



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
DIREKTORAT JENDERAL GURU DAN TENAGA KEPENDIDIKAN
2016

MODUL GURU PEMBELAJAR

Paket Keahlian

Teknik Jaringan dan Distribusi Tenaga Listrik

**Pedagogik : Komunikasi Efektif dalam Proses Pembelajaran
Profesional : Teknik Pemasangan Instalasi Gardu
Induk Sistem Tenaga Listrik**

**KELOMPOK
KOMPETENSI**





MODUL GURU PEMBELAJAR

Paket Keahlian

Teknik Jaringan dan Distribusi Tenaga Listrik

Penyusun :

**Dr. Hendri, MT
UNP Padang
hendri97@gmail.com
087895883992**

Reviewer :

**Drs. Hambali, M.Kes
UNP Padang
hambali_ksy@yahoo.co.id
081363663092**

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
PUSAT PENGEMBANGAN DAN PEMBERDAYAAN
PENDIDIK DAN TENAGA KEPENDIDIKAN
BIDANG BANGUNAN DAN LISTRIK
MEDAN
2016**



KATA PENGANTAR

Profesi guru dan tenaga kependidikan harus dihargai dan dikembangkan sebagai profesi yang bermartabat sebagaimana diamanatkan Undang-undang Nomor 14 Tahun 2005 tentang Guru dan Dosen. Hal ini dikarenakan guru dan tenaga kependidikan merupakan tenaga profesional yang mempunyai fungsi, peran, dan kedudukan yang sangat penting dalam mencapai visi pendidikan 2025 yaitu “Menciptakan Insan Indonesia Cerdas dan Kompetitif”. Untuk itu guru dan tenaga kependidikan yang profesional wajib melakukan pengembangan keprofesian berkelanjutan.

Modul Diklat Pengembangan Keprofesian Berkelanjutan Bagi Guru dan Tenaga Kependidikan inidiharapkan menjadi referensidan acuan bagi penyelenggara dan peserta diklat dalam melaksanakan kegiatan sebaik- baiknya sehingga mampu meningkatkan kapasitas guru. Modul ini disajikan sebagai salah satu bentuk bahan dalam kegiatan pengembangan keprofesian berkelanjutan bagi guru dan tenaga kependidikan.

Pada kesempatan ini disampaikan ucapan terima kasih dan penghargaan kepada berbagai pihak yang telah memberikan kontribusi secara maksimal dalam mewujudkan modul ini, mudah-mudahan modul ini dapat menjadi acuan dan sumber informasi dalam diklat PKB.

Jakarta, Agustus 2015

Direktur Jenderal Guru dan
Tenaga Kependidikan,

Sumarna Surapranata, Ph.D.
NIP 19590801 198503 1002

DAFTAR ISI

Cover Luar	i
Cover Dalam	ii
Kata Pengantar	ii
Daftar Isi.....	iv
Daftar Gambar	vii
Daftar Tabel.....	ix
I. Pendahuluan	1
1. Latar Belakang	1
2. Tujuan	2
3. Peta kompetensi	2
4. Ruang Lingkup	4
5. Saran Penggunaan Modul.....	4
II. PEMBELAJARAN	7
Kegiatan Belajar 1.	
Ilmu Pendidikan dan Landasan Keilmuan	7
a. Tujuan.....	7
b. Indikator Pencapaian Materi.....	7
c. Uraian Materi	8
d. Aktivitas Pembelajaran	18
e. Latihan.....	19
f. Rangkuman	19
g. Umpan Balik dan Tindak Lanjut.....	20
Kegiatan Belajar 2.	
Alat Dan Perlengkapan Uji Hasil Pemasangan Instalasi Gardu Induk Sistem Tenaga Listrik.....	22
a. Tujuan.....	22
b. Indikator Pencapaian Materi	22
c. Uraian Materi	22
d. Aktivitas Pembelajaran	46

