

MODUL PRAKTIKUM

TEKNIK

TEGANGAN TINGGI

DISUSUN OLEH :
HENDRA ZULKARNAIN
MHD FAHMI SYAWALI RIZKI



PENUNTUN PRAKTIKUM TEKNIK TEGANGAN TINGGI

Disusun oleh,

Ir. Hendra Zulkarnain, M.T.
Mhd. Fahmi Syawali Rizki, ST.



**LABORATORIUM TEKNIK TEGANGAN TINGGI
DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SUMATERA UTARA
MEDAN
2019**

KATA PENGANTAR

Praktikum Teknik Tegangan Tinggi adalah bagian dari materi pembelajaran mata kuliah Teknik Tegangan Tinggi yang merupakan mata kuliah pilihan keahlian pada kurikulum Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara. Sesuai dengan materi yang diajarkan pada silabus mata kuliah Teknik Tegangan Tinggi maka modul Praktikum Teknik Tegangan Tinggi ini disusun dengan tujuan agar mahasiswa yang mengikuti mata kuliah tersebut dapat mendalami materi yang diajarkan pada waktu kuliah dan semua peralatan yang ada pada laboratorium yang merupakan aset milik negara dapat terjaga dengan baik..

Mengingat praktikum ini adalah kegiatan yang berbahaya maka pada pelaksanaan kegiatan praktikum Teknik Tegangan Tinggi perlu diperhatikan hal-hal yang menyangkut K3 agar kesehatan dan keselamatan semua orang yang terlibat dalam kegiatan tersebut dapat terjaga dengan baik dan kegiatan praktikum tidak menimbulkan kerugian atau hal-hal lain yang tidak diinginkan.

Akhir kata semoga buku Penuntun Praktikum Teknik Tegangan Tinggi ini dapat menjadi pedoman dalam melaksanakan kegiatan praktikum yang menunjang kegiatan kuliah Teknik Tegangan Tinggi dengan baik, sehat dan aman

Medan, Januari 2019

Ir. Hendra Zulkarnain M.T.

Daftar Isi

PETUNJUK KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA (K3) LABORATORIUM TEKNIK TEGANGAN TINGGI

1. MODUL 1. PEMBANGKITAN DAN PENGUKURAN TEGANGAN TINGGI AC	1
2. MODUL 2. PEMBANGKITAN DAN PENGUKURAN TEGANGAN TINGGI DC	7
3. MODUL 3 PEMBANGKITAN DAN PENGUKURAN TEGANGAN TINGGI IMPULS	13
4. MODUL 4 TEGANGAN TEMBUS AC DIELEKTRIK UDARA.....	17
5. MODUL 5 TEGANGAN TEMBUS AC DIELEKTRIK PADAT.....	20
6. MODUL 6 TEGANGAN TEMBUS AC DIELEKTRIK CAIR.....	23
7. MODUL 7 PENGUJIAN ISOLATOR	26
8. MODUL 8 DISTRIBUSI TEGANGAN ISOLATOR RANTAI.....	30
9. MODUL 9 PENGUJIAN ALAT PELINDUNG TEGANGAN LEBIH..	35
10. MODUL 10 PENGUJIAN KETAHANAN AC PERALATAN.....	41

PETUNJUK KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA (K3)

LABORATORIUM TEKNIK TEGANGAN TINGGI

I. PETUNJUK SEBELUM MELAKSANAKAN PRAKTIKUM

1. Praktikan harus mengenakan sarung tangan dan sepatu karet selama melaksanakan praktikum
2. Periksa tahanan pentanahan (harus lebih kecil 5 Ohm) serta periksa semua terminal pentanahan
3. Praktikan tidak boleh masuk ke dalam ruang pengujian sebelum ada izin dari asisten
4. Pastikan semua posisi switch dalam keadaan OFF sebelum memasuki ruang pengujian
5. Buang muatan pada terminal tegangan tinggi dengan mentanahkannya menggunakan tongkat pembuang muatan
6. Praktikan harus dapat mengoperasikan APAR
7. Praktikan dilarang merokok dan makan selama praktikum

II. PETUNJUK SAAT MELAKSANAKAN PRAKTIKUM

1. Sebelum melaksanakan praktikum, rangkaian percobaan harus diperiksa terlebih dahulu oleh asisten
2. Pintu ruangan pengujian ditutup dan praktikum dilaksanakan dari luar pagar pelindung
3. Percobaan boleh dilakukan jika lampu pengaman merah telah menyala dan jika tidak menyala maka rangkaian percobaan harus diperiksa kembali
4. Selama lampu pengaman merah menyala, praktikan dilarang masuk ke dalam ruang pengujian
5. Jika praktikan hendak mengubah rangkaian percobaan maka output trafo pengaturan pada meja kontrol harus diturunkan sampai nol kemudian switch utama di Off kan. Setelah itu praktikan boleh masuk ke ruang pengujian, buang semua muatan pada terminal tegangan tinggi dengan menggunakan tongkat pembuang muatan kemudian baru praktikan boleh mengubah rangkaian percobaan
6. Setelah praktikum selesai, turunkan trafo pengaturan sampai nol lalu buang semua muatan pada terminal tegangan tinggi menggunakan tongkat pembuang muatan

MODUL I PEMBANGKITAN DAN PENGUKURAN TEGANGAN TINGGI AC

A. TUJUAN

Tegangan tinggi bolak-balik diperlukan antara lain untuk pengujian rugi-rugi dielektrik, pengujian korona, pengujian kekuatan dielektrik dan pengujian ketahanan peralatan terhadap tegangan tinggi bolak-balik. Selain untuk pengujian, tegangan tinggi bolak-balik dibutuhkan juga untuk pembangkitan tegangan tegangan searah dan pembangkitan tegangan tinggi impuls. Untuk membangkitkan tegangan tinggi AC digunakan trafo uji.

Tujuan percobaan adalah :

- 1) Untuk menentukan hubungan antara tegangan primer dengan tegangan sekunder trafo uji agar dapat ditentukan besar tegangan primer trafo uji untuk membangkitkan tegangan tinggi yang dibutuhkan. Sebagai contoh berapa besar tegangan primer trafo uji untuk membangkitkan tegangan 57 kv/50 Hz?
- 2) Membandingkan hasil pengukuran dari berbagai alat ukur tegangan tinggi AC.
- 3) Menentukan faktor “k” dari trafo uji.

B. TEORI

B.1 Trafo Uji

Karakteristik trafo uji berbeda dengan trafo daya. Pada trafo daya berlaku hubungan :

$$V_2 = \frac{V_1}{a} \quad (1.1)$$

Dimana

a = perbandingan belitan primer dan sekunder

V_1 = tegangan primer

V_2 = tegangan sekunder

Jika besar a diketahui maka tegangan pada sekunder trafo dapat dihitung dengan menukur tegangan di sisi primer. Pada trafo uji, Persamaan 1.1 diatas tidak dapat digunakan, karena diperlukan ketelitian sehingga pengaruh kapasitansi belitan trafo uji diperhitungkan.

Hubungan antara primer dan sekunder trafo uji adalah sebagai berikut :

$$V_2 = \frac{V_1}{1-k} \quad (1.2)$$

Dimana k adalah konstanta yang besarnya ditentukan oleh kapasitansi antar belitan trafo uji.

B.2 Pengukuran Tegangan Tinggi AC

Pengukuran tegangan tinggi bolak-balik dapat dilakukan dengan berbagai cara diantaranya :

1. Metode Sela Bola Standar
2. Metode Chubb-Fortesque
3. Metode Pembagi Tegangan Kapasitif
4. Metode Pembagi Tegangan Resistif

Dari keempat metode diatas, cara yang paling sering digunakan adalah metode dengan elektroda bola. Hal ini disebabkan karena metode ini termasuk paling murah, mudah dan dapat diterapkan untuk range tegangan uji yang luas tanpa merusak alat ukur yang sensitif. Oleh karena itu, pengukuran pada laboratorium teknik tegangan tinggi menggunakan metode ini.

B.2.1 Pengukuran Dengan Elektroda Bola Standar

Selain untuk pengukuran tegangan tinggi AC, pengukuran tegangan cara ini dapat juga digunakan untuk melakukan pengukuran tegangan tinggi searah dan tegangan tinggi impuls. Tegangan tembus sela bola standar untuk berbagai jarak sela, pada kondisi udara 20 °C dan tekanan udara 760 mmHg sudah diketahui pada tabel standar. Apabila sela bola mengalami tembus udara pada suhu sembarang T dan tekanan udara sembarang P maka tegangan aktual yang terjadi pada sela bola itu dapat ditentukan dengan cara sebagai berikut :

1. Ukur jarak sela bola diberi (s cm)
2. Cari tegangan tembus standar (V_s) untuk jarak sela s cm berdasarkan tabel standar.
3. Hitunglah faktor koreksinya menggunakan rumus seperti berikut:

$$\delta = \frac{0,386 P}{233+T} \quad (1.3)$$

Dimana:

P = tekanan udara (mmHg)

T = suhu udara (°C)

4. Tegangan pada sela bola adalah $V = \delta V_s$



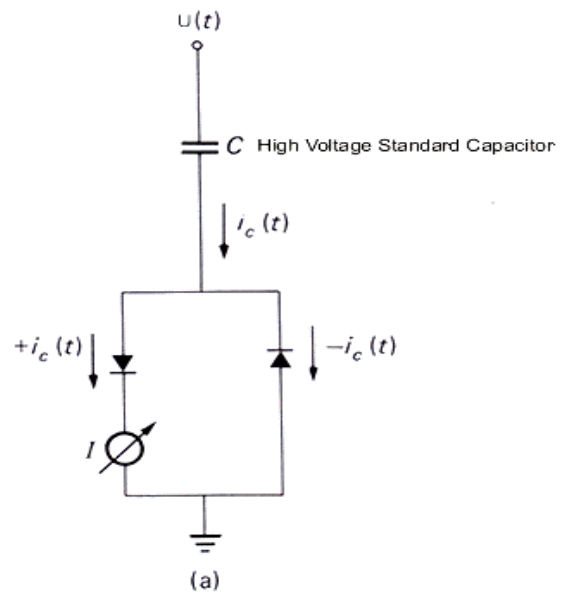
Gambar 1.1 Elektroda Bola

B.2.2 Pengukuran Dengan Metode Chubb & Fortesque

Rangkaian Chubb and Fortesque untuk pengukuran tegangan tinggi AC adalah seperti ditunjukkan oleh gambar 1.2. Komponen utama pengukuran ini adalah kapasitor tegangan tinggi (C), dioda anti paralel D1 dan D2, alat ukur arus (mA) dan frekuensi meter.

Dalam pengukuran ini, yang diukur adalah arus pemuat (I). Hubungan arus ini dengan tegangan yang diukur adalah sebagai berikut :

$$V = \frac{I}{2fC} \quad (1.4)$$



Gambar 1.2 Chubb and Fortesque

Dimana

V = tegangan pada terminal (kV)

f = frekuensi tegangan yang diukur (Hz)

C = kapasitansi kapasitor tegangan tinggi (uF)

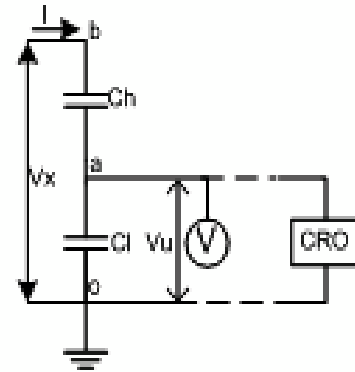
B.2.3 Pengukuran Dengan Pembagi Tegangan Kapasitif

Selain untuk pengukuran tegangan tinggi AC, pembagi tegangan ini juga dapat dipakai untuk percobaan dan pengukuran tegangan tinggi impuls. Komponen pengukuran ini terdiri dari kapasitor tegangan tinggi C_h dan kapasitor tegangan rendah C_l yang keduanya dihubungkan seri. Alat ukur penunjuk dihubungkan paralel dengan kapasitor C_l seperti ditunjukkan pada Gambar 1.3.

$$V_x = V_u \frac{C_h + C_l}{C_h} = k_u V_u \quad (1.5)$$

Dimana:

$$k_u = \frac{C_h + C_l}{C_h} \quad (1.6)$$



Gambar 1.3 Pembagi Tegangan Kapasitif

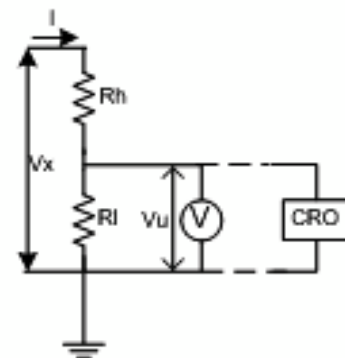
B.2.4 Pengukuran Dengan Pembagi Tegangan Resistif

Selain untuk pengukuran tegangan tinggi AC, pembagi tegangan ini juga dapat dipakai untuk percobaan dan pengukuran tegangan tinggi impuls serta DC. Komponen pengukuran ini terdiri dari resistor tegangan tinggi R_h dan resistor tegangan rendah R_l yang keduanya dihubungkan seri. Alat ukur tegangan rendah dihubungkan paralel dengan resistor R_l seperti pada Gambar.4.

$$V_x = V_u \frac{R_h + R_l}{R_l} = k_u V_u \quad (1.7)$$

Dimana:

$$k_u = \frac{R_h + R_l}{R_l} \quad (1.8)$$



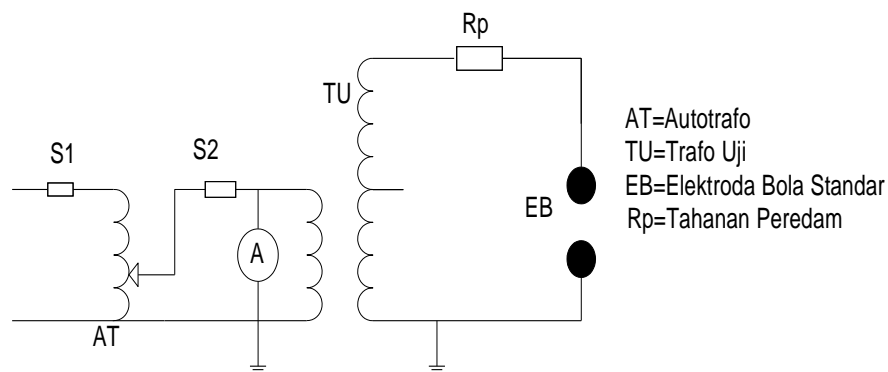
Gambar 1.4 Pembagi Tegangan Resistif

C. PERALATAN PENGUKURAN DENGAN ELEKTRODA BOLA

- | | |
|-------------------------------------|----------|
| 1. Trafo uji AC/DC 220 V/ 100 KV | 1 set |
| 2. Resistor Peredam (10 Mohm) | 1 unit |
| 3. Elektroda bola standar (d= 5 cm) | 1 pasang |
| 4. Multimeter | 1 unit |
| 5. Termometer/Barometer Digital | 1 unit |

D. RANGKAIAN DAN PROSEDUR PERCOBAAN PENGUKURAN DENAN ELEKTRODA BOLA STANDAR

Rangkaian percobaanya adalah seperti pada gambar berikut:



Gambar 1.5 Rangkaian pengukuran dengan Elektroda Bola

Prosedur percobaanya adalah sebagai berikut:

1. Suhu dan tekanan udara diukur dan faktor koreksi dihitung.
2. Mula-mula jarak sela bola dibuat 0,8 cm. Dari tabel standar ditentukan tegangan tembus bola untuk jarak sela 0,8 cm misalkan V_s sehingga pada saat sela bola tembus listrik maka tegangan antara sela bola pada saat itu adalah : $V_2 = \delta V_s$.
3. Saklar utama S_1 ditutup dan AT diatur hingga tegangan keluaranya nol.
4. Kemudian saklar sekunder S_2 ditutup.
5. Input tegangan TU dinaikkan secara bertahap sampai terjadi percikan pada sela bola. Terjadinya percikan bertanda bahwa tegangan yang dibangkitkan sudah mencapai V_2 .
6. Pada saat yang bersamaan, tegangan primer trafo uji dicatat, misalkan V_1 .
7. Saklar utama S_1 dan saklar sekunder S_2 dibuka. Prosedur di atas diulang empat kali lagi sehingga diperoleh lima harga V_1 untuk menghasilkan V_2
8. Setelah prosedur di atas selesai, dilakukan lagi pengukuran untuk jarak sela bola 1 cm, 1,2 cm dan 1,4 cm.

