



**UTAMAKAN KESELAMATAN
DAN KESEHATAN KERJA**

**Persyaratan K3 Pemeliharaan
Instalasi peralatan dan perlengkapan
di Pembangunan**

Pemeliharaan

- Usaha/kegiatan yang dilakukan terhadap instalasi dan sarana pendukungnya untuk mencegah terjadinya kerusakan
- Atau usaha untuk mengembalikan instalasi dan peralatannya pada keadaan yang layak operasi
- Tujuan :
 - Meningkatkan keandalan, ketersediaan dan efisiensi
 - Memperpanjang umur peralatan
 - Meningkatkan safety
 - Mencegah pemadaman/shutdown



Jenis Pemeliharaan

- Prediktif
 - Pemeliharaan berbasis kondisi, dilakukan dengan cara memonitor kondisi baik dalam keadaan operasi maupun tidak beroperasi
- Preventif
 - Pemeliharaan untuk mencegah kerusakan tiba-tiba, dilakukan secara berkala dengan mengacu pada : Standard, Instruction manual, Pengalaman
- Korektif
 - Pemeliharaan yang dilakukan karena adanya kerusakan atau penurunan unjuk kerja



Mekanisme Pemeliharaan

- Planning
 - Jam kerja alat, catatan operasi, catatan pemeliharaan
→ Jadwal pemeliharaan, jenis pemeliharaan
- Organizing
 - Mengkoordinasi Pelaksanaan, menyiapkan material, administrasi, SDM
- Actuating
 - Melakukan pemeriksaan, pengujian dan pengawasan
- Controlling → Evaluasi Hasil pemeliharaan



Frekuensi Pemeliharaan

- Beberapa faktor yang mempengaruhi Pemeriksaan adalah
 - Kejadian gangguan pada feeder, bus atau sistem
 - Kondisi operasi abnormal : (Transient switching atau petir, beban lebih)
 - Kondisi lingkungan ekstrim (Temperatur, Debu, kelembaban dan lain-lain)



Frekuensi Pemeliharaan

- Tergantung pada kondisi lingkungan dan operasi
- Tidak ada ketentuan pasti (per satu tahun)
- Pada tiga tahun pertama, diusulkan Pemeriksaan tahunan
- Beberapa manufaktur merekomendasikan pemeriksaan dilakukan dengan interval 6 -12 bulan



Hal-hal yang harus diperhatikan

- Enclosure
 - Digunakan melindungi person terhadap bagian bertegangan dan perlindungan mekanis
 - Melindungi equipment dari kontaminasi
- Uap air
 - Akumulasi uap air dapat terjadi pada permukaan enclosure, sumbernya adalah terjadinya kondensasi

Hal-hal yang harus diperhatikan

- Isolasi
 - Isolasi dapat mengalami kerusakan karena Uap air, kontaminant, stress elektrik, korona, thermal dll.
- Sambungan-sambungan
 - Sambungan elektrik yang tidak baik dapat menimbulkan panas

Air circuit breakers			Oil circuit breakers		
kV	Amperes	Microhms	kV	Amperes	Microhms
5-15	600	100	7.2-15	600	300
	1200	50		1200	150
	2000	50		2000	75
		4000		40	
			23-24	All	500
			46	All	700
			69	600	500
				1200	500
				2000	100
			115-230	All	800





**UTAMAKAN KESELAMATAN
DAN KESEHATAN KERJA**

PMELIHARAAN GENERATOR

Pertimbangan Umum

- Bagian-bagian dari Generator yang perlu mendapatkan maintenance collector brushes, ground brushes, rotor ground fault detector brushes, coolers dan sistem ventilasi,
- Isolasi belitan akan mengalami penurunan kualitas dan perlu Pemeriksaan dan pemeliharaan yang cermat



Pertimbangan Umum

- Disarankan bahwa pemeriksaan lengkap dibuat setelah tahun pertama operasi
- Setelah itu, dilakukan pemeriksaan berkala
- Waktu antara pemeriksaan ditentukan oleh rekomendasi manufacture dan pengalaman pengguna