e Latihan/Tugas/Kasus.....	47
f. Rangkuman	47
g Umpun Balik dan Tindak Lanjut.....	48
h Jawaban Latihan	50
Kegiatan Belajar 3	
Pemeriksaan dan Pengujian Hasil Pemasangan Instalasi Gardu Induk	
Sistem Tenaga Listrik.....	52
a. Tujuan	52
b. Indikator Pencapaian Materi	52
c. Uraian Materi	52
d. Aktivitas Pembelajaran	64
e. Rangkuman	64
f. Tes Formatif	66
g. Kunci Jawaban	67
Kegiatan Belajar 4	
Urutan Fasa Pemasangan Instalasi Gardu Induk Sistem Tenaga Listrik	69
a. Tujuan.....	69
b. Indikator Pencapaian Materi	69
c. Uraian Materi	69
d. Aktivitas Pembelajaran	76
e. Rangkuman	76
f. Tes Formatif	77
g. Kunci Jawaban	78
Kegiatan Belajar 5	
Memeriksa Hasil Pemasangan Komponen Utama, Komponen Bantu	
dan Instalasi Gardu Induk Sistem Tenaga Listrik	79
a. Tujuan.....	79
b. Indikator Pencapaian Materi	79
c. Uraian Materi	79
d. Aktivitas Pembelajaran	89

e. Rangkuman	90
f. Latihan/Tugas/Kasus	90
g. Umpan Balik dan Tindak Lanjut.....	91
h. Kunci Jawaban	91
 Kegiatan Belajar 6	
Pemasangan Instalasi Kontrol Gardu Induk Sistem Tenaga Listrik.....	93
a. Tujuan.....	93
b. Indikator Pencapaian Materi	93
c. Uraian Materi	93
d. Aktivitas Pembelajaran	97
e. Rangkuman	98
f. Latihan/Tugas/Kasus	98
g. Umpan balik dan Tindak Lanjut	98
h. Kunci Jawaban	99
 Kegiatan Belajar 7	
Menguji Tahanan Isolasi Instalasi Gardu Induk Sistem Tenaga Listrik	100
a. Tujuan.....	100
b. Indikator Pencapaian Materi	100
c. Uraian Materi	100
d. Aktivitas Pembelajaran	116
e. Rangkuman	117
f. Latihan/Tugas/Kasus	118
g. Umpan balik dan Tindak Lanjut	118
h. Kunci Jawaban	119
III. Evaluasi	121
IV. Penutup	123
Daftar Pustaka	124
Glosarium	125

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Gardu Induk Transmisi	24
Gambar 2.2	Gardu Distribusi.	24
Gambar 2.3	Gardu Induk Konvensional.....	26
Gambar 2.4	Gardu Induk Gas Insulated Substation	27
Gambar 2.5	Single Line Diagram Gardu Induk Single Busbar.....	29
Gambar 2.6	Single Line Diagram Gardu Induk Sistem Double.....	30
Gambar 2.7	Single Line Diagram Gardu Induk Satu Setengah Busbar	31
Gambar 2.8	Bentuk Tegangan Impuls	35
Gambar 2.9.	Sistem Cincin atau Ring.....	36
Gambar 2.10	Single Line Diagram Gardu Induk Single Busbar.....	37
Gambar 2.11	Single Line Diagram Gardu Induk Sistem Double Busbar.....	37
Gambar 2.12	Sistem Busbar Satu Setengah atau One Half Busbar.....	38
Gambar 2.13	Arrester	39
Gambar 2.14	Transformator Arus (CT).....	41
Gambar 2.15	Kurva Tingkat Kejenuhan Trafo Arus Proteksi dengan Metering.....	41
Gambar 2.16	Transformator	42
Gambar 3.1	Pengukuran Primer-Sekunder.....	53
Gambar 3.2	Pengukuran Primer ke Tanah.	53
Gambar 3.3	Pengukuran Sekunder ke Tanah.	54
Gambar 3.4	Pengukuran NGR.....	55
Gambar 4. 1	Metode menentukan urutan fasa dengan R dan C.....	70
Gambar 4. 2	Phasor Diagram Saat Urutan Fasa	70
Gambar 4.3	Phasor Diagram Saat Urutan Fasa	70
Gambar 4.4	Metode Menentukan Urutan Fasa Dengan Lampu	71
Gambar 4.5.	Konstruksi Indikator Test Urutan Fasa	71
Gambar 4.6	Prinsip Indikator Urutan Fasa.....	72
Gambar 4.7	Contoh Indikator Urutan Fasa Yang Lain	74
Gambar 4.8	Pengoperasian Indikator Test Urutan Fasa dengan R dan C pada Urutan Benar.....	74

