi kurang dari 90° , selisih pergeseran dari 90° ini yang menunjukkan nilai tingkat kontaminasi yang disebut $\tan \delta$. Semakin rendah tangen delta semakin bagus. Apabila semakin tinggi tangen delta kondisi isolasi jelek.¹¹

Selama peralatan beroperasi ada berbagai faktor yang dapat mempengaruhi nilai isolasi, seperti electrical, thermal (suhu), mekanis (mechanical), kimia (chemical), umur (ageing). Beberapa faktor tersebut menyebabkan isolasi mengalami deteriorasi (pemburukan nilai isolasi karena corona dan karbon) dan kontaminasi (bercampurnya zat lain kedalam mediasi). Kedua hal tersebut menyebabkan timbulnya arus resistif (I_R) yang bersifat sejajar dengan tegangan. Arus resistif (I_R) yang timbul akan menyebabkan adanya

¹⁰ PT. PLN (Persero), *Buku Pedoman Pemeliharaan Primer Gardu Induk No. 0520-2* (Jakarta: PT. PLN, 2014), 14.

¹¹ Miranti Fajarwati, Naskah Publikasi: "Analisa Kondisi Hasil Pengujian Transformator III 150/20 kV 16 MVA GI Jajar", (Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2018).

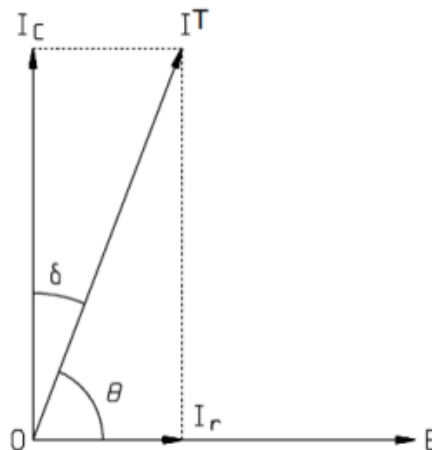


rugi-rugi daya (losses daya), sehingga semakin besar nilai rugi-rugi daya semakin besar pula nilai arus resistif (I_R).

b. Tujuan Pengujian Tangen Delta ¹¹

Pengujian tangen delta dilakukan untuk mengetahui besarnya nilai faktor disipasi (tan delta) dan kapasitansi dari VT. Peningkatan nilai dari kapasitansi mengindikasikan adanya pemburukan pada isolasi kertas isolasi. Di antara serangkaian pengujian yang harus dilakukan untuk menguji mutu alat yang diuji adalah pengujian faktor rugirugi dielektrik (tan delta atau δ). Pengujian $\tan \delta$ ditujukan untuk mendeteksi besarnya rugi-rugi dielektrik pada isolasi peralatan listrik yang berpengaruh pada umur pakai suatu peralatan listrik.

c. Prinsip Kerja Pengujian Tangen Delta ¹²



Gambar 2.5 Diagram Power Factor dan Disipasi Factor

Delta (δ) adalah sudut rugi-rugi yang terbentuk ketika sebuah arus yang terukur dari isolasi yang tidak ideal atau kurang dari sudut 90° ($90^\circ - \theta$), arus yang menghasilkan sudut 90° bersifat kapasitif (I_C),

¹¹ Abdul Syakur dkk, “Pengujian Tan Delta pada kabel Tegangan Menengah”. Jurnal Teknik Elektro Transmisi, Vol. 11, No 2, Juni 2009, 107.

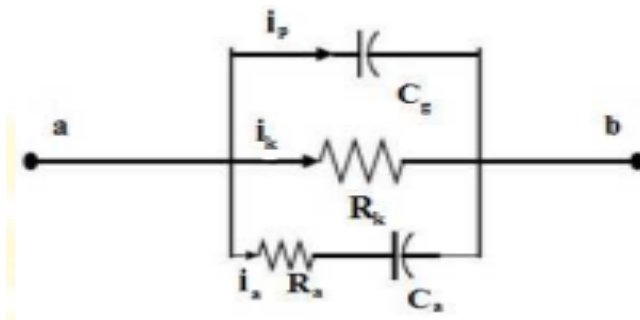
¹² Abidin, Luqi, “Pengujian Dissipation Factor Pada Transformator dengan Jumper dan tanpa Jumper Bushing”, Jurnal Ilmiah Energi dan Kelistrikan, Vol 11, No. 2, Juli-Desember 2019, 190.