9. Hasil pengukuran disusun dibuat dalam tabel seperti berikut.

$t = \dots\dots\dots C$	$p = \dots\dots \text{ mmHg}$	$\delta = \dots\dots\dots$
-------------------------	-------------------------------	----------------------------

S (cm)	Vs(KV)	V2(kV)	V1(kV)					Rata- rata
			1	2	3	4	5	
0.8								
1.0								
1.2								
1.4								

10. Harga rata-rata tegangan primer trafo uji (V_1) dihitung, sehingga diperoleh data yang menyatakan hubungan tegangan primer dengan tegangan sekunder.
11. Setelah percobaan selesai sampai jarak s terakhir, saklar primer dibuka. Pastikan autotrafo sudah menunjukkan bertegangan 0 sebelum dipadamkan.

MODUL 2

PEMBANGKITAN DAN PENGUKURAN TEGANGAN TINGGI DC

A. T U J U A N

Tegangan tinggi arus searah diperlukan antara lain untuk pengujian korona, pengujian kekuatan dielektrik dan pengujian ketahanan peralatan terhadap tegangan tinggi arus searah. Selain untuk pengujian tegangan tinggi arus searah juga digunakan untuk pembangkitan tegangan tinggi impuls. Tegangan tinggi searah diperoleh dengan menyearahkan tegangan tinggi bolak-balik.

Tegangan tinggi searah dapat dibangkitkan dengan:

1. Rangkaian setengah gelombang tanpa kondensator perata.
2. Rangkaian setengah gelombang dengan kondensator perata.

Ada tiga cara mengukur tegangan tinggi searah yaitu:

1. Elektroda bola standar.
2. Pembagi tegangan resistif.
3. Metoda ammeter.

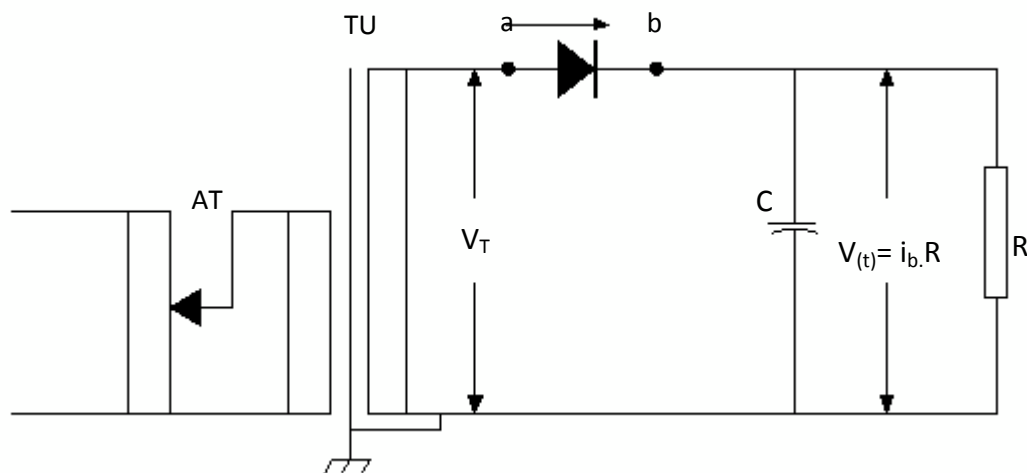
Ada tiga hal yang diamati dalam percobaan ini yaitu:

1. Membangkitkan tegangan tinggi DC dengan penyearah setengah gelombang dan mengukur tegangan keluarannya dengan elektroda bola standar. Hasil pengukuran digunakan untuk mengetahui hubungan antara tegangan primer trafo uji dengan tegangan keluaran penyearah pada keadaan beban tertentu.
2. Mengukur tegangan keluaran penyearah dengan metode pembagi tegangan resistif dan metode ammeter. Hasil pengukuran kedua metode ini dibandingkan dengan hasil pengukuran dengan elektroda bola standar.
3. Membandingkan tegangan keluaran penyearah setengah gelombang tanpa kondensator perata dengan penyearah setengah gelombang dengan kondensator perata.

B. TEORI

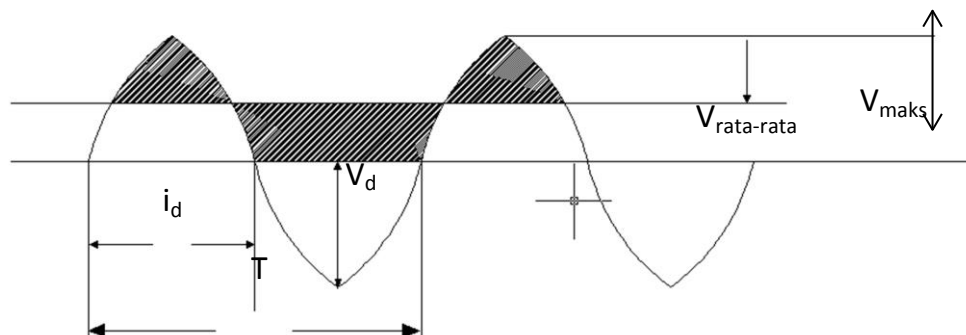
B.1 PEMBANGKITAN TEGANGAN TINGGI DC

Rangkaian penyearah setengah gelombang ditunjukkan pada gambar 2.1. Bagian utama dari penyearah ini adalah trafo uji (TU) dan diode tegangan tinggi (D). Bila dihubungkan tegangan keluaran yang lebih rata maka di terminal keluaran dipasang kondensator perata (C). Tetapi penambahan kapasitor ini akan menambah biaya, karena harga kondensator tegangan tinggi cukup mahal. Benda uji disimbolkan dengan suatu resistor (R) yang nilai tahanannya dalam orde Megaohm.

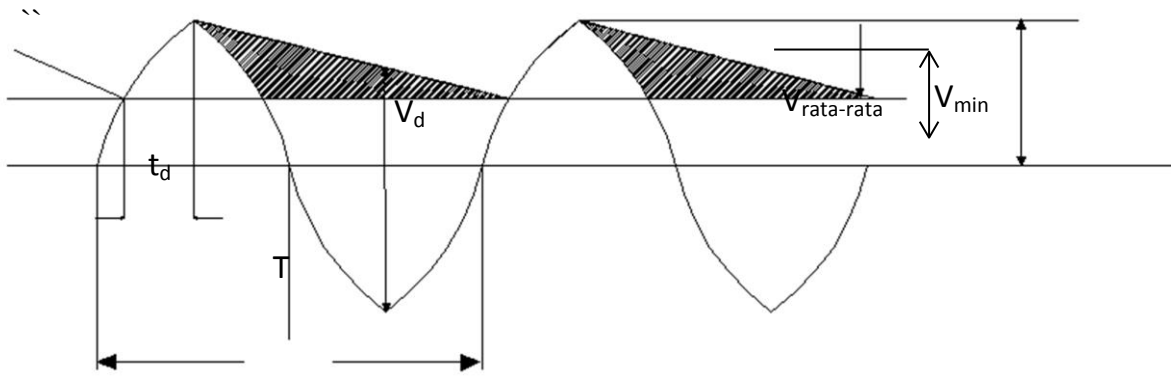


Gambar 2.1 Rangkaian Penyearah Setengah Gelombang

Jika jatuh tegangan pada diode diabaikan, maka bentuk gelombang tegangan keluaran penyearah tanpa dan dengan kondensator perata ditunjukkan pada Gambar 2.2



a Tanpa Kondensator Perata



b. Dengan Kondensator Perata

Gambar 2.2 Tegangan Keluaran Penyearah Setengah Gelombang

Ada beberapa parameter yang perlu diperhatikan dalam penyearah ini antara lain:

1. Tegangan balik puncak diode (peak inverse voltage) yaitu tegangan tertinggi yang dipikul diode saat diode tak melalukan arus (V_d). Parameter ini menentukan spesifikasi tegangan diode yang digunakan. Spesifikasi tegangan diode harus sama dengan atau lebih besar daripada V_d .
2. Faktor cacat (ripple factor) yaitu faktor yang menentukan ketidak rataan tegangan keluaran yang didefinisikan seperti persamaan dibawah ini.

$$\delta v = \frac{1}{2} (V_{maks} - V_{min}) \quad (2.1)$$

Jika faktor cacat kecil maka tegangan keluaran akan semakin rata. Tegangan keluaran penyearah dinyatakan dalam harga rata-rata atau dalam harga efektif.

Untuk penyearah setengah gelombang tanpa kondensator perata, harga rata-rata dan harga efektif tegangan keluaran pada keadaan tidak berbeban adalah sebagai berikut:

Harga rata-rata tegangan keluaran adalah:

$$V_{rata-rata} = \frac{1}{2} V_{maksimum} \quad (2.2)$$

Harga efektif tegangan keluaran adalah :

$$V_{rms} = \frac{1}{2} V_{maksimum} \quad (2.3)$$

Tegangan balik yang dipikul oleh diode adalah :

$$V_d = V_{maksimum} \quad (2.4)$$

Untuk penyearah setengah gelombang dengan kondensator perata tegangan keluarannya diperoleh dengan mengacu kepada Gambar (2.2.b). Jika penyearah dalam kondisi tanpa beban, maka harga rata-rata dan efektif tegangan keluaran adalah sama, yaitu

sebesar tegangan puncak bolak-bali (ac). Bila penyearah dibebani, maka setiap periode (T), tegangan keluaran searah akan turun dari harga puncak menuju harga V_{\min} . Penurunan ini tergantung pada harga tahanan beban (R) dan kapasitansi perata C. Berdasarkan Gambar 2.2.b, harga rata-rata tegangan keluaran adalah seperti persamaan (2.5) berikut.

$$V_{\text{rata-rata}} \approx V_{\text{maks}} - \delta v \quad (2.5)$$

Persamaan diatas berlaku jika jatuh tegangan pada diode diabaikan.

Tegangan balik yang dipikul diode adalah :

$$V_d \approx 2V_{\text{maksimum}} \quad (2.6)$$

Selanjutnya faktor ketidakrataan dapat dihitung dengan anggapan sebagai berikut :

$$t_d \ll T = 1/f \text{ dan } \delta v \ll V_{\text{rata-rata}} \quad (2.7)$$

Selama diode tidak melakukan arus (non-konduksi), kondensator perata mengosongkan muatan ke beban sehingga tegangan kondensator berkurang sebesar $2\delta v$. Jika waktu konduksi diode t_d sangat singkat, maka satu periode, pengosongan muatan kondensator perata berlangsung selama waktu T. Besar muatan yang dilepaskan dari kondensator perata yang mengakibatkan penurunan tegangan sebesar $2\delta v$ adalah :

$$q = 2\delta v C \approx \int_0^T b dt = T I_b \quad (2.8)$$

Faktor cacat tegangan keluaran diperoleh dari persamaan diatas yakni sebagai berikut:

$$\delta v \approx I_b \cdot \frac{1}{2fC} = k_d \cdot I_b \quad (2.9)$$

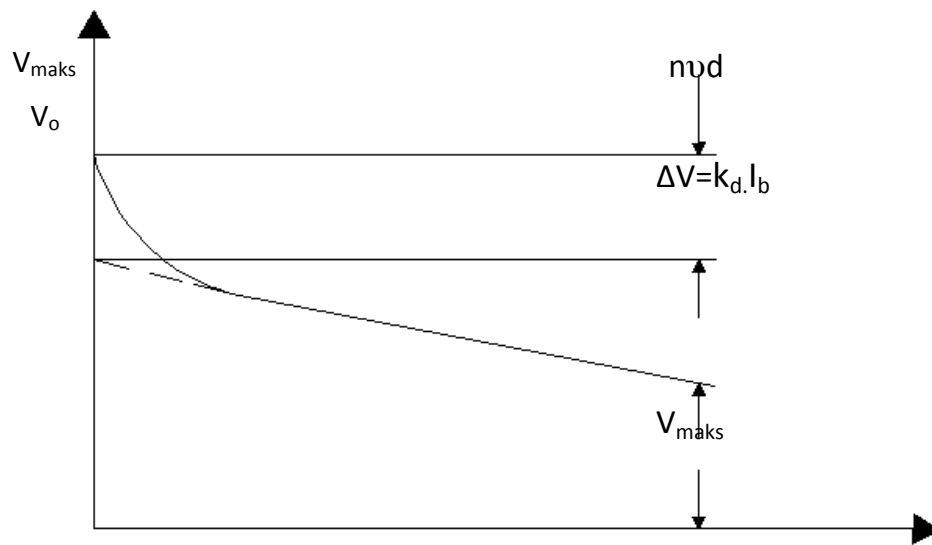
Jika Persamaan 2.9 diatas disubstitusi ke dalam Persamaan 2.5, maka diperoleh :

$$V_{\text{rata-rata}} = V_{\text{maksimum}} - k_d \cdot I_b \quad (2.10)$$

Dalam prakteknya, pada diode semikonduktor selalu ada jatuh tegangan saat diode tersebut melakukan arus. Sehingga hubungan arus beban dengan tegangan keluaran tak benar-benar linear seperti yang dinyatakan pada Persamaan 2.10. Tetapi untuk arus yang lebih besar, jatuh tegangan pada diode dapat dianggap konstan. Bila jatuh tegangan pada setiap unit diode dimisalkan sama dan konstan yaitu sebesar v_d dan banyaknya diode yang dihubungkan seri adalah n, maka persamaan tegangan keluaran penyearah semikonduktor dapat dituliskan sebagai berikut :

$$V_{\text{rata-rata}} = V_{\text{maks}} - k_d \cdot I_b - n v_d \quad (2.11)$$

Menurut persamaan diatas, karakteristik beban penyearah semikonduktor ditunjukkan seperti pada Gambar (2.3).