Gambar 4.9	Pengoperasian Indikator Test Urutan Fasa dengan Lampu pada Urutan Salah	75
Gambar 5.1	Pola Proteksi Pada Saluran Udara Tegangan Menengah.....	83
Gambar 5.2	Pola Proteksi Pada Saluran Kabel Tanah	83
Gambar 5.3	Pola Proteksi Pada Pembangkit.....	84
Gambar 5.4	Aspek Pembumian pada JTM	84
Gambar 7.1	Diagram rangkaian sebuah Megger (Mega Ohm)	101
Gambar 7.2	Contoh Sistem yang Tidak ditanahkan	102
Gambar 7.3	Rangkaian Pengganti Pentanahan Titik Netral Tanpa Impedansi	103
Gambar 7.4	Rangkaian Pengganti Pentanahan Titik Netral melalui Tahanan (Resistor)	104
Gambar 7.6.	Pentanahan.....	105
Gambar 7.7	Resistor Jenis Logam.....	105
Gambar 7.8	Resistor Jenis likuit	106
Gambar 7.9	Resistor Jenis Cairan (liquid resistor)	106
Gambar 7.10	Contoh Pemasangan Pentanahan Titik Netral dengan Kumparan Petersen.....	107
Gambar 7.11	Rangkaian Pengganti Pentanahan Titik Netral dengan Kumparan Petersen	108
Gambar 7.12	Contoh Pemasangan Trafo Pentanahan	110
Gambar 7.13	Contoh Pemasangan Pentanahan Peralatan.....	112
Gambar 7.14	Hubung tanah pada peralatan dalam suatu sistem yang netralnya diketanahkan	115

Daftar Tabel

Tabel 2.1	Batas Kenaikan Temperatur Trafo Dengan Isolasi Kelas A	43
Tabel 2.2	Batas Kenaikan Temperatur Trafo Dengan Isolasi Kelas F	43
Tabel 2.3	Suhu-Suhu Tertinggi Menurut Standar VDE	43
Tabel 2.4	Batas Tegangan Lebih Menurut SPLN 1: 1978 dan IEC71	44
Tabel 2.5	Batas Faktor Pembebanan Lebih Trafo Menurut VDE	44
Tabel 3.1	Index Polarisasi.....	55
Tabel 3.2	Hasil Tes Pengujian Minyak.....	58
Tabel 3.3	Tabel Tegangan Tembus / Break down Voltage Sesuai IEC 156.....	59
Tabel 3.4	Jenis Gas Terlarut pada Minyak Isolasi Trafo dan Daya Larut.....	61
Tabel 3.5	Interprestasi Data Berdasarkan Gas yang Diproduksi	62
Tabel 3.6	Interprestasi Data Berdasarkan Kandungan Gas Kunci.....	62
Tabel 3.7	Interprestasi Data Gas Berdasarkan Combustable Gas	63
Tabel 3.8	Interprestasi Data Gas Menggunakan Ratio Rogers.....	64
Tabel 5.1	Pengukuran dan Penilaian Resiko Pembebanan serta Kemampuan Listrik Trafo	86
Tabel 5.2	Evaluasi Hasil Instalasi/Konstruksi.....	87
Tabel 5.3	Kesesuaian Sistem Proteksi	87
Tabel 7.1	Besar dan lama tegangan sentuh maksimum.	115

A. Latar Belakang

Kegiatan PKB adalah kegiatan keprofesian yang wajib dilakukan secara terus menerus oleh guru dan tenaga kependidikan agar kompetensinya terjaga dan terus ditingkatkan. Salah satu kegiatan PKB sesuai yang diamanatkan dalam Peraturan Menteri Negara dan Pendayagunaan Aparatur Negara dan Reformasi Birokrasi Nomor 16 Tahun 2009 tentang Jabatan Fungsional Guru dan Angka Kreditnya adalah kegiatan Pengembangan Diri. Kegiatan Pengembangan diri meliputi kegiatan diklat dan kegiatan kolektif guru.

Agar kegiatan pengembangan diri optimal diperlukan modul-modul yang digunakan sebagai salah satu sumber belajar pada kegiatan diklat fungsional dan kegiatan kolektif guru dan tenaga kependidikan lainnya. Modul diklat adalah substansi materi pelatihan yang dikemas dalam suatu unit program pembelajaran yang terencana guna membantu pencapaian peningkatan kompetensi yang didesain dalam bentuk *printed materials* (bahan tercetak).