Collector rings and brushes

- jadwal maintenance pada bagian ini meliputi :
- **Pemeriksaan Harian**
 - Pemeriksaan visual pada brush dibuat setiap shift.
 - Debu, Sparking, bising/kasar, Broken springs, Usang dan lain-lain



Collector rings and brushes

- **Pemeriksaan Mingguan, meliputi :**
 - Noise (gunakan hearing protection), high voltage, vibration, windage, and moving parts
 - Tegangan DC antara collectors dan brush rigging polarities sekitar 200 V and 600 V (Tegangan yang berbahaya, hati-hati tegangan sentuh)
 - Pada mesin berpendingin hydrogen, tidak boleh ada kebocoran



Collector rings and brushes

- **Pemeriksaan mingguans**
 - Debu yang berlebihan harus dibersihkan. Dapat dilakukan dengan menggunakan compressor.
 - Ganti brush yang jelek.
 - Sesuaikan tekanan pegas pada brush holders pada nilai yang direkomendasikan manufaktur



Collector rings and brushes

Pemeriksaan mingguans

- Periksa semua brushes and brush holders pada posisi yang tepat .
- Periksa kehalusan operasi collector ring yang diindikasikan oleh vibrasi.
- Periksa data operasi, jika sparking berlangsung secara kontinyu menunjukkan bahwa kerapatan arus telah dilampaui sehingga harus diganti.
- Periksa hydrogen gas dew point dalam generator
- Periksa konduktifitas fluida stator, in liquid-cooled winding generators



Collector rings and brushes Shutdown inspection

- Whenever a complete brush replacement is made or at the time of major shutdown, the brush and collector ring assembly should be given a complete servicing
- Pada setiap Pemeriksaan mingguan lakukan hal berikut :



Collector rings and brushes Shutdown inspection

- Insulasi kolektor harus dibersihkan secara menyeluruh
- If there is evidence of oil, the collector assembly should be wiped clean with a cloth slightly dampened with a cleaning fluid recommended by the manufacturer and thoroughly dried.



Filter Udara

- Filter udara yang kotor akan mereduksi jumlah udara pendingin yang disirkulasikan sehingga menimbulkan overheating.
- Juga memungkinkan masuknya kotoran yang dapat merusak mesin choke the ventilating ducts.
- Filter udara harus diperiksa secara periodik dan dibersihkan atau diganti



Complete inspection

- Lepas rotor dari stator
- Rotor harus dilindungi dari uap air
- Berikan marking pada bagian-bagian yang dilepas



Armature windings

- Ujung belitan stator harus diperiksa terhadap deposits minyak
- Koneksi dan isolasi belitan
- Penahan dan pengikat (Stresses karena short circuits, vibration, or thermal expansion dapat menimbulkan pergerakan dari parts sehingga pengikat menjadi longgar).
- stator winding wedges (pergerakan atau longgar)



Armature core and frame

- Stator core finger plates dan bagian-bagian structural parts (harus diperiksa terhadap perubahan warna, longgar or damaged punchings, karena hot spots termasuk Kemungkinan memburuknya isolasi)

Retaining rings and end disks

- Harus diperiksa secara cermat terhadap karat, pitting dan retak selama overhaul.

Rotor

- rotor coils dan ujung belitan, diperiksa terhadap adanya movement atau distorsi, kontaminasi dan terhambatnya ventilasi, wedges, local hot spots pada permukaan rotor dan overheating pada permukaan contact antara wedges, retaining rings, and rotor body.
- Fan blades harus diperiksa terhadap cracks

Complete inspection

- rotor harus dilepas dari stator
- Hindari benturan pada core punchings, stator windings, bearings, permukaan stator mesin, collectors, rotor fans, bearing journals, or retaining rings pada rotor.
- Jangan menyangga rotor pada retainng ringnya