namun dalam realitanya terdapat arus yang bersifat resistif (I_r) yang membuat sudut yang dihasilkan kurang dari 90° , dalam hal ini dapat dikatakan semakin tinggi nilai kapasitansi semakin bagus nilai isolasi dari perangkat elektronik, dan Tan Delta (δ) delta adalah sebuah metode yang digunakan untuk mengukur nilai kapasitansi sebuah isolasi dari perangkat elektronik.

d. Rumus Tangen Delta ¹³

Pendekatan berupa rumus yang digunakan pada penelitian ini ditunjukkan pada persamaan di bawah ini



Gambar 2.6 Rangkaian Listrik Ekuivalen Bahan Isolasi

Keterangan :

C_g = kapasitansi geometris;

R_k = resistansi bahan isolasi;

R_a = resistansi arus absorpsi;

C_a = kapasitansi arus absorpsi;

I_p = arus pengisian;

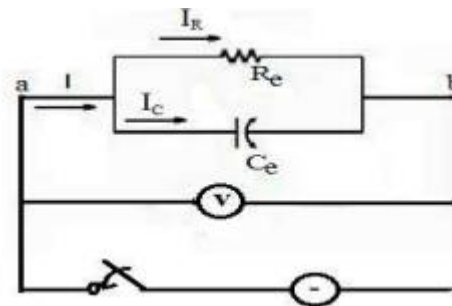
I_a = arus absorpsi;

I_k = arus konduksi.

¹³ Febry Faturochman, Naskah Publikasi Skripsi: "Pengujian Tingkat Isolasi Transformator Daya Tegangan 150/20 kV Kapasitas 60 MVA Pada Gardu Induk Dengan Metode Tangen Delta". (Magelang: Universitas Tidar, 2018), 3.



Parameter pada Gambar 2.6 terdiri dari kapasitor dan resistor. Karena itu, impedansi ekuivalen dari semua parameter tersebut pada tegangan bolak-balik bersifat kapasitif. Sehingga rangkaian pada Gambar 2.6 dapat disederhanakan menjadi seperti gambar 2.7 Jika terminal ab rangkaian dihubungkan ke sumber tegangan bolak-balik, maka arus pada tiap komponen adalah sebagai berikut :



Gambar 2.7 Rangkaian Ekuivalen yang Disederhanakan

Dari gambar 2.7 diperoleh rumus sebagai berikut :

$$I_R = \frac{V}{R_e} \dots\dots\dots(2.2)$$

$$I_C = \omega C_e V \dots\dots\dots(2.3)$$

Keterangan :

I_R = arus resistif (Ampere);

V = tegangan (Volt);

I_C = arus kapasitif (Ampere);

R_e = resistansi (Ohm);

C_e = kapasitansi (Farad).

Untuk arus total I , yaitu arus yang diberikan sumber tegangan pada rangkaian adalah jumlah vektori kedua komponen arus di atas, yaitu seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.8

$$I_T = \sqrt{I_R^2 + I_C^2} \dots\dots\dots(2.4)$$



Arus I_R menimbulkan rugi-rugi daya P_d (P losses) pada resistor R_e . Rugirugi ini disebut rugi-rugi dielektrik. Rugi-rugi dielektrik ini adalah perkalian antara V dengan I_R atau;

$$P_d = V \cdot I_R = V I \sin \delta \dots\dots\dots(2.5)$$

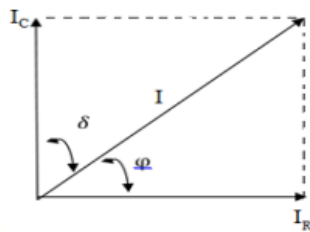
$$\sin \delta = \frac{P_d}{VI} \dots\dots\dots(2.6)$$