Penulisan modul didasarkan pada hasil peta modul dari masing-masing mapel yang terpetakan menjadi 4 (empat) jenjang. Keempat jenjang diklat dimaksud adalah (1) Diklat Jenjang Dasar; (2) Diklat Jenjang Lanjut; (3) Diklat Jenjang Menengah, dan (4) Diklat Jenjang Tinggi. Diklat jenjang dasar terdiri atas 5 (lima) *grade*, yaitu *grade* 1 s.d 5, diklat jenjang lanjut terdiri atas 2 (dua) *grade*, yaitu *grade* 6 dan 7, diklat menengah terdiri atas 2 (dua) *grade*, yaitu *grade* 8 dan 9, dan diklat jenjang tinggi adalah *grade* 10;

Modul diklat disusun untuk membantu guru dan tenaga kependidikan meningkatkan kompetensinya, terutama kompetensi profesional dan kompetensi pedagogik. Modul tersebut digunakan sebagai sumber belajar (*learning resources*) dalam kegiatan pembelajaran tatap muka.

B. Tujuan

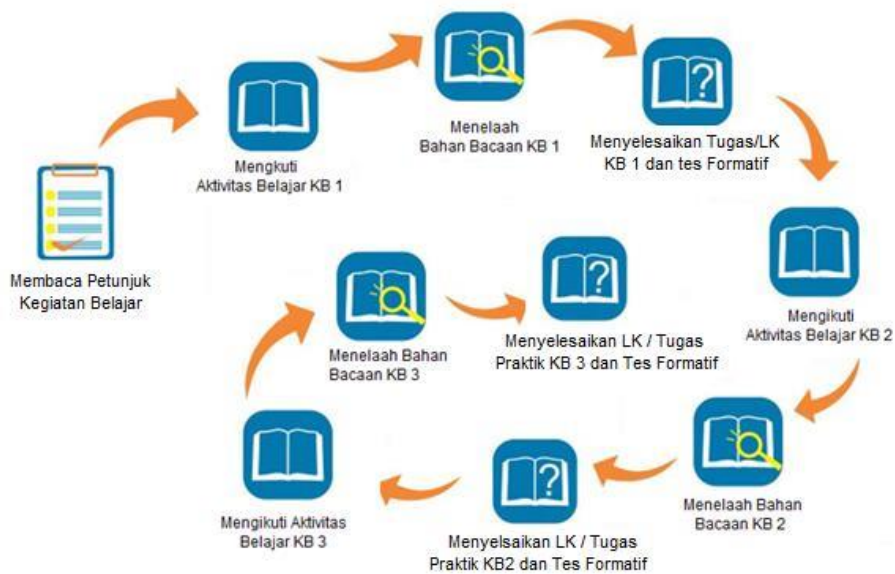
Penggunaan modul dalam diklat PKB dimaksudkan untuk mengatasi keterbatasan waktu, dan ruang peserta diklat, memudahkan peserta diklat belajar mandiri sesuai kemampuan, dan memungkinkan peserta diklat untuk mengukur atau mengevaluasi sendiri hasil belajarnya.

Target kompetensi dan hasil pembelajaran yang diharapkan dapat dicapai melalui modul ini meliputi kompetensi pedagogi dan kompetensi profesional pada grade 7 (tujuh). Setelah mempelajari materi pembelajaran pedagogi tentang komunikasi yang efektif yang terkait dengan mata pelajaran pada keahlian Pemasangan Instalasi Gardu Induk Sistem tenaga listrik, dan materi pembelajaran profesional tentang penguasaan materi, struktur, konsep, dan pola pikir keilmuan yang mendukung mata pelajaran pada keahlian Pemasangan Instalasi Gardu Induk Sistem tenaga listrik khususnya mata pelajaran sistem Pemasangan Instalasi Gardu Induk Sistem tenaga listrik, peserta diklat diharapkan mampu:

1. Menentukan pengalaman belajar yang sesuai untuk mencapai tujuan pembelajaran yang diampu.
2. Memilih materi pembelajaran yang diampu yang terkait dengan pengalaman belajar dan tujuan pembelajaran
3. Menganalisis sistem Pemasangan Instalasi Gardu Induk Sistem tenaga listrik
4. Melakukan Pemasangan Instalasi Gardu Induk Sistem tenaga listrik

C. Peta Kompetensi

Melalui materi pembelajaran ini, Saudara akan melakukan tahapan kegiatan pembelajaran kompetensi pedagogi dan profesional pada grade 7 (tujuh) secara *one shoot training* dengan moda langsung (tatap muka). Tahapan belajar untuk mencapai target kompetensi pada grade 7 (tujuh) diperlihatkan melalui diagram Alur Pencapaian Kompetensi Grade 7 (tujuh) seperti berikut.