Gambar 2.3 Karakteristik Beban Penyearah

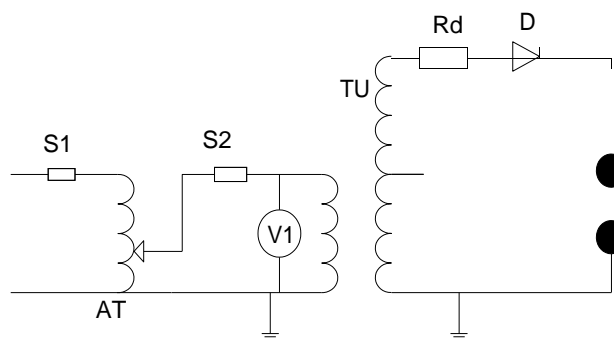
C. PERALATAN PEMBANGKITAN DAN PENGUKURAN TEGANGAN TINGGI DC

- | | |
|-------------------------------------|----------|
| 1. Trafo uji AC/DC 220 V/ 100 KV | 1 set |
| 2. Resistor Peredam (10 Mohm) | 1 unit |
| 3. Elektroda bola standar (d= 5 cm) | 1 pasang |
| 4. Multimeter | 1 unit |
| 5. Termometer/Barometer Digital | 1 unit |

D. RANGKAIAN DAN PROSEDUR PERCOBAAN

D.1 TEGANGAN KELUARAN PENYEARAH TANPA KONDENSATOR PERATA

Rangkaian percobaannya adalah seperti pada Gambar 2.5 ..



Gambar 2.4 Pengukuran Tegangan Keluaran Penyearah tanpa Kondensator Perata

1. Dengan menggunakan termometer dan barometer hitung faktor koreksi udara, mula-mula diukur suhu dan tekanan udara
2. Mula-mula jarak elektroda bola dibuat 0,8 cm. Tegangan keluaran penyearah dinaikkan perlahan sampai elektroda bola tembus listrik.
3. Saat elektroda bola tembus listrik tegangan pada primer trafo uji dicatat.
4. Kemudian pengukuran diulang dua kali lagi.

Selanjutnya, prosedur diatas dilakukan untuk jarak sela bola 1 cm, 1,2 cm, 1,4 cm, dan 2 cm. Hasil pengukuran disusun seperti pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1

t= °C			p = mmHg			
Jarak Sela (cm)	Teg. Tembus Standart (kV)	Teg.Tembus aktual (kV)	Tegangan Primer (V1)			
			1	2	3	Rata-rata
0,8	Lihat Tabel Standar	$= \delta V_s$				
1,0					
...					
2,0					

MODUL 3

PEMBANGKITAN DAN PENGUKURAN TEGANGAN TINGGI IMPULS

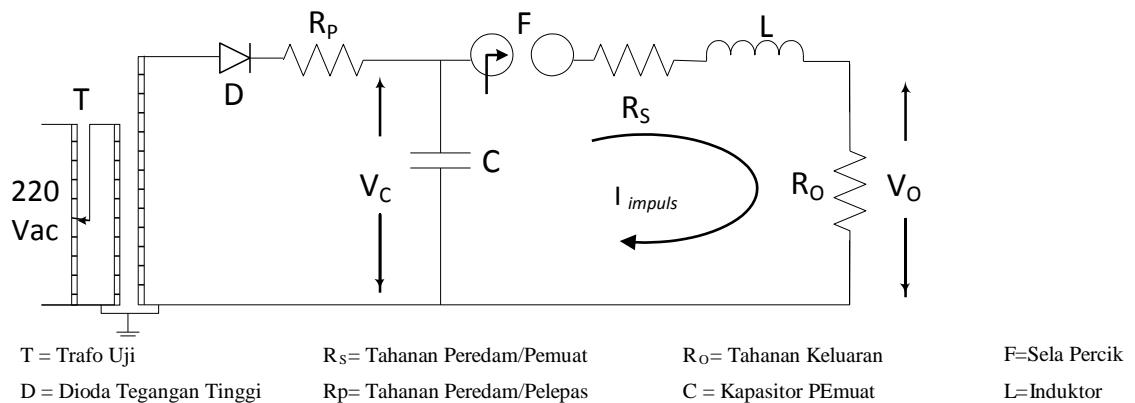
A. TUJUAN

Tegangan tinggi impuls diperlukan untuk pengujian peralatan tegangan tinggi dan penyelidikan mekanisme tembus listrik bahan dielektrik. Dilihat dari komponen rangkaian, ada dua jenis pembangkit tegangan impuls yaitu generator impuls RC dan generator impuls RLC. Sedang dilihat dari tingkat tegangan yang dibangkitkan, pembangkit tegangan impuls dibagi menjadi dua jenis yaitu: generator impuls satu tingkat dan generator impuls bertingkat multi ganda. Tujuan percobaan ini adalah untuk menentukan efisiensi generator impuls rangkaian RLC satu tingkat.

B. TEORI

B.1 PEMBANGKITAN TEGANGAN TINGGI IMPULS

Rangkaian generator impuls RLC satu tingkat ditunjukkan pada Gambar (3.1)



Gambar 3.1 Rangkaian Pembangkit Tegangan Impuls Satu Tingkat RLC

Kapasitor tegangan tinggi pemuat C dimuati melalui tahanan peredam R_p sampai bertegangan sedikit diatas tegangan keluaran yang diinginkan. Ketika sela dipicu, maka muatan pada kapasitor dilepaskan secara transient ke rangkaian R_s , L, dan R_o . Arus ini terjadi secara singkat, dapat diketahui selama adanya percikan pada sela picu. Tahanan resistor R_p dibuat besar dengan tujuan menahan arus susulan yang datang dari sumber tegangan tinggi dc selama proses pelepasan muatan karena selama pelepasan ini, tegangan terminal kapasitor yang membuat kapasitor berpotensi lebih negatif dari sumber tegangan tinggi DC.

Pada peristiwa pemuatan-pelepasan muatan ini, persamaan arus yang mengalir pada rangkaian generator impuls adalah seperti ditunjukkan oleh persamaan 3.1.

$$i = \frac{V(\alpha_1 + \alpha_2)}{R(\alpha_2 - \alpha_1)} (\varepsilon^{-\alpha_1 t} - \varepsilon^{-\alpha_2 t}) \quad (3.1)$$

Dimana:

$$\begin{aligned} \alpha_1 &= \frac{-R}{2L} + \sqrt{\left(\frac{R}{2L}\right)^2 - \frac{1}{LC}} \\ \alpha_2 &= \frac{-R}{2L} - \sqrt{\left(\frac{R}{2L}\right)^2 - \frac{1}{LC}} \end{aligned} \quad (3.2)$$

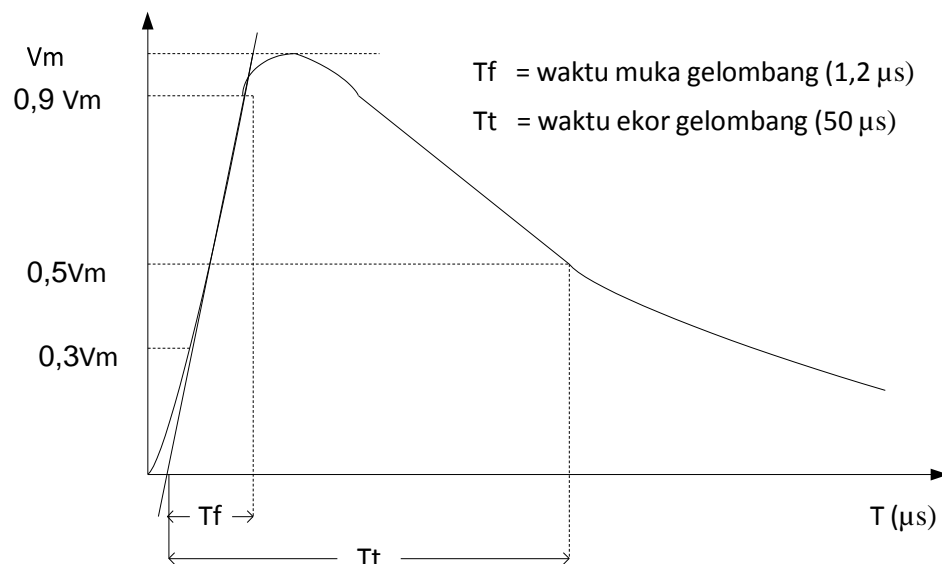
Tegangan keluaran generator adalah tegangan pada resistor R_O yaitu :

$$V_O = i \cdot R_O \quad (3.3)$$

Substitusi Persamaan (3.1) kedalam Persamaan (3.3) diperoleh :

$$V_O = \frac{VR_O(\alpha_1 + \alpha_2)}{R(\alpha_2 - \alpha_1)} (\varepsilon^{-\alpha_1 t} - \varepsilon^{-\alpha_2 t}) \quad (3.4)$$

Persamaan (3.4) adalah persamaan yang menunjukkan bentuk pelepasan muatan yang sebagai manifestasi tegangan keluaran generator impuls satu tingkat RLC. Bentuk gelombang tersebut dapat diamati pada Gambar (3.2) berikut.



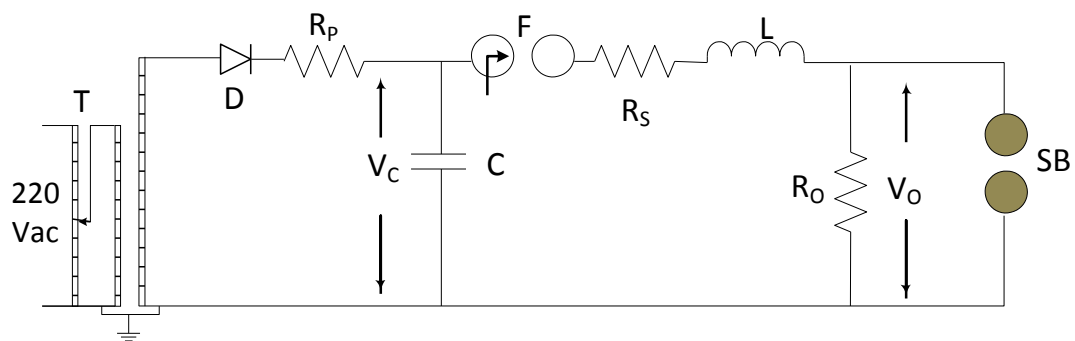
Gambar 3.2 Bentuk Tegangan Impuls Keluaran Generator Impuls

C. PERALATAN PEMBANGKITAN DAN PENGUKURAN TEGANGAN TINGGI IMPULS

1. Trafo Uji AC/DC 220 V/ 150 KV	1 set
2. Generator Impuls Satu Tingkat RLC	1 unit
3. Elektroda bola standar (d= 5 cm)	1 pasang
4. Kabel Tegangan Tinggi	Secukupnya
5. Multimeter	1 unit
6. Termometer/Barometer Digital	1 unit

D. RANGKAIAN DAN PROSEDUR PERCOBAAN

Rangkaian percobaan impuls ditunjukkan oleh Gambar (3.2) berikut ini.



Gambar 3.3 Rangkaian Percobaan

Pada terminal keluaran generator dipasang elektroda bola standar dengan jarak tertentu. Misalkan tegangan tembus elektroda bola pada keadaan standar untuk jarak seala yang ditentukan adalah V_s sedangkan tegangan tembus sela bola pada saat pengujian berlangsung adalah $V_P = \delta V_P$. Dimana δ adalah faktor koreksi udara saat pengujian dilaksanakan. Selanjutnya dilakukan prosedur seperti berikut:

1. Buat tegangan pemula ($V_{c1} = 0,8V_P$)
2. Sela bola bila dipicu sebanyak 10 kali, dan diamati berapa kali udara pada sela bola mengalami tembus listrik
3. Buat tegangan pemula ($V_{c2} = 1,2V_P$)
4. Sela bola dipicu 10 kali lagi, dan diamati berapa kali udara pada sela bola tembus.
5. Hasil pengamatan disusun seperti Tabel (3.1).

Jika saat tegangan pemuat sebesar V_{c1} sela bola tembus sebanyak a kali, maka probabilitas tembus sela bola (p_1) untuk tegangan pemuat sebesar V_{c1} dihitung dengan menggunakan persamaan 3.5.

$$p_1 = \frac{a}{10} \times 100\% \quad (3.5)$$

Dengan cara yang sama, hitung juga probabilitas tembus sela bola p_2 untuk tegangan pemuat sebesar V_{c2} .

Berdasarkan kedua harga probabilitas diatas, dengan metode interpolasi hitunglah tegangan pemuat yang membuat sela bola tembus 50 %, misalkan hasilnya adalah V_{c50} .

Adapun efisiensi generator impuls (η) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 3.6

$$\eta = \frac{V_{maks}}{V}$$

Tabel 3.1 Data Hasil Uji Untuk Penghitungan Efisiensi Generator Impuls

T = __ °C P = __ mmHg δ = __ V_P = __ kV

Tegangan Pemuat	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$V_{c1} =$										
$V_{c2} =$										

NB : Lakukan minimal 5 percobaan!!!