Complete inspection

- Sebelum membuka mesin berpendingin hydrogen, pastikan langkah-langkah berikut dilakukan :
 - The casing harus bersih dari hydrogen and carbon dioxide.
 - The casing is harus berada pada tekanan atospheric
 - Saluran suply hidrogen dan carbon dioxide diisolasi.
 - Semua electrical clearances telah diimplementasikan
 - Sebelum memasukkan periksa oxygen content.
- **Armature windings**



Complete inspection

- **Armature windings**
 - ends of the stator winding should be inspected for deposits of oil and evidences of corona discharge.
 - Looseness or movement of stator winding wedges



Typical Generator Maintenance

<i>Action</i>	<i>Frequency</i>
WARNING!	
MAINTENANCE PERSONNEL SHALL LOCKOUT/TAG EQUIPMENT TO ENSURE DE-ENERGIZATION DURING MAINTENANCE PROCEDURES.	
Review maintenance records.	2 wks
Review operator records.	2 wks
Inspect equipment for the following:	
Inspect to ensure that warning signs exist. Replace as required.	2 wks
Inspect enclosures for damage, unauthorized openings, and corrosion of metallic objects. Repair and paint as required.	2 wks
Inspect air passages and remove any blockage.	2 wks
Inspect, investigate, and solve conditions for unusual odors.	2 wks



As equipment is operated and tested, listen, investigate, and solve conditions for unusual noises.	2 wks
Inspect electrical connections for degradation. Repair as required.	2 wks
Inspect electrical insulation for discoloration and degradation. Repair as required.	2 wks
Inspect, investigate, and solve conditions causing carbon tracks.	2 wks
Inspect equipment grounding components such as conductors and connections. as required .Repair	2 wks
Inspect insulators for damage. Replace as required.	2 wks
Inspect locking devices. Repair as required.	2 wks
Clean equipment.	yr
Tighten electrical connections.	yr
Verify space heater operation.	yr
Verify equipment grounding.	yr
Perform infrared tests.	yr



Generators

<i>Action</i>	<i>Frequency</i>
WARNING!	
MAINTENANCE PERSONNEL SHALL LOCKOUT/TAG EQUIPMENT TO ENSURE DE-ENERGIZATION DURING MAINTENANCE PROCEDURES.	
Test generator insulation.	
Perform insulation resistance tests using a megohmmeter in accordance with IEEE 43 on the stator and rotor of both generator and exciter.	yr
Perform dielectric absorption testing using a megohmmeter.	yr
On generators operating at nominal 5 kv and above, a DC overpotential test of the insulation should be performed.	yr
Load test generator.	
Load test standby generators with a minimum of 50 percent load for at least one (1) hour after the unit reaches a stable temperature.	2 wks



Load test prime power generators and standby generators after maintenance has been performed.	as req'd
Verify frequency and voltage output.	2 wks/as req'd
Verify instrumentation for correct indications.	2 wks/as req'd
Check alignment and bearings	
Inspect bearings.	yr
Verify bearings are properly lubricated using lubricant recommended by the manufacturer.	yr
Perform vibration tests.	yr
Check alignment and couplings.	yr
Some generators have bearings electrically isolated from the pedestal. If applicable, verify isolation with an ohmmeter.	yr
Measure and record neutral current.	yr



System controls

System Controls	
<i>Action</i>	<i>Frequency</i>
WARNING!	
MAINTENANCE PERSONNEL SHALL LOCKOUT/TAG EQUIPMENT TO ENSURE DE-ENERGIZATION DURING MAINTENANCE PROCEDURES.	
Calibrate control system metering.	_____
Using calibrated test instruments, calibrate ammeters, voltmeters, etc.	yr
Verify continuity of metering selector switch contacts with ohmmeter.	yr
Clean control panel.	yr
Run controller diagnostics.	6 mos
Simulate automatic control.	6 mos
Verify alarms.	yr
Simulate parallel generator failure.	yr