Alur Pencapaian Kompetensi Grade 7

Pada pembelajaran kompetensi pedagogi, saudara akan mengkaji dan menganalisis spasipenentuan pengalaman belajar yang sesuai untuk mencapai tujuan pembelajaran dan memilih materi pembelajaran Teknik Pemasangan Instalasi Gardu Induk Sistem tenaga listrik yang terkait dengan pengalaman belajar pada keahlian Pemasangan Instalasi Gardu Induk Sistem tenaga listrik Proses melalui beberapa aktivitas belajar antara lain mempelajari bahan bacaan, diskusi, studi kasus, mengerjakan tugas dan menyelesaikan test formatif untuk uji pemahaman. Alokasi waktu yang disediakan unuk menyelesaikan spasi materi pembelajaran ini adalah spasi 45 JP.

Pada pembelajaran kompetensi profesional, saudara akan mempelajari Pemasangan Instalasi Gardu Induk Sistem tenaga listrik Kontrol Proses melalui beberapa kegiatan antara lain diskusi menelaah bahan bacaan, menyelesaikan lembar kerja dan tugas praktikum, serta menyelesaikan tes formatif untuk uji pemahaman. Alokasi waktu yang disediakan untuk menyelesaikan materi pembelajaran ini adalah 105 JP.

D. Ruang Lingkup

Ruang lingkup modul ini yakni membahas mengenai sistem dan instalasi refrigerasi industri, secara rinci ruang lingkup dari modul ini yakni:

1. Teori Komunikasi yang efektif dalam pembelajaran yang berkenaan dengan Pemasangan Instalasi Gardu Induk Sistem tenaga listrik
2. Klasifikasi peralatan Pemasangan Instalasi Gardu Induk Sistem tenaga listrik.
3. Analisis Pemasangan Instalasi Gardu Induk Sistem tenaga listrik
4. Komponen Pemasangan Instalasi Gardu Induk Sistem tenaga listrik

E. Saran Penggunaan Modul

Untuk mempermudah dan memperlancar mempelajari modul ini, ikuti semua petunjuk yang diberikan dengan teliti dan hati-hati. Adapun hal-hal yang perlu diikuti pada modul ini adalah:

1. Bagi Peserta Diklat
 - a. Pelajari daftar isi serta skema kedudukan modul dengan cermat dan teliti, karena dalam skema modul akan nampak kedudukan modul yang sedang Anda pelajari dengan modul-modul yang lain
 - b. Kerjakan soal-soal dalam cek kemampuan untuk mengukur sampai sejauh mana pengetahuan yang telah Anda miliki
 - c. Apabila soal dalam cek kemampuan telah Anda kerjakan dan 70 % terjawab dengan benar, maka Anda dapat langsung menuju Evaluasi untuk mengerjakan soal-soal tersebut. Tetapi apabila hasil jawaban Anda tidak mencapai 70 % benar, maka Anda harus mengikuti kegiatan pembelajaran dalam modul ini.

- d. Perhatikan langkah-langkah dalam melakukan pekerjaan dengan benar untuk mempermudah dalam memahami suatu proses pekerjaan
- e. Pahami setiap materi teori dasar yang akan menunjang dalam penguasaan suatu pekerjaan dengan membaca secara teliti. Kemudian kerjakan soal-soal evaluasi sebagai sarana latihan
- f. Dalam menjawab tes formatif usahakan memberi jawaban yang singkat, jelas dan kerjakan sesuai dengan kemampuan Anda setelah mempelajari modul ini
- g. Bila terdapat penugasan, kerjakan tugas tersebut dengan baik dan perlu konsultasikan hasil tersebut pada guru/instruktur
- h. Catatlah kesulitan yang Anda dapatkan dalam modul ini untuk ditanyakan pada guru pada saat kegiatan tatap muka. Bacalah referensi lainnya yang berhubungan dengan materi modul agar Anda mendapatkan tambahan pengetahuan.