MODUL 4

TEGANGAN TEMBUS AC DIELEKTRIK UDARA

A. TUJUAN

Udara adalah bahan dielektrik yang banyak digunakan sebagai isolasi peralatan tegangan tinggi. Karakteristik tembus listrik udara perlu diamati, karena karakteristik tersebut menentukan karakteristik dari peralatan yang menggunakan udara sebagai bahan isolasi. Sebagai contoh, karakteristik pengaman sela batang bergantung kepada karakteristik tembus listrik udara yang terdapat di antara selanya. Dalam percobaan ini akan diamati tegangan tembus udara sebagai fungsi jarak elektroda, masing-masing untuk susunan elektroda bola-bola, piring-piring, jarum-piring dan susunan batang-batang.

B. TEORI

Mekanisme tembus udara terjadi dengan melewati dua mekanisme yakni Mekanisme Primer, dan Mekanisme Sekunder. Mekanisme Primer memungkinkan terjadinya Avalanche atau banjir elektron, sedangkan mekanisme sekunder merupakan proses yang melibatkan ion positif dalam menghasilkan ionisasi tambahan.

Tembus udara pada tekanan rendah dan sela yang sempit dapat dijelaskan dengan mekanisme Townsend. Sebelum elektroda diberi tegangan, diantar elektroda sudah elektro-elektron bebas hasil radiasi sinar ultraviolet. Jika elektroda dihubungkan ke sumber tegangan listrik maka diantara elektroda timbul medan elektrik yang arahnya berasal dari anoda menuju katoda. Sesuai hukum *Coulomb*, Medan elektrik ini menimbulkan gaya terhadap elektron bebas yang berada di sela.

Dalam perjalanannya menuju anoda, elektron-elektron bebas mengalami tubrukan dengan molekul netral udara. Apabila energi kinetis hasil perkalian massa dengan kuadrat kecepatan elektron saat menabrak molekul netral lebih besar daripada energi orbit menurut hukum *Planck*, maka akan diproduksi suatu elektron baru yang otomatis dihasilkan pula ion positif. Kejadian ini berlangsung terus menerus sehingga menghasilkan banjir elektron (*avalanche*) ke anoda. Inilah Mekanisme Primer.

Pada Mekanisme Sekunder, ion positif baru tertarik pula ke arah muatan lawannya meskipun dengan kecepatan yang lebih kecil dibandingkan elektron akibat massanya yang lebih besar. Ion-ion positif baru menubruk katoda. Pada peristiwa ini maka katoda akan

melepaskan sejumlah elektronnya ke udara yang disebut sebagai emisi elektron. Kejadian ini berlangsung sepanjang masih adanya medan elektrik sebagai penghasil gaya percepatan. Sehingga suatu waktu akan terbentuk suatu tambahan elektron yang bergerak dari katoda menuju anoda. Proses ini merupakan mekanisme Sekunder.

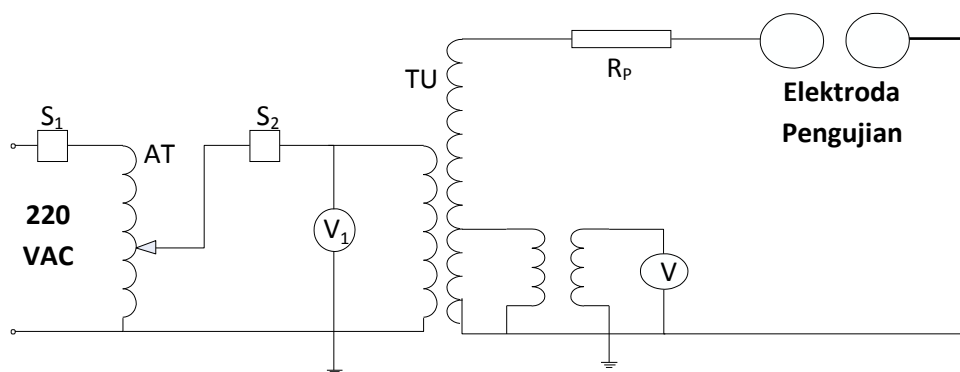
Adapun hasil dari mekanisme ganda ini membentuk suatu kanal penghantar yang lebih tinggi daripada udara normal. Jalur ini bersifat konduktif yang menyebabkan muatan listrik dapat mengalir dalam jumlah yang jauh lebih besar. Saat ini terjadi, disebutlah sebagai tembus listrik sempurna (*breakdown*).

C. PERALATAN PERCOBAAN TEGANGAN TEMBUS AC DIELEKTRIK UDARA

1. Trafo Uji AC/DC 220 V/ 150 KV	1 set
2. Auto trafo 0-220 VAC	1 set
3. Resistor peredam (R_p) 10 MOhm	1 unit
4. Multi meter	1 set
5. Termometer/barometer	1 set
6. Elektroda Bola Standar ($d = 5 \text{ cm}$)	1 pasang
7. Elektroda Jarum	1 pasang
8. Kabel Tegangan Tinggi	Secukupnya

D. RANGKAIAN DAN PROSEDUR PERCOBAAN

Rangkaian percobaan ditunjukkan oleh Gambar (4.2) berikut ini.



Gambar 4.1 Rangkaian Percobaan Tegangan Tembus Dielektrik Udara

1. Mula-mula diukur suhu, tekanan dan kelembaban udara.
2. Jarak sela elektroda bola-bola dibuat 0,5 cm.

3. Tegangan keluaran trafo uji dinaikkan secara bertahap dengan kecepatan 1 kV/detik sampai udara pada sela bola tembus listrik.
4. Catat tegangan pada saat terjadi tembus listrik
5. Lakukan percobaan minimal sebanyak 5 kali
6. Lakukan percobaan selanjutnya untuk jarak sela 1 cm, 1,5 cm, sampai 2 cm.
7. Nilai rata-rata kelima pengukuran tegangan tembus sebenarnya dapat diambil dengan merata-ratakan hasil pengukuran untuk satu nilai jarak
8. Hasil pengukuran disusun seperti pada tabel 4.10

Jarak Sela (cm)	VBD ELEKTRODA BOLA – BOLA (kV)					VBD rata-rata (kV)
	1	2	3	4	5	
0,5						
1						
1,5						
2						

9. Selanjutnya ulangi percobaan di atas dengan menggunakan elektroda bola-jarum dan jarum-jarum
10. Setelah selesai, turunkan tegangan di autotrafo sampai bernilai 0
11. Buka saklar S2 dan matikan peralatan.

MODUL 5

TEGANGAN TEMBUS AC DIELEKTRIK PADAT

A. TUJUAN

Percobaan ini bertujuan untuk :

1. Menentukan kekuatan dielektrik isolasi kertas
2. Menentukan ketahanan tegangan AC isplasi kertas dengan pengujian selama 1 menit.

B. TEORI

Kekuatan dielektrik dari suatu dielektrik padat diukur dengan menempatkan dielektrik diantara dua elektroda. Kemudian elektroda diberi tegangan hingga dielektrik tembus listrik. Tembus listrik terjadi saat kuat medan elektrik yang dihasilkan elektroda melebihi kekuatan dielektrik bahan yang sedang diobservasi. Kuat medan elektrik suatu susunan elektroda bergantung pada bentuk elektroda. Oleh karena itu, kekuatan dielektrik yang terukur tergantung pada bentuk elektroda pengukurnya. Bahan dielektrik padat memiliki kekuatan dielektrik yang lebih tinggi dari udara sehingga dalam pengujian dapat terjadi lewat denyar. Lewat denyar atau dikenal juga dengan istilah *flashover* adalah peristiwa tembus listrik udara/gas yang berbatasan dengan dielektrik padat.

Terdapat dua cara yang dapat dilakukan untuk mencegah terjadinya lewat denyar, yaitu:

1. Membuat sampel setipis mungkin
2. Membenamkan sebagian elektroda ke dalam dielektrik yang akan diuji
3. Selama pengujian, elektroda bersama benda uji dimasukkan ke dalam minyak isolasi

Cara pertama dilakukan untuk pengujian dielektrik yang tebalnya kurang dari 1 mm. Jika lembaran dielektrik semakin tebal, tegangan tembus dielektrik akan semakin tinggi, sehingga tegangan elektroda pengujian juga harus tinggi. Hal ini dapat memicu terjadinya peluahan parsial (*partial discharge*) pada tepi-tepi elektroda. Pada kondisi seperti ini, tembus yang terjadi lebih dipengaruhi oleh susunan elektroda dan bukan lagi oleh sifat dielektrik yang diuji. Untuk mencegah terjadinya peluahan sebagian selama pengujian, susunan elektroda uji dimasukkan kedalam minyak isolasi.

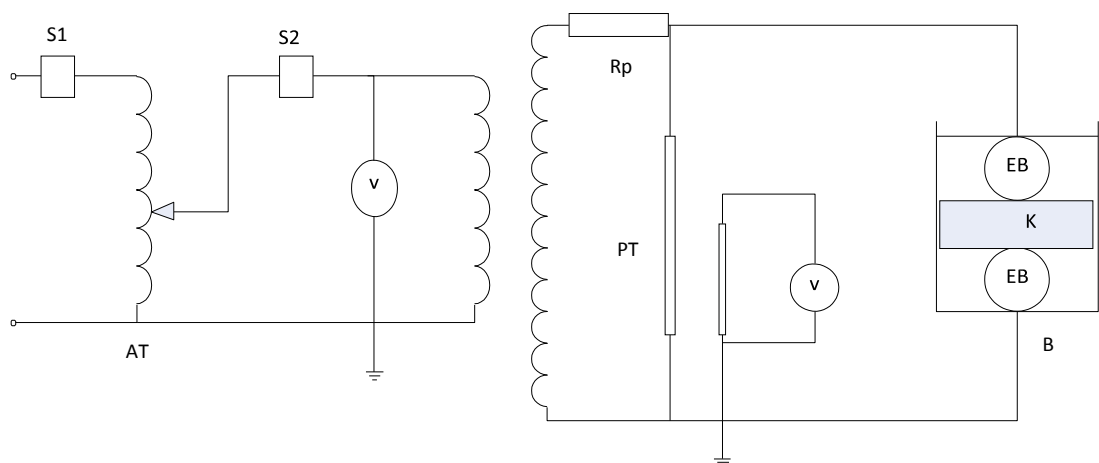
Cara lain untuk mencegah peluahan parsial tepi elektroda adalah dengan membenamkan sebagian elektroda ukur kedalam dielektrik yang diuji atau membenamkannya bersama benda uji kedalam minyak isolasi yang ditaruh pada suatu wadah isolatif.

C. PERALATAN PERCOBAAN TEGANGAN TEMBUS AC DIELEKTRIK PADAT

- | | |
|--------------------------------------|------------|
| 1. Trafo Uji 100V20 kV, 50 Hz, 3 KVA | 1 set |
| 2. Multi meter | 1 set |
| 3. Elektroda Pengujian Plat-Plat | 1 pasang |
| 4. Wadah Pengujian | 1 pasang |
| 5. Timer | 1 unit |
| 6. Kertas sebagai bahan dielektrik | secukupnya |

D. RANGKAIAN DAN PROSEDUR PERCOBAAN

Rangkaian percobaan ditunjukkan oleh Gambar 5.1



Gambar 5.1 Rangkaian Pengujian Tegangan Tembus Dielektrik Kertas

AT = Autotrafo

EB = Elektroda bola

PT = Trafo ukur

B = Bejana

TU = Trafo uji

Rp = Tahanan peredam

V = Voltmeter AC

K = Kertas

Prosedur

1. Kertas sampel dibentuk seperti elektroda, tetapi diameternya harus lebih besar dari diameter elektroda dan ketebalannya harus terukur 1 mm.
2. Sampel diselipkan di antara elektroda ukur dan ditekan dengan tekanan 500 gr/cm².
3. Tegangan benda uji dinaikkan secara bertahap dengan kecepatan konstan 1 kV/detik sampai benda uji tembus listrik. Catat tegangan elektroda saat terjadi tembus listrik.
4. Pengujian serupa dilakukan terhadap 5 sampel.
5. Data pengukuran disusun seperti dalam tabel 5.1. Tegangan tembus dielektrik adalah rata-rata kelima tegangan yang diperoleh tadi, misalkan nilai tegangan tembus yang diperoleh adalah V_t . Berdasarkan nilai rata-rata tegangan tembus yang diperoleh di atas dilakukan pengukuran ketahanan tembus 1 menit.
6. Kertas sampel baru diselipkan di sela elektroda. Tegangan pada benda uji dinaikkan sampai $0.8V_t$, lalu ditunggu selama 1 menit.
7. Ukur waktu dengan menggunakan timer
8. Seterusnya, dari $0.8V_t$ tegangan dinaikkan hingga kertas tembus listrik. Catat nilai V
9. Pengujian serupa dilakukan terhadap lima kertas sampel
10. Data pengukuran disusun seperti pada tabel hasil 5.2. Ketahanan tegangan AC 1 menit dielektrik adalah nilai rata-rata kelima tegangan yang diperoleh tadi.

Tabel 5.1 Data Tembus Dielektrik Per Sampel Kertas

Tegangan Tembus (kV)					VBD rata-rata (kV)
1	2	3	4	5	

Tabel 5.2 Data Tembus Dielektrik Per Sampel Kertas Dengan Durasi Uji 1 Menit

Tegangan Tembus mulai dari $0.8 V_t$ (kV)					VBD rata-rata (kV)
1	2	3	4	5	

MODUL 6

TEGANGAN TEMBUS AC

DIELEKTRIK CAIR

A. TUJUAN

Banyak peralatan tegangan tinggi yang menggunakan dielektrik cair, karena kekuatan dielektriknya jauh lebih tinggi dari pada kekuatan dielektrik udara atmosfer. Salah satu peralatan yang menggunakan dielektrik cair adalah trafo daya disebut minyak trafo. Minyak trafo yang banyak dijumpai di pasaran adalah merek “Shell Diala B”. Topik yang dibahas dalam percobaan ini adalah mengukur faktor rugi-rugi dielektrik ($Tg \delta$) dan tegangan tembus dielektrik cair “Shell Diala B” maupun “Total Isovoltine-II”.

B. TEORI

PENGUKURAN TEGANGAN TEMBUS MINYAK TRAFU

Didalam minyak trafo terdapat butiran-butiran atau serat-serat karena tiga hal, yakni :

1. Terjadinya oksidasi udara dengan minyak trafo
2. Karena belitan kumparan trafo mengandung serat-serat.
3. Karena adanya butir-butir besi yang berasal dari inti dan tanki trafo.