**UTAMAKAN KESELAMATAN
DAN KESEHATAN KERJA**

PEMELIHARAAN TRANSFORMATOR

Pemeliharaan Trafo distribusi

Jadwal Pemeliharaan Trafo Distribusi

BULANAN

Dilaksanakan dalam keadaan keadaaan beroperasi, pekerjaan berupa pemeriksaan visual dan pengukuran beban dan tegangan

TAHUNAN

Dilaksanakan dalam keadaan tidak bertegangan, berupa pemeriksaan seperti pada pemeliharaan bulanan ditambah dengan pemeriksaan, perawatan dan pengujian



Pengujian atau Pemeliharaan Transformator

- Pengujian transformator dilaksanakan menurut SPLN'50-1982, sebagaimana diuraikan juga dalam *IEC 76* (1976), yaitu:
 - Pengujian Rutin
 - Pengujian Jenis
 - Pengujian khusus

Pengujian Rutin

- Pengujian Rutin : Pengujian rutin adalah pengujian yang dilakukan terhadap setiap transformator, meliputi:
 - pengujian tahanan isolasi
 - pengujian tahanan kumparan
 - pengujian perbandingan belitan
 - pengujian *vector group*
 - pengujian rugi besi dan arus beban kosong
 - pengujian rugi tembaga dan impedansi
 - pengujian tegangan terapan (*Withstand Test*)
 - pengujian tegangan induksi (*Induce Test*).

Pengujian Jenis

- transformator yang mewakili transformator lainnya yang sejenis, untuk menunjukkan bahwa semua transformator jenis ini memenuhi persyaratan yang belum diliput oleh pengujian rutin.
- Pengujian jenis terdiri dari pengujian:
 - pengujian kenaikan suhu
 - pengujian impedansi

Pengujian Khusus

- Pengujian khusus adalah pengujian yang lain dari uji rutin dan jenis, dilaksanakan atas persetujuan pabrik dengan pembeli dan hanya dilaksanakan terhadap satu atau lebih transformator dari sejumlah transformator yang dipesan dalam suatu kontrak.
- Pengujian khusus meliputi :
 - pengujian dielektrik
 - pengujian impedansi urutan nol pada transformator tiga fase
 - pengujian humbug singkat
 - Pengujian harmonik pada arus beban kosong
 - pengujian tingkat bunyi akustik
 - pengukuran daya yang diambil oleh motor-motor kipas dan pompa minyak.