2. Bagi Instruktur

- a. Membantu siswa/peserta Diklat dalam merencanakan proses belajar
- b. Membimbing siswa melalui tugas-tugas pelatihan yang dijelaskan dalam tahap belajar
- c. Membantu siswa dalam memahami pembelajaran berbasis kompetensi dan menjawab pertanyaan-pertanyaan siswa dalam proses belajar.

II. KEGIATAN PEMBELAJARAN

Kegiatan Belajar KB-1

Hakikat Komunikasi dan Pembelajaran

A. Tujuan

Setelah mengikuti pelatihan ini peserta diharapkan dapat

1. Menjelaskan hakekat dan pengertian komunikasi.
2. Menjelaskan pengertian belajar dan pembelajaran.
3. Menjelaskan penerapan komunikasi yang efektif dalam pembelajaran

B. Indikator Pencapaian Materi

Peserta diklat dapat;

1. Mendeskripsikan hakekat dari teori komunikasi
2. Mengaplikasikan makna komunikasi dalam pembelajaran
3. Mengaplikasikan prinsip komunikasi yang efektif dalam Pembelajaran

C. Uraian Materi

1. Hakekat Komunikasi

Banyak pendapat dari berbagai pakar mengenai definisi komunikasi, namun jika diperhatikan dengan seksama dari berbagai pendapat tersebut mempunyai maksud yang hampir sama. Menurut Hardjana, sebagaimana dikutip oleh Endang Lestari G (2003) secara etimologis komunikasi berasal dari bahasa Latin yaitu *cum*, sebuah kata depan yang artinya dengan, atau bersama dengan, dan kata *umus*, sebuah kata bilangan yang berarti satu. Dua kata tersebut membentuk kata benda *communio*, yang dalam bahasa Inggris disebut *communion*, yang mempunyai makna kebersamaan, persatuan, persekutuan, gabungan, pergaulan, atau hubungan. Karena untuk ber-*communio* diperlukan adanya usaha dan kerja, maka kata *communion* dibuat kata kerja *communicare* yang berarti membagi sesuatu dengan seseorang, tukar menukar, membicarakan sesuatu dengan orang, memberitahukan sesuatu kepada seseorang, bercakap-cakap, bertukar pikiran, berhubungan, atau berteman. Dengan demikian, komunikasi mempunyai makna pemberitahuan, pembicaraan, percakapan, pertukaran pikiran atau hubungan.

Tidak seluruh definisi dikemukakan di sini, akan tetapi berdasarkan definisi yang ada di atas dapat diambil pemahaman bahwa :

- a. Komunikasi pada dasarnya merupakan suatu proses penyampaian informasi. Dilihat dari sudut pandang ini, kesuksesan komunikasi tergantung kepada desain pesan atau informasi dan cara penyampaiannya. Menurut konsep ini pengirim dan penerima pesan tidak menjadi komponen yang menentukan.
- b. Komunikasi adalah proses penyampaian gagasan dari seseorang kepada orang lain. Pengirim pesan atau komunikator memiliki peran

yang paling menentukan dalam keberhasilan komunikasi, sedangkan komunikator atau penerima pesan hanya sebagai objek yang pasif.

- c. Komunikasi diartikan sebagai proses penciptaan arti terhadap gagasan atau ide yang disampaikan. Pemahaman ini menempatkan tiga komponen yaitu pengirim, pesan, dan penerima pesan pada posisi yang seimbang. Proses ini menuntut adanya proses *encoding* oleh pengirim dan *decoding* oleh penerima, sehingga informasi dapat bermakna.

2. Pengertian Pembelajaran

Sardiman AM (2005) dalam bukunya yang berjudul "Interaksi dan Motivasi dalam Belajar Mengajar" menyebut istilah pembelajaran dengan interaksi edukatif. Menurut beliau, yang dianggap interaksi edukatif adalah interaksi yang dilakukan secara sadar dan mempunyai tujuan untuk mendidik, dalam rangka mengantar peserta didik ke arah kedewasaannya. Pembelajaran merupakan proses yang berfungsi membimbing para peserta didik di dalam kehidupannya, yakni membimbing mengembangkan diri sesuai dengan tugas perkembangan yang harus dijalani. Proses edukatif memiliki ciri-ciri :

- a. ada tujuan yang ingin dicapai ;
- b. ada pesan yang akan ditransfer ;
- c. ada pelajar ;
- d. ada guru ;
- e. ada metode ;
- f. ada situasi ada penilaian.