Setelah trafo beroperasi dalam jangka waktu panjang, maka butiran serta serat ini dapat membentuk formasi jembatan yang bersifat konduktif. Terbentuknya jembatan ini dapat menurunkan kekuatan dielektrik dari minyak trafo. Molekul udara yang terperangkap dalam minyak juga dapat menurunkan kualitas isolasi minyak, karena molekul udara bersifat lebih renggang dan memiliki tegangan tembus yang lebih rendah daripada molekul minyak. Sehingga untuk level tegangan yang sama, suatu daerah pada minyak isolasi yang mengandung udara akan mengalami ionisasi lebih dulu, yang mengawali terjadinya peluahan sebagian (*partial discharge*) pada minyak isolasi.

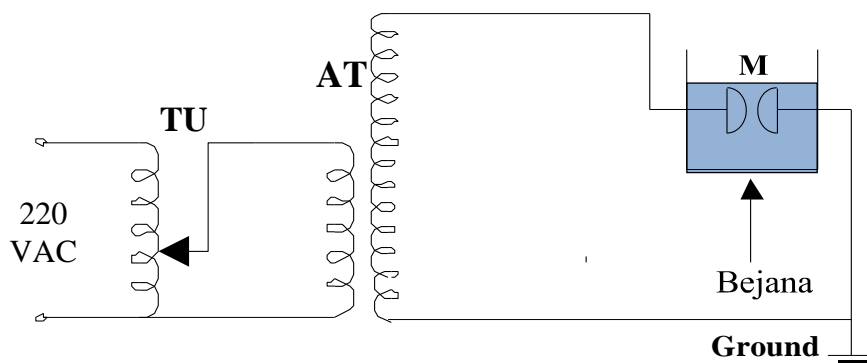
Pada pengujian ini diperlukan kondisi minyak trafo yang bebas gelembung udara agar pengujian yang dilakukan murni hanya untuk mengukur kekuatan dielektrik minyak sehubungan dengan penuaan setelah pemakaian pada transformator daya.

C. PERALATAN PERCOBAAN TEGANGAN TEMBUS AC DIELEKTRIK CAIR

- | | |
|--|------------|
| 1. Trafo Uji 100V20 kV, 50 Hz, 3 KVA | 1 set |
| 2. Multi meter | 1 set |
| 3. Elektroda Pengujian Bola-Bola Diameter 1-2 cm | 1 pasang |
| 4. Wadah Pengujian | 1 pasang |
| 5. Minyak Isolasi Baru dan Lama | secukupnya |
| 6. Timer | 1 unit |
| 7. Kertas sebagai bahan dielektrik | secukupnya |
| 8. Pengaduk Minyak | 1 buah |

D. RANGKAIAN DAN PROSEDUR PERCOBAAN

Rangkaian percobaan ditunjukkan oleh Gambar 6.1.



Gambar 6.1 Rangkaian Pengujian Tegangan Tembus Dielektrik Cair

- | | | | |
|----|------------------|----|------------------------|
| AT | = Autotrafo | TU | = Trafo uji |
| M | = Minyak Isolasi | B | = Bejana Berisi Minyak |

Prosedur

1. Siapkan bejana pengujian dan pastikan keadaan kosong dan tidak kotor/berair/berdebu
2. Atur jarak sela elektroda pengujian sejauh 2,5 mm
3. Tuangkan minyak trafo yang baru lalu ke dalam bejana dengan hati-hati sampai ketinggian minyak mencapai garis batas.
4. Aduk untuk memastikan tidak ada lagi gelembung udara yang tertinggal didalamnya.
5. Pasang konduktor bejana ke elektroda trafo uji sesuai polaritasnya
6. Pasang multimeter pada terminal tegangan trafo uji sesuai polaritasnya.
7. Nyalakan MCB autotrafo/trafo uji

8. Pastikan nilai tegangan bernilai nol lalu nyalakan trafo uji
9. Lakukan pengujian dengan menaikkan tegangan secara bertahap dengan kecepatan penaikan sebesar 1 kV/detik agar pengukuran akurat.
10. Ketika minyak mengalami tembus listrik, catat nilai tegangan yang tertera pada multimeter, lalu turunkan tegangan dan matikan TU.
11. Aduk minyak untuk melarutkan zat hidrokarbon serta gelembung udara yang muncu dan tunggu beberapa menit.
12. Setelah minyak tampak bersih, kembali lakukan percobaan dari step ke 8 sampai 11 sebanyak 5 kali.
13. Ganti sampel minyak trafo dengan jenis lain yang lebih tua.

Tabel 6.1 Data Tembus Dielektrik Cair Kondisi Minyak Baru

Tegangan Tembus (kV)					
1	2	3	4	5	Rata - Rata

Tabel 6.2 Data Tembus Dielektrik Cair Kondisi Minyak Lama

Tegangan Tembus (kV)					
1	2	3	4	5	Rata - Rata

Catatan : Jika harga rata-rata yang diperoleh sama dengan atau lebih besar daripada 25 kV, maka kualitas minyak adalah baik!

14. Setelah selesai, kembalikan minyak yang telah dipakai ke tempatnya masing-masing.
15. Matikan peralatan dan lepaskan multimeter

MODUL 7

PENGUJIAN ISOLATOR

A. TUJUAN

Isolator yang dimaksud dalam percobaan ini adalah isolator yang digunakan pada jaringan hantaran udara. Pengujian tegangan tinggi isolator terdiri dari pengujian jenis dan pengujian rutin. Pengujian jenis dilakukan untuk memeriksa kualitas jenis isolator rancangan baru dan dilakukan terhadap isolator contoh. Sedang pengujian rutin dilakukan untuk pemeriksaan kualitas individu isolator. Pengujian ini meliputi :

1. Pengujian lewat danyar ac kering dan basah.
2. Pengujian ketahanan ac
3. Pengujian tegangan tembus ac
4. Pengujian lewat denyar impuls
5. Pengujian ketahanan impuls.

Dalam percobaan ini yang akan dilakukan hanya pengujian tegangan lewat denyar (*flashover*) AC kering, Pengujian Ketahanan AC, dan Pengujian Ketahanan Impuls.

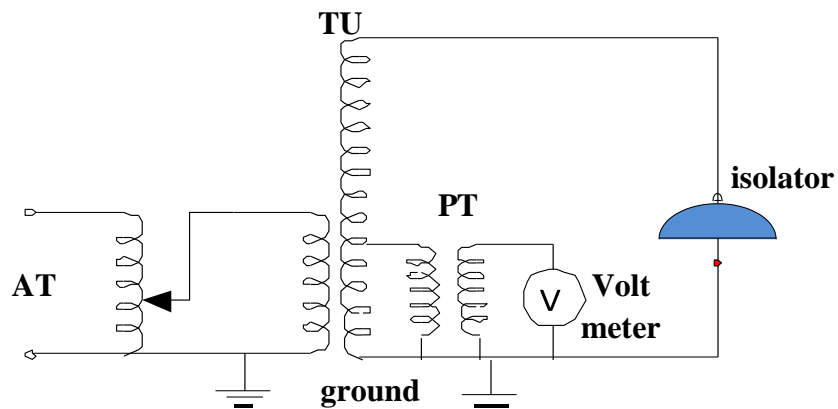
B. TEORI

Isolator jaringan hantaran udara merupakan peralatan yang penting dalam sistem tenaga listrik. Kegagalan pada isolator ini dapat menimbulkan hubung singkat fasa ke tanah, dan pada akhirnya menimbulkan gangguan berupa diskontinuitas pelayanan. Isolator sangat terbuka terhadap terpaan tegangan lebih impuls akibat sambaran petir. Isolator juga berpeluang diterpa tegangan lebih frekuensi sistem, yaitu saat terjadi hubung-singkat satu fasa ke tanah. Oleh karena itu, isolator perlu diuji sebelum dipasang pada jaringan.

Pengujian tegangan lewat denyar bertujuan untuk mengukur nilai tegangan yang menyebabkan terjadinya lewat denyar pada isolator. Nilai tegangan ini tergantung kepada keadaan udara pada saat pengujian dan bentuk tegangan yang diujikan. Pengujian tegangan ketahanan AC bertujuan untuk memeriksa apakah isolator mampu memikul tegangan AC diatas tegangan pengenalnya selama 1 menit. Sedang pengujian tegangan ketahanan impuls bertujuan untuk memastikan bahwa tidak terjadi lewat denyar pada isolator melalui metode isolator diterpa lima tegangan impuls yang puncaknya sama puncaknya sama dengan tegangan ketahanan impuls yang tercantum dalam spesifikasi.

C. PERALATAN PEROBAAN PENGUJIAN ISOLATOR

1. Trafo Uji 0-220V/100kV, 50 Hz, 5 KVA	1 unit
2. Generator Impuls 1,2/50 us, 0.3 125 kWS	1 set
3. Trafo Uji AC-DC 0-220V/60 kV	1 unit
4. Isolator Uji	1 unit
5. Termometer/Barometer	1 unit
6. Multimeter	1 unit
7. Konduktor tegangan tinggi`	secukupnya

D. RANGKAIAN DAN PROSEDUR PERCOBAAN**D.1 PENGUJIAN LOMPATAN API ATAU LEWAT DENYAR AC ISOLATOR****Gambar 7.1 Rangkaian Pengujian Lewat Denyar AC Isolator****Prosedur**

1. Susun rangkaian seperti Gambar 7.1
2. Ukur faktor koreksi udara pengujian δ
3. Mula-mula ditentukan tegangan lewat denyar standar (V_s) menurut spesifikasi yang diberikan pabrikan.
4. Naikkan tegangan pada terminal isolator secara bebas sampai mencapai 0,75 V_s
5. Biarkan selama 15 detik, kemudian naikkan lagi tegangan secara bertahap sebesar 1kV/detik sampai terjadi lewat denyar.
6. Catat tegangan sekunder trafo uji saat terjadinya lewat denyar.
7. Prosedur diatas dilakukan minimal 5 kali.

8. Masing-masing dalam selang waktu 15 detik sampai 5 menit agar keadaan udara dianggap belum berubah.
9. Susun data hasil percobaan kedalam Tabel 7.1

Tabel 7.1 Data Hasil Percobaan Lewat Denyar AC Isolator

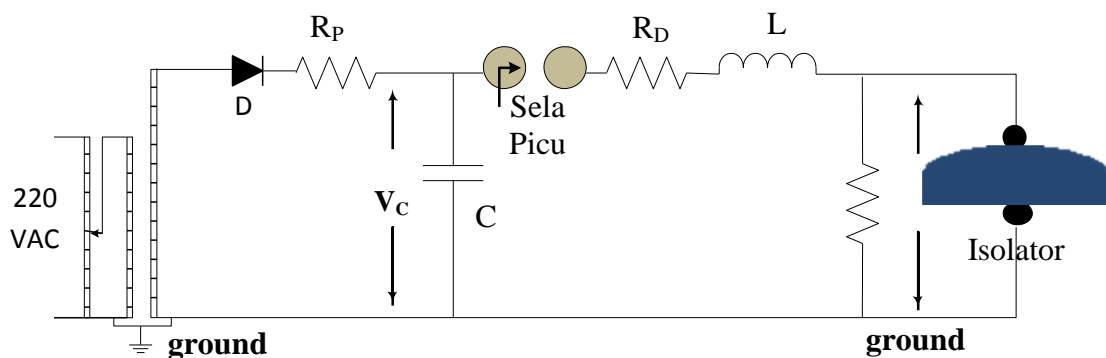
P= mmHg T=..... °C δ =

Tegangan Tembus ke n (kV)					VBD rata-rata (kV)
1	2	3	4	5	

10. Hitung rata-rata tegangan lewat denyar (V_{BD} rata-rata = V_u)
11. Kemudian hitung tegangan lewat denyar standar $V_{us} = \frac{V_u}{\delta}$
12. Bila $V_{us} \geq V_s$ maka isolator dinyatakan lolos uji, sebaliknya tidak

D.2. PENGUJIAN LOMPATAN API/LEWAT DENYAR IMPULS ISOLATOR

Menurut IEEE, dilihat dari segi evaluasi statistik ada tiga jenis klasifikasi pengujian, yaitu Kelas 1, Kelas 2, dan Kelas 3. Metode Kelas 3 disebut juga sebagai metode **Up and Down**, atau metode naik turun.



Gambar 7.2 Rangkaian Pengujian Lompatan Api Impuls

Prosedur

1. Rangkaian pengujian disusun seperti Gambar 7.2
2. Tentukan tegangan lompatan api impuls V_s standar sesuai spesifikasi isolator
3. Ukur temperatur dan tekanan diruang pengujian untuk memperoleh faktor koreksi kerapatan udara δ

4. Terapkan tegangan V_s sebagai tegangan pengujian pertama.
5. Jika pengujian pertama menghasilkan *flashover*, maka pengujian selanjutnya dilakukan dengan nilai $V_n = V_{n-1} - \Delta V$.
6. Nilai ΔV adalah $0,03V_{n-1}$
7. Jika pada pengujian pertama tidak menghasilkan *flashover*, maka pengujian berikutnya dilakukan dengan tegangan $V_n = V_{n-1} + \Delta V$ dimana $\Delta V = 0,03V_{n-1}$.
8. Lakukan percobaan sebanyak 20 kali.
9. Hasil pengujian diperoleh probabilitas 50% dengan mengamati seperti Tabel 7.2

Tabel 7.2 Hasil Pengujian Lewat Denyar Impuls Isolator

41 kV														
40 kV														
39 kV														
38 kV														
37 kV														O
36 kV													X	
35 kV						O		O		O		X		
34 kV				O		X		X		X		X		
33 kV			X		X									
32 kV		X												
31 kV	X													

I	N_{i0}	N_{ix}
7	1	0
6	0	1
5	3	1
4	1	4
3	0	2
2	0	1
1	0	1
N=	5	10

O = terjadi lewat denyar

X = tak terjadi lewat denyar

i = tingkat tegangan ke - n

n_{i0} = jumlah terjadi an O pada tingkat tegangan ke-i

n_{ix} = jumlah terjadi an X pada tingkat tegangan ke-i

N = total banyaknya percobaan yang dilakukan

MODUL 8

DISTRIBUSI TEGANGAN ISOLATOR RANTAI

A. TUJUAN

Isolator rantai digunakan pada transmisi tegangan tinggi. Setiap unit isolator dapat dianggap merupakan suatu kapasitor. Oleh karena itu, isolator rantai dapat dianggap merupakan susunan dari beberapa unit kapasitor yang terhubung seri maupun paralel. Akibatnya, jika isolator diberi tegangan AC, maka distribusi tegangan pada setiap unit isolator tidak sama.