Pengujian Tahanan Isolasi

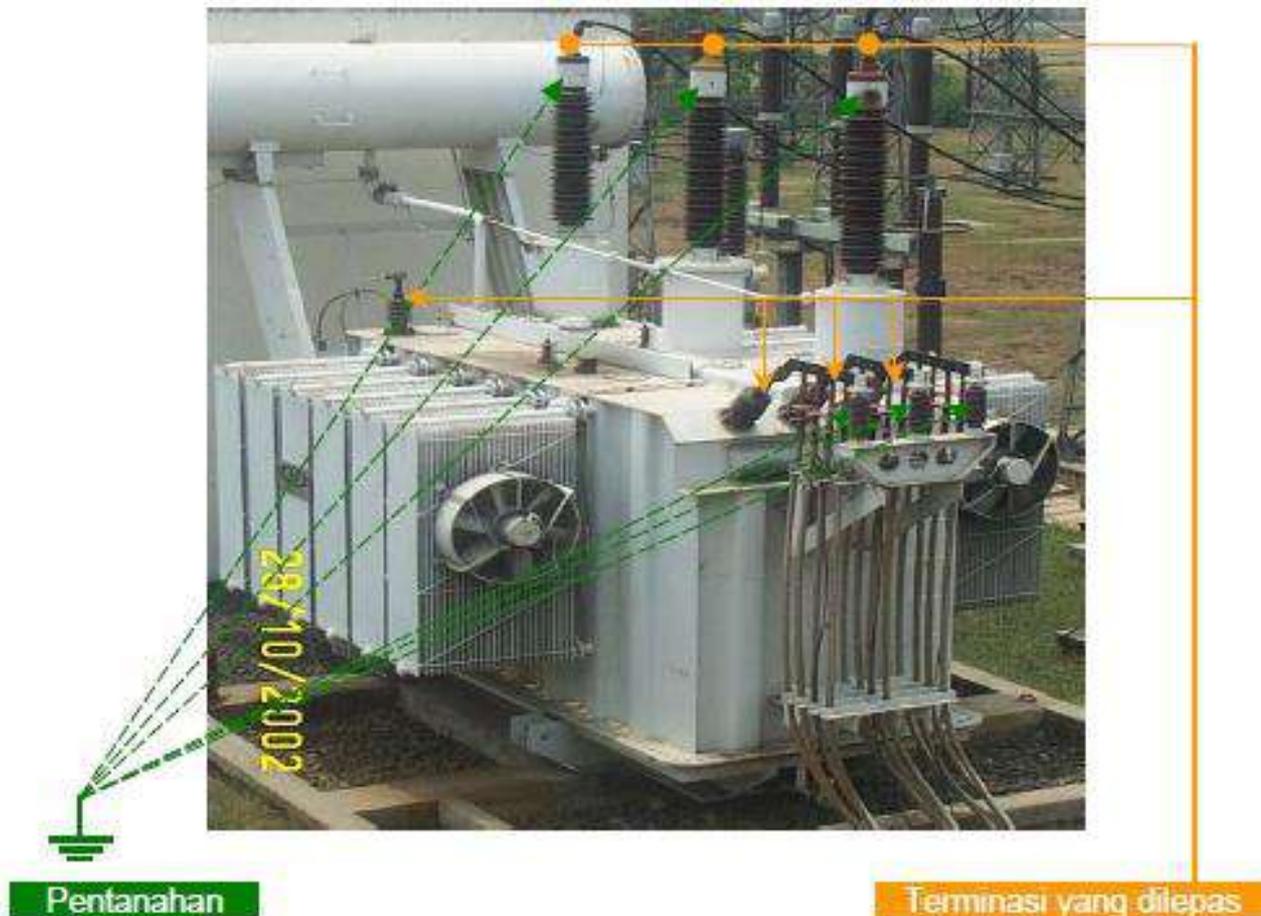
- Pengukuran tahanan isolasi dilakukan pada awal pengujian dimaksudkan untuk mengetahui secara dini kondisi isolasi transformator, untuk menghindari kegagalan yang fatal dan pengujian selanjutnya, pengukuran dilakukan antara:
 - sisi *HV-Ground*
 - sisi *LV-Ground*
- Pengukuran dilakukan dengan menggunakan megger, lebih baik yang menggunakan baterai karena dapat membangkitkan tegangan tinggi yang lebih stabil.
- Harga tahanan isolasi ini digunakan untuk kriteria kering tidaknya transformator, juga untuk mengetahui apakah ada bagian-bagian yang terhubung singkat.