Terdapat beberapa faktor yang secara langsung berpengaruh terhadap proses pembelajaran, yaitu pengajar, mahasiswa, sumber belajar, alat

belajar, dan kurikulum (Once Kurniawan : 2005). *Association for Educational Communication and Technology (AECT)* menegaskan bahwa pembelajaran (*instructional*) merupakan bagian dari pendidikan. Pembelajaran merupakan suatu sistem yang di dalamnya terdiri dari komponen-komponen sistem instruksional, yaitu komponen pesan, orang, bahan, peralatan, teknik, dan latar atau lingkungan

Suatu sistem instruksional diartikan sebagai kombinasi komponen sistem instruksional dan pola pengelolaan tertentu yang disusun sebelumnya di saat mendesain atau mengadakan pemilihan, dan di saat menggunakan, untuk mewujudkan terjadinya proses belajar yang berarah tujuan dan terkontrol, dan yang : a) didesain untuk mencapai kompetensi tertentu atau tingkah laku akhir dari suatu pembelajaran; b) meliputi metodologi instruksional, format, dan urutan sesuai desain; c) mengelola kondisi tingkah laku; d) meliputi keseluruhan prosedur pengelolaan; e) dapat diulangi dan diproduksi lagi; f) telah dikembangkan mengikuti prosedur; dan g) telah divalidasi secara empirik. (Yusufhadi M, dkk.:1986)

Dengan demikian pembelajaran dapat dimaknai sebagai interaksi antara pendidik dengan peserta didik yang dilakukan secara sengaja dan terencana serta memiliki tujuan yang positif. Keberhasilan pembelajaran harus didukung oleh komponen-komponen instruksional yang terdiri dari pesan berupa materi belajar, penyampai pesan yaitu pengajar, bahan untuk menuangkan pesan, peralatan yang mendukung kegiatan belajar, teknik atau metode yang sesuai, serta latar atau situasi yang kondusif bagi proses pembelajaran.

3. Proses Belajar Mengajar Sebagai Proses Komunikasi

Proses belajar mengajar hakikatnya adalah *proses komunikasi, dimana guru berperan sebagai pengantar pesan dan siswa sebagai penerima pesan* . pesan yang dikirimkan oleh guru berupa isi /materi pelajaran yang

dituangkan ke dalam symbol-simbol komunikasi baik verbal(kata-kata dan tulisan)maupun nonverbal(gerak tubuh dan isyarat).

Dalam setiap kegiatan komunikasi terdapat dua macam kegiatan yaitu “encoding” dan “decoding”. Encoding adalah kegiatan yang berkaitan dengan pemilihan lambang-lambang yang akan digunakan dalam kegiatan komunikasi oleh komunikator (oleh guru dalam kegiatan pembelajaran). Terdapat dua persyaratan yang harus diperhatikan untuk melakukan kegiatan “encoding” ini yaitu :

- a. Dapat mengungkapkan pesan yang akan disampaikan ; dan
- b. Sesuai dengan medan pengalaman audience atau penerima, sehingga memudahkan penerima didalam menerima isi pesan yang disampaikan.

Salah satu kemampuan profesional seorang guru adalah kemampuan melakukan kegiatan “encoding” dengan tepat, sehingga murid-murid memperoleh kemudahan di dalam menerima dan mengerti materi/bahan pelajaran yang merupakan pesan pembelajaran yang disampaikan guru kepada murid.

4. Prinsip Komunikasi

Prinsip-prinsip komunikasi seperti halnya fungsi dan definisi komunikasi mempunyai uraian yang beragam sesuai dengan konsep yang dikembangkan oleh masing-masing pakar. Istilah prinsip oleh William B. Gudykunst disebut asumsi-asumsi komunikasi. Larry A.Samovar dan Richard E.Porter menyebutnya karakteristik komunikasi. Deddy Mulyana, Ph.D membuat istilah baru yaitu prinsip-prinsip komunikasi. Terdapat 12 prinsip komunikasi yang dikatakan sebagai penjabaran lebih jauh dari definisi dan hakekat komunikasi yaitu :

Prinsip 1 : Komunikasi adalah suatu proses simbolik

Komunikasi adalah sesuatu yang bersifat dinamis, sirkular dan tidak berakhir pada suatu titik, tetapi terus berkelanjutan.