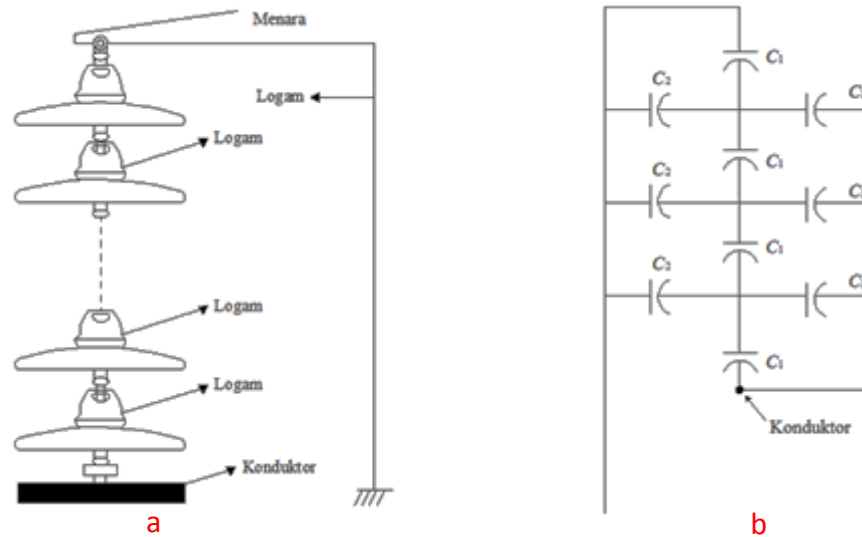
Percobaan ini bertujuan untuk menggambarkan distribusi tegangan pada isolator rantai dan melihat pengaruh jumlah unit isolator terhadap distribusi tegangan dan efisiensi isolator rantai.

B. TEORI

Isolator rantai adalah beberapa isolator piring yang diserikan. Karena suatu isolator dapat dianggap merupakan suatu kapasitor maka jika beberapa isolator piring dirangkai menjadi isolator rantai seperti pada gambar 8.1.a dan jika digabungkan dengan kapasitansi lain akan ditemukan tiga kelompok susunan “konduktor-dielektrik-konduktor”, masing-masing dibentuk oleh :

1. Jepitan logam isolator-dielektrik-isolator jepitan logam dibawahnya. Susunan ini membentuk kapasitansi sendiri isolator (C_1).
2. Jepitan logam isolator-udara-menara. Susunan ini membentuk kapasitansi jepitan logam isolator dengan menara yang ditanahkan (C_2). Kapasitansi ini disebut kapasitansi tegangan rendah.
3. Jepitan logam isolator-udara-konduktor transmisi. Susunan ini membentuk kapasitansi jepitan logam dengan konduktor tegangan tinggi, dan disebut kapasitansi tegangan tinggi (C_3)

Dengan demikian, isolator rantai dapat dianggap merupakan susunan dari beberapa unit kapasitor yang terhubung seperti pada Gambar 8.1.b.



Gambar 8.1 Pemodelan Isolator dan Distribusi Tegangannya

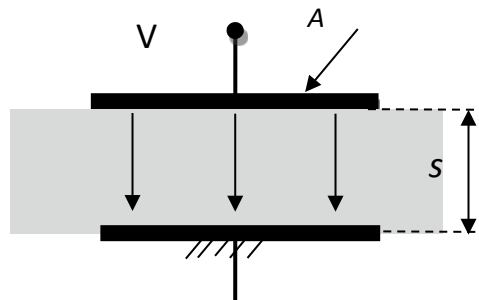
Nilai kapasitansi C_1 , C_2 , dan C_3 sulit dihitung dengan tepat sehingga perhitungan tegangan pada setiap unit isolator hasilnya kurang akurat. Karena itu distribusi tegangan pada isolator rantai biasanya ditentukan dengan percobaan di laboratorium.

Pada Gambar 8.2 diperlihatkan suatu kapasitor yang terbuat dari plat sejajar. Jika suatu kapasitor dengan tebal dielektrik S diberi tegangan bolak-balik V berfrekuensi f dan efek medan pinggir pada kapasitor diabaikan, maka dielektrik kapasitor akan memikul medan elektrik sebesar:

$$E = \frac{V}{S} \quad 8.1$$

Besar kapasitor plat sejajar adalah:

$$C = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r}{S} A \quad 8.2$$



Gambar 8.2 Pemodelan Kapasitor

Dimana

- C = kapasitansi (farad)
 ϵ_0 = permitivitas udara (farad/m)
 ϵ_r = permitivitas relatif dielektrik
 s = tebal dielektrik (m)
 A = luas permukaan plat (m^2)

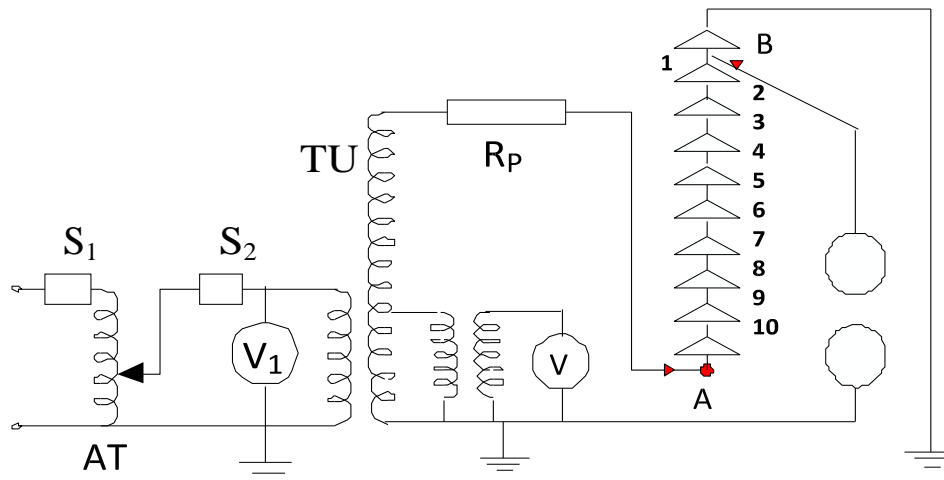
Luas A merupakan luas permukaan plat memiliki nilai tetap dengan sesuai ukuran pelat yang dipergunakan sedangkan nilai S adalah tebal dielektrik antara kedua pelat. Besar kapasitor C dapat berubah yang terjadi melalui perubahan kelembaban udara dan kandungan udara disekitar dielektrik yang dapat mengubah permitivitas udara. Dengan demikian permitivitas udara ϵ_0 dapat mempengaruhi besar kapasitansi.

Jumlah isolator yang digunakan dan kapasitansi C_1 , C_2 , dan C_3 memengaruhi distribusi tegangan yang dipikul oleh setiap unit isolator. Makin banyak jumlah isolator yang digunakan maka distribusi tegangan terpikul oleh per unit isolator makin kecil. Penambahan isolator perlu dilakukan apabila tegangan pikul pada isolator terdekat ke kawat fasa lebih besar daripada kekuatan dielektrik isolator tersebut.

C. PERALATAN PERCOBAAN DISTRIBUSI TEGANGAN ISOLATOR RANTAI

- | | |
|--|--------------|
| 1. Trafo Uji 0-220V/100kV, 50 Hz, 5 KVA | 1 unit |
| 2. Elektroda Bola Standar ($d = 5 \text{ cm}$) | 1 set |
| 3. Resistor Peredam $10 \text{ M}\Omega$ | 1 unit |
| 4. Isolator Rantai | 10 gantungan |
| 5. Gantungan Isolator Rantai | 1 set |
| 6. Termometer/Barometer | 1 unit |
| 7. Multimeter | 1 unit |
| 8. Konduktor tegangan tinggi` | secukupnya |

D. RANGKAIAN DAN PROSEDUR PERCOBAAN



Gambar 8.3 Rangkaian Pengujian Distribusi Tegangan Isolator Rantai

Prosedur

1. Terminal A dihubungkan pada jepitan paling bawah isolator rantai sedang terminal B dihubungkan pada jepitan 1.
2. Jarak sela bola dibuat 0.2 cm.
3. Saklar primer (S1) ditutup dan AT diatur hingga tegangan keluarannya nol.
4. Saklar sekunder (S2) ditutup.
5. Tegangan keluaran TU dinaikkan secara bertahap dengan kecepatan 1 kV/detik sampai udara pada sela bola tembus listrik.
6. Saat terjadi tembus listrik, dicatat tegangan sekunder trafo uji dan saklar sekunder (S2) segera dibuka.
7. AT diatur kembali hingga tegangan keluarannya nol.
8. Ulangi prosedur 5 s/d 9 sebanyak 4 kali lagi.
9. Prosedur di atas diulang untuk posisi terminal A tetap pada jepitan paling bawah, tetapi terminal B dipindahkan ke jepitan 2, 3, 4, 5 dan seterusnya hingga berakhir pada jepitan 10.
10. Kemudian hubungkan terminal B ke terminal A. Ukur tegangan tembus sela elektroda sebanyak 10 kali.
11. Untuk melihat pengaruh jumlah unit isolator terhadap distribusi tegangan pada unit-unit isolator rantai, jumlah unit isolator dibuat 8 unit. Hal ini dilakukan dengan memindahkan terminal A ke jepitan 9. Kemudian dilakukan pengukuran dengan prosedur seperti di atas.

12. Data pengukuran disusun seperti Tabel 8.1

Tabel 8.1

Untuk pengukuran dengan 10 buah isolator rantai

Jarak sela bola = 0,2 cm Jumlah isolator = 10 Faktor Koreksi=						
No. jepitan	Vbd (kV)					Rata-rata
	1	2	3	4	5	
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						

Untuk pengukuran dengan 8 buah isolator rantai

Jarak sela bola = 0,2 cm Jumlah isolator = 8 Faktor Koreksi=						
No. jepitan	Vbd (kV)					Rata-rata
	1	2	3	4	5	
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						

MODUL 9

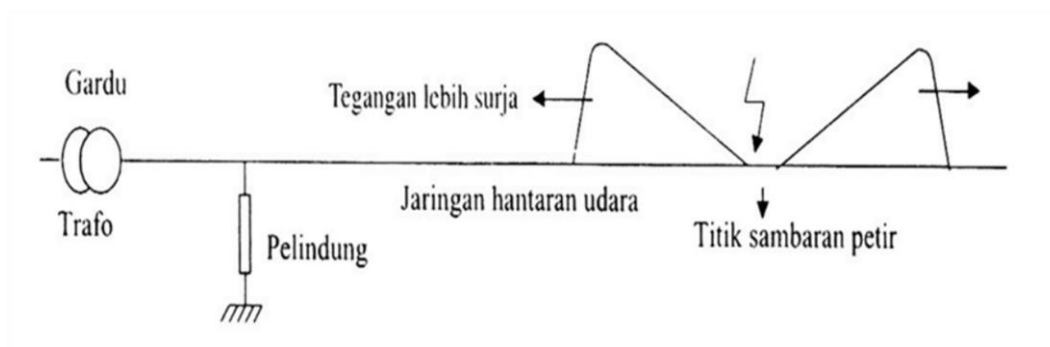
PENGUJIAN ALAT PELINDUNG TEGANGAN LEBIH

A. TUJUAN

Ada dua jenis alat pelindung sistem tenaga listrik terhadap tegangan lebih petir yaitu sela batang dan lightning arrester. Kedua alat ini digunakan untuk melindungi peralatan sistem tenaga listrik dari bahaya tegangan lebih surja petir. Kegagalan alat ini akan menimbulkan kerugian yang sangat besar bagi perusahaan tenaga listrik. Oleh karena itu, alat pelindung perlu diuji untuk mengetahui apakah suatu alat pelindung bekerja sesuai dengan spesifikasinya. Alat pelindung yang akan diuji dalam percobaan ini adalah jenis sela batang.

B. TEORI

Sambaran petir pada jaringan hantaran udara merupakan suntikan muatan listrik. Karena kawat transmisi dengan bumi merupakan susunan kapasitor, maka suntikan muatan ini menimbulkan kenaikan pada tegangan kawat jaringan sehingga pada kawat jaringan timbul tegangan lebih berbentuk gelombang impuls dan merambat ke ujung-ujung jaringan seperti ditunjukkan oleh Gambar 9.1.

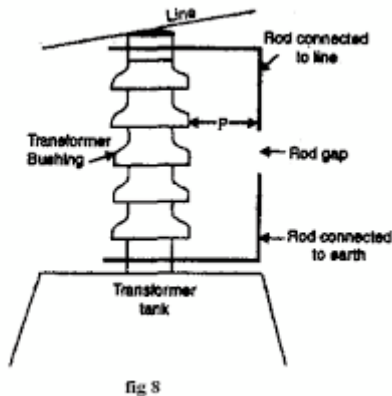


Gambar 9.1 Tegangan Surja Akibat Sambaran Petir

Seandainya trafo pada gardu tidak dilengkapi dengan alat pelindung, maka saat tegangan lebih yang sampai pada trafo dapat menyebabkan kerusakan pada belitan trafo. Dengan demikian, perlu dibuat suatu alat pelindung agar tegangan surja petir yang tiba di gardu tidak melebihi kekuatan isolasi peralatan gardu. Sifat pelindung ini adalah berperan sebagai isolasi pada keadaan tegangan jaringan normal, tetapi berubah menjadi penghantar

jika ada surja petir tiba pada terminalnya sehingga muatan surja petir tersebut dialirkan ke tanah.

Pelindung paling sederhana adalah sela batang. Sela batang digunakan untuk melindungi *bushing* trafo, isolator saluran udara tegangan tinggi, pemutus daya dan sebagai pelindung cadangan. Konstruksinya ditunjukkan oleh Gambar 9.2 yang terdiri dari elektroda batang-batang yang didukung pada suatu isolator porselen pos.



Gambar 9.2 Sela Batang

Apabila beda tegangan antara sela melebihi tegangan tembus sela, maka akan terjadi percikan pada sela dan membuat sela terhubung singkat. Jarak sela dapat disetel sedemikian hingga terpercik pada nilai tegangan yang diinginkan.

Untuk mencegah terjadinya lompatan api pada isolatornya, maka harus dipenuhi syarat-syarat yang ditunjukkan pada Persamaan (9.1) dan (9.2) berikut ini.

$$V_{\text{tembus sela}} \approx 0,8 V_{\text{tegangan lompatan api isolator}} \quad (9.1)$$

$$p \geq \frac{1}{3} (\text{rod gap}) \quad (9.2)$$

Misalkan suatu surja petir merambat menuju trafo. Jika surja petir telah tiba pada terminal pelindung, maka tegangan sela batang naik mengikuti kenaikan tegangan surja. Pada saat tegangan sela mencapai tegangan percik sela (V_a), sela terpercik sehingga terjadi aliran muatan menuju tanah.