Alat Ukur Tahanan Isolasi

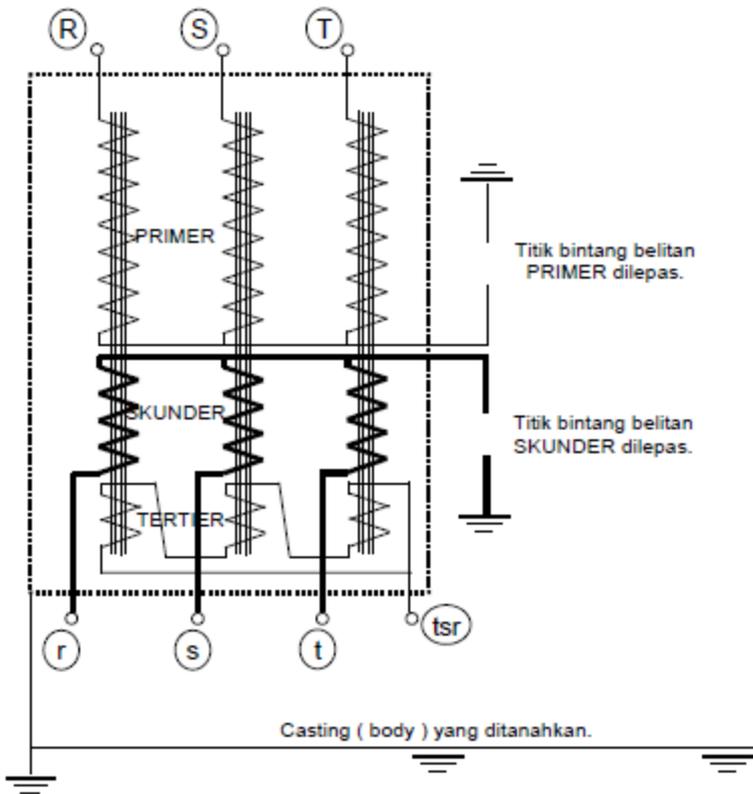
- Alat yang digunakan untuk mengukur Tahanan isolasi adalah Meger (Mega Ohm Meter)
- Alat ini mengukur tahanan dengan menggunakan tegangan : 500, 1000, 2000 atau 5000 volt



Persiapan Obyek yang Akan Diukur



Persiapan Obyek yang Akan Diukur



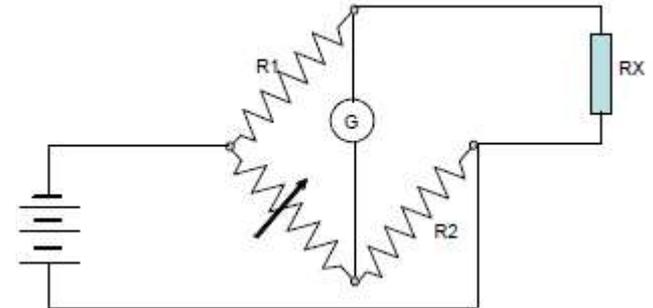
- Terminal Primer R,S,T terhadap casing/tanah
- Terminal Sekunder r,s,t terhadap casing/tanah
- Terminal Tersier r,s,t terhadap casing/tanah

Methode Pengukuran

- Terdapat beberapa metode Pengukuran, yaitu :
 - Spot Reading Test
 - Time Resistance Test (DAR, PI ratio)
 - Step Voltage Test

Pengujian Tahanan Kumputaran

- Peralatan yang digunakan untuk pengukuran tahanan di atas 1 Ohm adalah *Wheatstone Bridge*, sedangkan untuk tahanan yang lebih kecil dari 1 ohm digunakan *mikroOhm* dengan skala mikro hingga Ohm.
- Pengukuran pada terminal tegangan tinggi
 - phasa A
 - phasa B
 - phasa C
- Pengukuran sisi tegangan rendah
 - phasa a
 - phasa b
 - phasa c