Menurut Gambar 2.9, $\cos \delta = I_c/I$, sehingga arus sumber dapat dituliskan sebagai berikut :

$$I = \frac{I_c}{\cos \delta} \dots\dots\dots(2.7)$$

Substitusi dari Pers. 2 dengan Pers. 5 menghasilkan :

$$I = \frac{\omega C_e V}{\cos \delta} \dots\dots\dots(2.8)$$



Gambar 2.8 Komponen Arus Menurut Rangkaian Gambar 2.7

Untuk substitusi Pers. 2.8 ke dalam Pers. 2.5 diperoleh :

$$P_d = \frac{\omega C_e V}{\cos \delta} V \sin \delta = \omega C_e V^2 \operatorname{tg} \delta$$

$$P_d = 2\pi f C_e V^2 \operatorname{tg} \delta \dots\dots\dots(2.8)$$

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{P_d}{2\pi f C_e V^2} \dots\dots\dots(2.9)$$

Selanjutnya, mensubstitusikan persamaan 2.5 dan persamaan 2.3 ke dalam persamaan 2. :

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{P_d}{2\pi f C_e V^2} = \frac{VI_R}{\omega C_e V^2}$$

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{I_R}{I_c} \dots\dots\dots(2.10)$$

Rugi-rugi dielektrik tergantung pada frekuensi tegangan sumber. Oleh karena itu, rugi-rugi dielektrik tidak terjadi pada bahan isolasi yang duhubungkan ke sumber tegangan searah. Rugi-rugi dielektrik



sebanding dengan faktor rugi-rugi dielektrik ($\text{tg } \delta$), faktor yang tergantung pada jenis bahan isolasi. Jika $\text{tg } \delta$ suatu bahan isolasi besar, maka rugi-rugi dielektrik bahan isolasi tersebut akan besar.

2.7 Standar atau Acuan Pengujian¹⁴

Standar ini mengatakan satu kesatuan dengan SPLN 69-1: 1986: "Standardisasi Peralatan Uji, Bagian Satu: Komisioning Instalasi dan Pengujian Peralatan". Standar ini sebagai petunjuk bagi pelaksana, untuk mengetahui spesifikasi alat uji yang akan dipakai dalam melaksanakan tugas komisioning maupun pengujian peralatan.

2.7.1 Standar Tahanan Isolasi

Standard: SK-DIR 0520-2.K.DIR. 2014 (Buku Pedoman Transformator tegangan Final) VDE (catalogue 228/4) minimum besarnya tahanan isolasi kumparan trafo, pada suhu operasi dihitung" 1 Kilo Volt = 1 MOhm"

Tabel 2.2 Standar Minimum Tahanan Isolasi

No.	Hasil Uji	Rekomendasi
1.	$\geq 1 \text{ Mohm} / 1 \text{ kV}$	Normal
2.	$\leq 1 \text{ Mohm} / 1 \text{ kV}$	Lakukan Pengujian Lebih Lanjut

2.7.2 Standar Tangen Delta

Standar yang digunakan IEC 60044-5 "Instrument Transformer Part-5" Edisi I tahun 2004 dan manual book peralatan atau yang tertera pada nameplate peralatan. Standar nilai tangen delta dan kapasitansi adalah sebagai berikut :

¹⁴ PT. PLN (Persero), *Buku Pedoman Pemeliharaan Trafo Tegangan* (Jakarta: PT. PLN, 2014), Hal 21.

**Tabel 2.3** Standar Tangen Delta Transformator Tegangan

No.	Hasil Uji	Keterangan	Rekomendasi
1.	< 1%	Dapat Diterima	Lakukan Pengujian Sesuai yang Dijadwalkan
2.	> 1%	Tidak Dapat Diterima	<p>a. Lakukan pengujian sekali lagi untuk memastikan akurasi hasil uji atau mengacu ke manual book</p> <p>b. Lihat trend hasil pengujian hasil uji periode sebelumnya atau mengacu pada hasil uji pabrikan.</p> <p>c. Bandingkan dengan hasil pengujian yang lain (tahanan isolasi), Jika mengindikasikan hal yang sama (poor) maka:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Lakukan pengujian kualitas minyak isolasi dan DGA (khusus untuk PT jenis non hermetically sealed). 2. Cek Kondisi metalic/rubber bellows, jika terindikasi kemasukan air/udara maka laksanakan penggantian minyak sesuai manual instruction atau hubungi pabrikan. 3. Lakukan penggantian bila hasil perbaikan tetap menunjukkan 1%. <p>d. Sesuai rekomendasi pabrik.</p>