Akibatnya tegangan di terminal pelindung tiba-tiba menjadi nol dan arus surja mengalir ke tanah. Setelah arus surja nol, keadaan tetap terhubung singkat karena percikan pada sela tetap ada, dipertahankan tegangan bolak-balik frekuensi sistem sendiri. Kemudian efek yang terjadi adalah timbunya arus hubung singkat frekuensi daya yang disebut sebagai arus susulan. Arus susulan ini diputuskan dengan membuka pemutus daya, akibatnya terjadi pemutusan aliran daya, yakni suatu keadaan yang tidak diinginkan terjadi pada suatu sistem tenaga listrik. Ketidakmampuannya memutuskan arus susulan adalah salah satu dari kelemahan pelindung sela batang.

Setiap alat pelindung diberi spesifikasi yang menyatakan pengenalan tegangan, arus peluahan, frekuensi, tegangan percik frekuensi sistem, tegangan percik impuls maksimal, tegangan sisa, tegangan dasar, tegangan dasar, tegangan gagal seal, karakteristik Volt-waktu, tingkat perlindungan dan arus peluahan maksimal. Spesifikasi yang akan diuji dalam percobaan ini adalah tegangan percik frekuensi sistem dan tegangan percik impuls maksimal.

Adapun maksud dari kedua spesifikasi ini adalah sebagai berikut.

a. Tegangan Percik Frekuensi Sistem

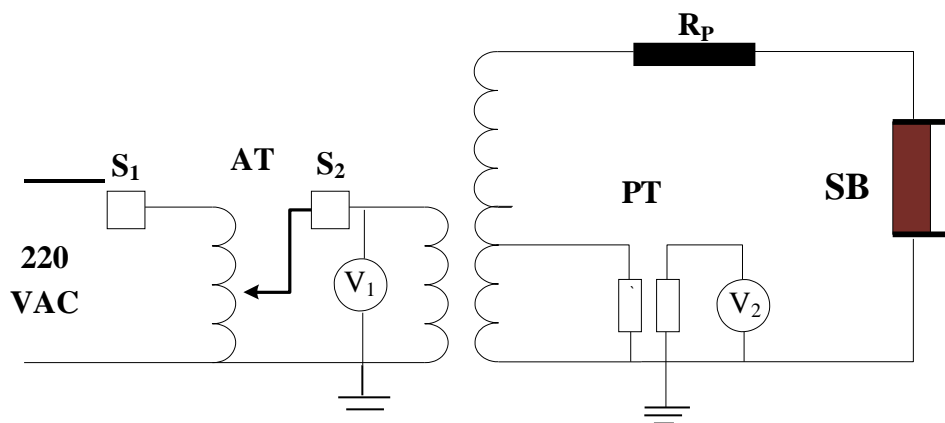
Merupakan besar tegangan efektif frekuensi daya yang membuat terjadinya percikan di sela batang. Tegangan percik frekuensi daya harus cukup tinggi agar sela batang tidak terpercik jika terjadi hubung singkat satu fasa ke tanah maupun saat terjadinya operasi hubung-buka (*operation of switching*).

b. Tegangan percik impuls maksimal

Adalah puncak tegangan surja 1,2/50 us, yang membuat sela batang pasti terpercik atau yang membuat sela batang pasti bekerja. Misalnya ada suatu sela batang mempunyai tegangan percik impuls maksimal 65 kV. Jika sela batang ini diberi tegangan impuls 65 kV – 1,2/50 uS, maka sela batang akan terpercik 5 kali.

C. PERALATAN PERCOBAAN

1. Trafo Uji AC/DC 0-220V/60kV,	1 unit
2. Trafo Uji AC 0-220V/100 kV, 50 Hz	1 unit
3. Generator Impuls RLC Satu tingkat	1 unit
4. Resistor Peredam 10 M Ω	1 unit
5. Termometer/Barometer	1 unit
6. Multimeter digital	1 unit
7. Sela Batang	1 unit
8. Konduktor tegangan tinggi`	secukupnya

D. RANGKAIAN DAN PROSEDUR PERCOBAAN**D.1 PENGUKURAN TEGANGAN PERCIK FREKUENSI SISTEM**

AT = Autotrafo

SB = Sela Batang

PT = Potential Trafo

R_P = Resistor Peredam**Gambar 9.3 Rangkaian Pengujian Tegangan Percik 50 Hz Sela Batang****Prosedur**

1. Hitung faktor koreksi dengan mengukur suhu dan tekanan udara.
2. Saklar primer (S1) ditutup dan AT diatur hingga tegangan keluarannya nol.
3. Saklar sekunder (S2) ditutup.
4. Pastikan jarak sela batang sebesar 1 cm, dan terapkan $V_s = 31,7$ cm
5. Tegangan keluaran trafo uji dinaikkan secara bertahap dengan kecepatan 1 kV/ detik sampai terjadi percikan pada sela batang dan dicatat tegangan keluaran trafo uji saat terjadi percikan.

6. Pengukuran seperti di atas dilakukan 5 kali dengan sela waktu tidak lebih 1 menit. Data pengukuran disusun seperti pada Tabel 9.1.

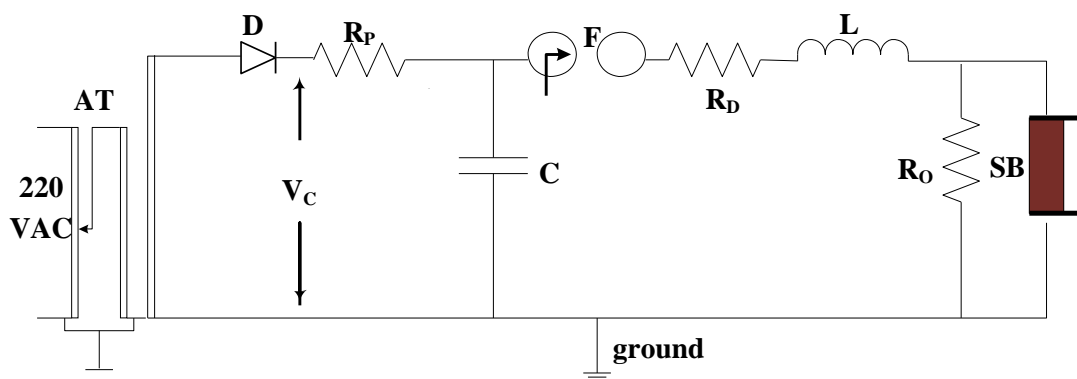
Tabel 9.1. Tabel Data Pengukuran Tegangan Percik Frekuensi Sistem

V _P = δV _S	T= ⁰ C		P=..... mmHg		δ=.....	
	V _S = 31,7 KV					
	1	2	3	4	5	Rata-rata

7. Nilai tegangan percik frekuensi sistem adalah harga rata-rata kelima pengukuran yang dicatat, kemudian nilai rata-rata tersebut dikoreksi kedalam keadaan standar dengan mengalikan faktor koreksi dengan V_P

D.2 PENGUKURAN TEGANGAN IMPULS STANDAR

Rangkaian pengujian adalah seperti Gambar 9.4 dibawah ini!



AT = Autotrafo

PT = Potential Trafo

R_D = Resistor Peredam

C = Kapasitor

L = Induktor

V_C = Tegangan Jepit Kapasitor

D = Dioda

R_P = Resistor Pemuat

SB = Sela Batang

F = Sela Percik

R_O = Resistor Output

Gambar 9.4 Rangkaian Pengujian Tegangan Impuls Sela Batang

Efisiensi generator impuls (η) yang digunakan dalam percobaan ini adalah 0,83.

Misalkan menurut produsen, tegangan percik impuls maksimal adalah V_{imax} . Jika faktor koreksi udara adalah (δ), maka tegangan yang harus diujikan kepada sela batang adalah $V_p = \delta V_{imax}$. Tegangan sebesar V_p dapat dibangkitkan dengan membuat tegangan kapasitor pemuat yang dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan (9.3).

$$V_C = \frac{V_{imax}}{\eta} \quad (9.3)$$

Kemudian sela picu dipicu sebanyak 10 kali dan diamati ada atau tidaknya percikan pada sela batang. Data pengujian disusun seperti pada Tabel 9.2

Tabel 9.2. Tabel Data Pengukuran Tegangan Percik Impuls

V _P = δV _S	T= ^o C P=..... mmHg δ=.....					
	V _S = 31,7 KV					
	1	2	3	10	Rata-rata

Perlu diperhatikan :

- Bila lebih dari satu kali tidak terjadi percikan api maka sela batang yang diuji dinyatakan tidak baik atau ditolak.
- Bila lebih dari satu kali terjadi percikan api maka sela batang dinyatakan lulus uji atau layak.

MODUL 10

PENGUJIAN KETAHANAN AC PERALATAN

A. TUJUAN

Tujuan percobaan ini adalah untuk menguji ketahanan peralatan terhadap tegangan lebih AC, yaitu tegangan frekuensi sistem yang besarnya di atas tegangan nominal peralatan. Peralatan yang akan diuji adalah transformator distribusi dan kabel tegangan menengah.

B. TEORI

Pada saat terjadi gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah, tegangan pada dua fase sistem yang sehat (tidak terganggu) naik melebihi tegangan semula dengan frekuensi yang sama dengan frekuensi sistem. Kenaikan tegangan ini tergantung pada metode pembumian sistem dan dapat mencapai 1,73 kali tegangan semula. Tetapi sistem tenaga listrik selalu dilengkapi dengan sistem proteksi arus lebih sehingga pemutus daya segera melokalisasi jaringan yang terganggu dan akibatnya tegangan jaringan kembali normal. Jadi kenaikan tegangan pada fasa yang sehat berlangsung dalam waktu singkat, tergantung kepada setting waktu rele dan waktu pembukaan kontak pemutus daya.

Kejadian diatas menunjukkan bahwa ada saatnya peralatan sistem tenaga listrik memikul tegangan lebih frekuensi sistem dalam waktu terbatas. Oleh karena itu, peralatan-peralatan sistem tenaga listrik perlu diuji untuk melihat kemampuannya memikul tegangan lebih frekuensi sistem dalam waktu terbatas.

B.1 PENGUJIAN KETAHANAN AC TRANSFORMATOR

Pengujian ini dilakukan untuk menguji ketahanan isolasi kumparan memikul tegangan lebih AC, sebab saat suatu trafo beroperasi terdapat kemungkinan ia memikul tegangan lebih AC. Dilihat dari cara pembangkitan tegangannya, pengujian ketahanan tegangan tinggi ac pada trafo dilakukan dengan dua cara yaitu dengan cara pengujian ac terpisah dan pengujian ac induksi.

Cara terpisah berarti kedua kumparan tegangan (tegangan tinggi dan tegangan rendah) dihubungkan dengan trafo uji, pengujian induksi dilakukan dengan cara menghubungkan trafo uji ke kumparan tegangan rendah untuk menghasilkan induksi kepada kumparan tegangan tinggi. Terdapat perbedaan pengujian juga dengan diskriminasi waktu yang disesuaikan dengan tempat pengujiannya. Pengujian di pabrik dilakukan selama 1 menit, sedangkan

pengujian lapangan dilakukan selama 10 menit. Menurut standard IEC, tegangan pengujian ketahanan AC lapangan adalah seperti yang ditunjukkan oleh Tabel 10.1 berikut.

Tabel 10.1 Tegangan Pengujian Ketahanan Di Lapangan 10 Menit (Standar Jepang)

Tegangan Kerja Maksimum (kV)	Tegangan Pengujian (kV)
$V \leq 7$	1,5 V (minimal 500 V)
$7 < V \leq 50$	1,25 V (minimal 11 kV)
$V > 50$	1,1 V (minimal 63 kV)

B.2 PENGUJIAN KETAHANAN AC KABEL

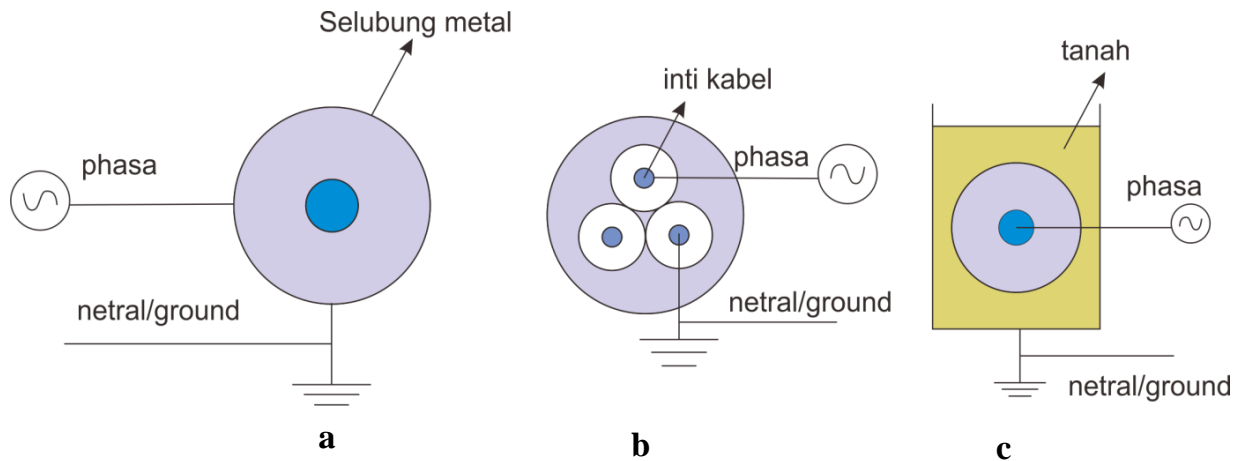
Dalam pengujian ini, kapasitansi kabel harus diperhitungkan agar arus pengujian tidak melampaui kapasitansi trafo uji. Jika arus pengujian lebih besar dari kapasitas trafo uji, maka suatu induktor perlu dipasang seri diantara sumber tegangan dengan trafo uji atau dihubungkan seri dengan kabel uji. Bentuk gelombang tegangan pengujian harus mendekati sinus murni dengan frekuensi antara 49 Hz sampai 61 Hz. Tegangan pengujian AC tergantung pada jenis isolasi kabel dan tegangan nominal kabel.