Pengujian Tahanan Kumparan

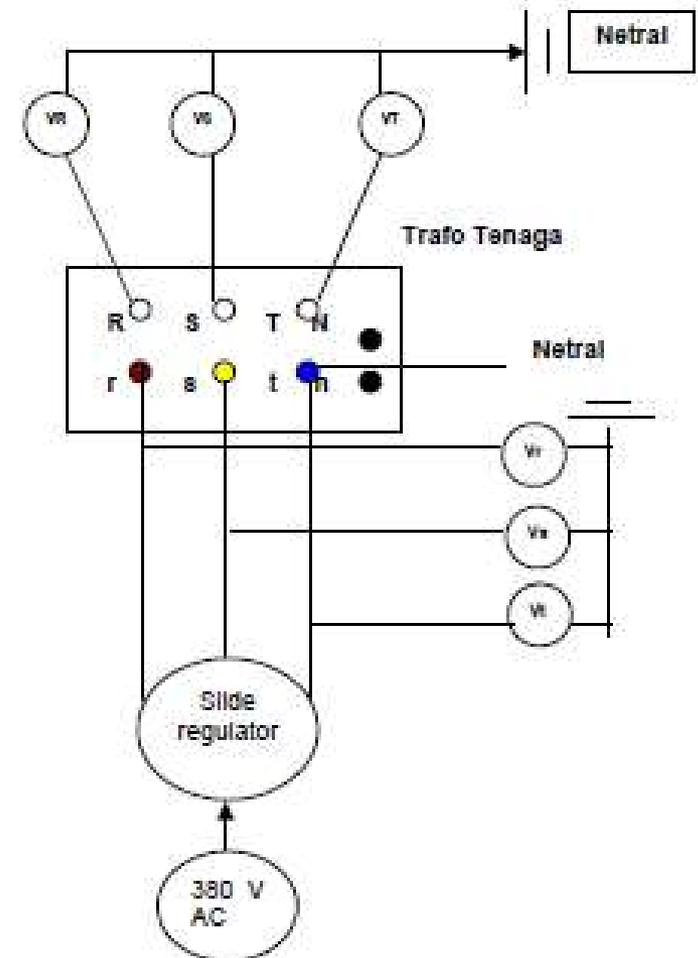
- Tujuan
 1. Apakah nilai tahanan mengalami perubahan
 2. Apakah ada perbedaan antar fasa
 3. Apakah sambungan-sambungan pada belitan termasuk kontak-kontak Tap Changer kondisinya baik ?

Pengukuran Perbandingan Belitan

- Pengukuran perbandingan belitan untuk mengetahui perbandingan jumlah kumparan sisi tegangan tinggi dan sisi tegangan rendah pada setiap *tapping*,
- toleransi yang diijinkan adalah:
 - 0,5 % dari rasio tegangan atau
 - 1/10 dari persentase impedansi pada *tapping nominal*.
- Pengukuran perbandingan belitan dilakukan pada saat semi *assembling* yaitu, setelah *coil transformer* diassembling dengan inti besi dan setelah *tap changer* terpasang

Pengukuran Perbandingan Belitan

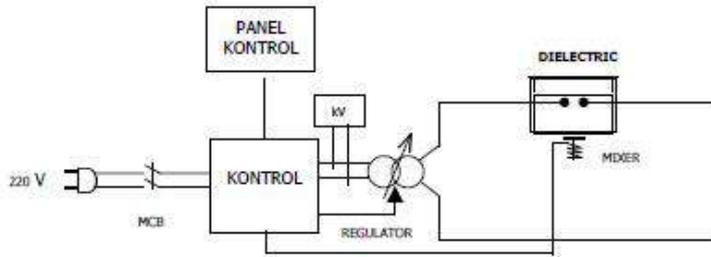
- Pengujian kedua ini bertujuan untuk mengetahui apakah posisi tap transformator telah terpasang secara benar dan juga untuk pemeriksaan *vector group* transformator.
- Pengukuran dapat dilakukan dengan menggunakan Transformer Turn *Ratio Test* (TTR),



Pengujian Tegangan Tembus Oli

- Pengujian tegangan tembus oli dimaksudkan mengetahui kemampuan dielektrik oli.
- Persyaratan yang ditentukan adalah sesuai dengan standart SPLN
 - 49 - 1 : 1982, IEC 158 dan IEC 296 yaitu:
 - ≥ 30 KV/2,5 mm sebelum *purifying*
 - ≥ 50 KV/2,5 mm setelah *purifying*

Pengujian Tegangan Tembus Oli



Tegangan Tembus/Dialectric Strenght, Standart IEC 156

Tegangan Operasi (kV)	Jarak gap (mm)	Nilai minimum (kV)
$Un \leq 36$	2,5	30
$36 < Un \leq 70$	2,5	35
$70 < Un \leq 170$	2,5	40
$Un > 170$	2,5	50