Umumnya pada uji rutin, pada kabel bertegangan 3,6 – 30 kV diberikan tegangan pengujian sebesar 3,5 kali tegangan nominal dengan durasi uji selama 5 menit. Jika kabel tiga inti diuji dengan trafo uji tiga fasa sehingga setiap inti kabel mendapat suplai tegangan yang berbeda-beda maka tegangan pengujian ialah 1,73 tegangan pengujian satu fasa.

Pengujian pada uji jenis biasanya dilakukan dengan tegangan DC yang besarnya 1,8 kali tegangan nominal. Berpolaritas negatif dan lama pengujian dilakukan selama 30 menit.

Dielektrik kabel yang diuji adalah sebagai berikut :

1. Antara konduktor dengan tanah
2. Antara konduktor dengan konduktor beda fasa
3. Antara konduktor dengan selubung logam kabel yang dibumikan



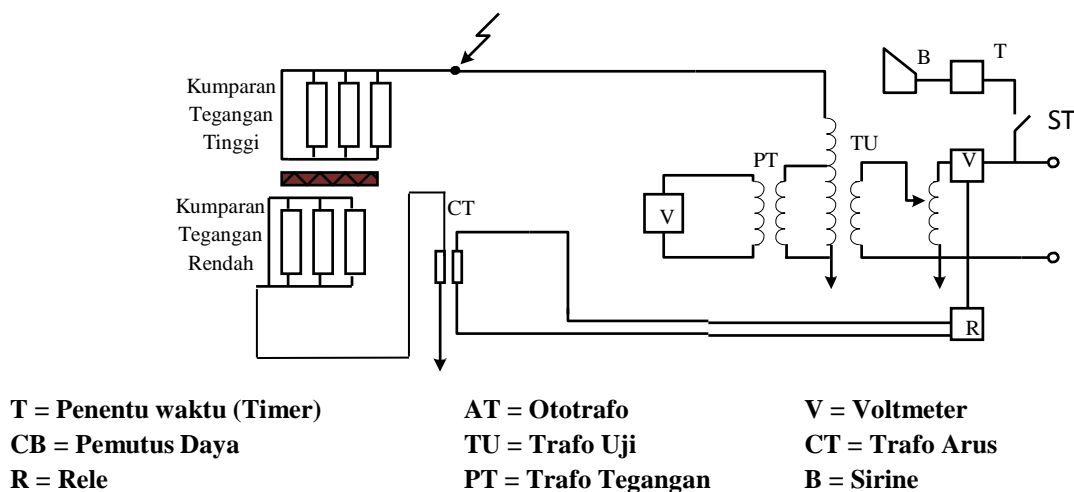
Gambar 10.1 Pengujian Kabel a. Kabel dengan Selubung, b. Kabel dengan kabel, c.kabel dengan tanah

C. PERALATAN PENGUJIAN KETAHANAN AC PERALATAN

- | | |
|---|------------|
| 1. Trafo Uji 0-220V/100 kV, 50 Hz | 1 unit |
| 2. Trafo Distribusi 20 KV, 50 Hz, 100 KVA | 1 unit |
| 3. Konduktor Tegangan Menengah 20 KV | 1 unit |
| 4. Multimeter | 1 unit |
| 5. Kabel pengujian | secukupnya |

D. RANGKAIAN DAN PROSEDUR PENGUJIAN

D.1 PENGUJIAN KETAHANAN AC TRANSFORMATOR



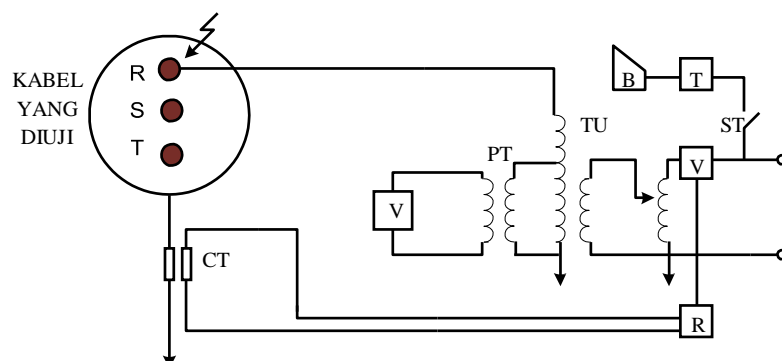
Gambar 10.2 Rangkaian Percobaan Ketahanan AC Trafo

Prosedur

1. Untuk pengujian trafo semua terminal kumparan tinggi dihubungkan ke terminal tegangan tinggi trafo uji, sedang semua terminal kumparan rendah dan badan trafo dihubungkan ke bumi. Ini merupakan pengujian AC terpisah.
2. Tegangan pengujian lama pengujian ditentukan dari spesifikasi yang diberikan misalkan nilainya adalah V_s dan t .
3. Penghitung waktu (Timer) diset sesuai dengan waktu pengujian (t).
4. Saklar primer (S1) ditutup dan AT diatur hingga tegangan keluarannya nol.
5. Saklar sekunder (S2) ditutup.
6. Tegangan keluaran trafo uji dinaikkan secara bertahap dengan kecepatan 1 kV/detik sampai sama dengan tegangan pengujian (V_s). Saat tegangan sekunder trafo uji mencapai V_s , penghitung waktu (T) dioperasikan dengan menutup saklar ST.
7. Bila saklar sekunder (S2) tidak membuka setelah waktu t tercapai, peralatan dinyatakan lolos uji, sebaliknya bila saklar itu membuka sebelum waktu t tercapai, maka trafo dinyatakan tidak lolos uji
8. Data pengujian disusun seperti tabel 10.1 berikut.

V_{UJI}	Hubungan	Kondisi
	Terminal Teg.Tinggi – Terminal Teg.Rendah	

D.2 PENGUJIAN KETAHANAN AC KABEL



T = Penentu waktu (Timer)

CB = Pemutus Daya

R = Rele

AT = Ototrafo

TU = Trafo Uji

PT = Trafo Tegangan

V = Voltmeter

CT = Trafo Arus

B = Sirine

Gambar 10.3 Rangkaian Percobaan Ketahanan AC Kabel

Prosedur

1. Untuk pengujian kabel, terminal kumparan tinggi dihubungkan ke kawat inti kabel, sedangkan ujung inti kabel beda fasa yang terletak diujung lainnya dihubungkan ke ground. Ini merupakan pengujian AC kawat-kawat.
2. Tegangan pengujian lama pengujian ditentukan dari spesifikasi yang diberikan misalkan nilainya adalah V_s dan t .
3. Penghitung waktu (Timer) diset sesuai dengan waktu pengujian (t).
4. Saklar primer (S1) ditutup dan AT diatur hingga tegangan keluarannya nol.
5. Saklar sekunder (S2) ditutup.
6. Tegangan keluaran trafo uji dinaikkan secara bertahap dengan kecepatan 1 kV/detik sampai sama dengan tegangan pengujian (V_s). Saat tegangan sekunder trafo uji mencapai V_s , penghitung waktu (T) dioperasikan dengan menutup saklar ST.
7. Bila saklar sekunder (S2) tidak membuka setelah waktu t tercapai, peralatan dinyatakan lolos uji, sebaliknya bila saklar itu membuka sebelum waktu t tercapai, maka trafo dinyatakan tidak lolos uji!
8. Untuk pengujian selanjutnya, pindahkan konduktor fasa dari trafo uji ke selubung metal yang melingkupi mantel kabel.
9. Data pengujian disusun seperti tabel 10.2 berikut

V_{UJI}	Hubungan	Kondisi
	Kawat - Kawat	
	Kawat – Selubung	

MODUL I

PEMBANGKITAN DAN PENGUKURAN TEGANGAN TINGGI AC

TUGAS

1. Gambar kurva yang menyatakan hubungan tegangan primer trafo uji dengan hasil pengukuran elektroda bola standar
2. Dengan mengacu pada hasil tersebut pada butir 1 hasil di atas, hitunglah faktor “k”, induktansi bocor dan kapasitansi trafo uji.
3. Sebutkan faktor-faktor yang mempengaruhi ketelitian pengukuran dengan elektroda bola standar, pembagi tegangan resistif, pembagi tegangan kapasitif dan metode Chubb & Fortesque.
4. Jelaskan keuntungan dan kerugian masing-masing metode di atas.
5. Pada pengukuran Chubb & Fortesque:
 - a) apa yang terjadi jika dioda D2 tidak ada.
 - b) apa yang terjadi jika kedua dioda tidak dipasangan anti paralel?
 - c) apa yang terjadi jika dioda D2 terhubung singkat?
6. Buktikan bahwa pada pengukuran tegangan tinggi bolak-balik dengan metode Chubb & Fortesque, tegang yang diukur adalah:
$$V = \frac{1}{2fC}$$
Tentukan spesifikasi kapasitor. Jika alat ukur ini dirancang untuk mengukur tegangan 100 kV dan arus pengukuran tidak boleh melebihi 1,5 mA.
7. Mengapa susunan elektoda yang digunakan dalam pengukuran tegangan tinggi disusun vertikal, bukan horizontal?

MODUL II

PEMBANGKITAN DAN PENGUKURAN TEGANGAN TINGGI DC

TUGAS

1. Gambar perbandingan tegangan keluaran penyearah tanpa kondensator perata dengan penyearah memakai kondensator perata. Berikan kesimpulan yang diperoleh dari gambar tersebut.
2. Ada empat hal yang perlu dipertimbangkan dalam merancang suatu penyearah yaitu : faktor cacat, lama dioda berkonduksi, tegangan balik dan tegangan keluaran rata-rata. Jelaskan apa yang dimaksud keempat hal tersebut dan hitung besarnya pada masing-masing penyearah jika dirancang untuk membangkitkan tegangan rata-rata 50 kV, 10 mA.
3. Apa yang mempengaruhi cacat tegangan tegangan keluaran penyearah, dan bagaimana usaha yang dapat dilakukan untuk memperkecil cacat tegangan tersebut?

MODUL III

PEMBANGKITAN DAN PENGUKURAN TEGANGAN TINGGI IMPULS

TUGAS

1. Hitunglah efisiensi generator impuls menurut teori !
2. Hitunglah tegangan tembus impuls $V_{50\%}$. Tentukan nilai tegangan kapasitor pemuat untuk membangkitkan tegangan $V_{50\%}$
3. Berapa efisiensi generator menurut percobaan?
4. Gambarkan karakteristik dari tegangan impuls standar IEC untuk tiruan :
 - a. Tegangan impuls petir.
 - b. Tegangan impuls surja hubung (switching).
5. Jelaskan mengapa tegangan tembus impuls suatu dielektrik bersifat statistik!

MODUL IV

TEGANGAN TEMBUS (BREAKDOWN) AC DIELEKTRIK UDARA

TUGAS

1. Gambar kurva yang menyatakan hubungan tegangan tembus dengan jarak sela untuk keempat susunan elektroda. Berikan tanggapan saudara atas kurva tersebut. Bagaimana mekanisme tembus listrik dalam pengujian ini?
2. Jelaskan mengapa tegangan tembus elektroda batang-batang lebih rendah dari tegangan tembus elektroda bola-bola pada jarak sela yang sama.

MODUL V
DIELEKTRIK PADAT

TUGAS

1. Tentukanlah kekuatan dielektrik dari benda uji.
2. Tentukanlah kekuatan AC 1 menit dari benda uji.

MODUL VI
DIELEKTRIK CAIR

TUGAS

1. Hitung nilai tegangan tembus dan kekuatan dielektrik dari minyak trafo. Bagaimana pendapat anda terhadap minyak trafo yang uji ?
2. Jelaskan mekanisme tembus listrik dielektrik cair tersebut dibawah ini

MODUL VII

PENGUJIAN TEGANGAN TINGGI ISOLATOR

TUGAS

1. Hitung harga lewat denyar AC pada isolator pada keadaan standar!
2. Apakah isolator itu lulus uji ?
3. Jelaskan bahwa tegangan lewat denyar AC pada suasana kering lebih tinggi dari pada suasana basah ?
4. Mengapa isolator harus diuji terhadap tegangan impuls ?
5. Bagaimana pengaruh kontaminasi terhadap tegangan lewat denyar isolator ?
6. Sebutkan faktor-faktor yang mempengaruhi tegangan lewat denyar pada transmisi.

MODUL VIII

DISTRIBUSI TEGANGAN ISOLATOR RANTAI

TUGAS

1. Mengapa distribusi tegangan pada isolator perlu diketahui?
2. Tentukan besarnya persentase tegangan pada masing-masing isolator dan gambarkan grafiknya. Apakah distribusi tegangan itu sesuai dengan teori? Jelaskan mengapa demikian.
3. Seandainya isolator rantai memikul tegangan 100 kV, tentukanlah besar tegangan pada masing-masing unit isolator dalam kV. Isolator mana yang memikul tegangan terbesar?
4. Seandainya kekuatan dielektrik masing-masing isolator adalah 10 kV, adakah di antara unit isolator yang akan rusak?
5. Jika salah satu isolator pecah apakah unit isolator rantai lainnya masih mampu memikul tegangan 100 kV tersebut?
6. Bagaimana pengaruh jumlah unit isolator rantai terhadap persentase tegangan yang dipikul oleh unit isolator terdekat ke kawat transmisi.
7. Tentukan efisiensi dari isolator rantai sebagai fungsi dari jumlah isolator.
8. Apa yang terjadi apabila tegangan yang dipikul isolator rantai adalah tegangan DC?
9. Turunkan Persamaan 9.1.
10. Bagaimana seharusnya nilai kapasitansi C_2 dan C_3 untuk suatu isolator rantai?
11. Apa usaha yang dilakukan untuk memperoleh distribusi tegangan yang lebih merata pada setiap unit isolator rantai?

MODUL IX

PENGUJIAN ALAT PELINDUNG TEGANGAN LEBIH

TUGAS

1. Hitung harga tegangan percik 50 Hz sela batang pada keadaan standar. Apakah batang itu lolos uji?
2. Apakah sela batang itu lolos uji ditinjau dari hasil pengujian tegangan percik impuls maksimal?

MODUL X

PENGUJIAN KETAHANAN AC PERALATAN

TUGAS

1. Berikan hasil evaluasi atas pengujian yang dilakukan terhadap kedua peralatan yang diuji.
2. Jelaskan bahwa tegangan jaringan yang sehat naik jika terjadi hubung singkat 1 fasa ke tanah.
3. Apa dampak tegangan lebih yang berlangsung lama pada isolasi suatu peralatan?
4. Jelaskan mengapa besar waktu pengujian ketahanan AC di lapangan lebih lama dari waktu pengujian di pabrik?