Salah satu kebutuhan pokok manusia, seperti dikatakan oleh Susanne K. Langer, adalah kebutuhan simbolisasi atau penggunaan lambang. Manusia memang satu-satunya hewan yang menggunakan lambang, dan itulah yang membedakan manusia dengan makhluk lainnya. Ernst Cassirer mengatakan bahwa keunggulan manusia atas makhluk lainnya adalah keistimewaan mereka sebagai *animal symbolicum*. Lambang atau simbol adalah sesuatu yang digunakan untuk menunjuk sesuatu lainnya, berdasarkan kesepakatan sekelompok orang. Lambang meliputi kata-kata (pesan verbal), perilaku non-verbal, dan objek yang maknanya disepakati bersama, misalnya memasang bendera di halaman rumah untuk menyatakan penghormatan atau kecintaan kepada negara. Kemampuan manusia menggunakan lambang verbal memungkinkan perkembangan bahasa dan menangani hubungan antara manusia dan objek (baik nyata ataupun abstrak) tanpa kehadiran manusia dan objek tersebut.

Prinsip 2 : Setiap perilaku mempunyai potensi komunikasi

Setiap orang tidak bebas nilai, pada saat orang tersebut tidak bermaksud mengkomunikasikan sesuatu, tetapi dimaknai oleh orang lain maka orang tersebut sudah terlibat dalam proses berkomunikasi. Gerak tubuh, ekspresi wajah (komunikasi non verbal) seseorang dapat dimaknai oleh orang lain menjadi suatu stimulus. Kita tidak dapat tidak berkomunikasi (*We cannot not communicate*). Tidak berarti bahwa semua perilaku adalah komunikasi. Alih-alih, komunikasi terjadi bila seseorang memberi makna pada perilaku orang lain atau perilakunya sendiri.

Prinsip 3 : Komunikasi punya dimensi isi dan hubungan

Setiap pesan komunikasi mempunyai dimensi isi dimana dari dimensi isi tersebut kita bisa memprediksi dimensi hubungan yang ada diantara pihak-pihak yang melakukan proses komunikasi. Percakapan diantara dua

orang sahabat dan antara dosen dan mahasiswa di kelas berbeda memiliki dimensi isi yang berbeda.

Dalam komunikasi massa, dimensi isi merujuk pada isi pesan, sedangkan dimensi hubungan merujuk kepada unsur-unsur lain, termasuk juga jenis saluran yang digunakan untuk menyampaikn pesan tersebut. Pengaruh suatu berita atau artikel dalam surat kabar misalnya, bukan hanya bergantung pada isinya, namun juga siapa penulisnya, tata letak (lay-out)-nya, jenis huruf yang digunakan, warna tulisan dan sebagainya.

Prinsip 4 : Komunikasi itu berlangsung dalam berbagai tingkat kesengajaan

Setiap tindakan komunikasi yang dilakukan oleh seseorang bisa terjadi mulai dari tingkat kesengajaan yang rendah artinya tindakan komunikasi yang tidak direncanakan (apa saja yang akan dikatakan atau apa saja yang akan dilakukan secara rinci dan detail), sampai pada tindakan komunikasi yang betul-betul disengaja (pihak komunikan mengharapkan respon dan berharap tujuannya tercapai).

Kesengajaan bukanlah syarat untuk terjadinya komuniaksi. Meskipun kita sama sekali tidak bermaksud menyampaikan pesan kepada orang lain, perilaku kita potensial ditafsirkan orang lain. Kita tidak dapat mengendalikan orang lain untuk menafsirkan atau tidak menafsirkan perilaku kita. Membatasi komunikasi sebagai proses yang disengaja adalah menganggap komuniaksi sebagai instrumen seperti dalam persuasi.

Prinsip 5 : Komunikasi terjadi dalam konteks ruang dan waktu

Pesan komunikasi yang dikirimkan oleh pihak komunikan baik secara verbal maupun non-verbal disesuaikan dengan tempat, dimana proses komunikasi itu berlangsung, kepada siapa pesan itu dikirimkan dan kapan komunikasi itu berlangsung.

Waktu juga mempengaruhi makna terhadap suatu pesan. Dering telepon pada tengah malam atau dini hari akan dipersepsi lain bila dibandingkan dengan dering telpon pada siang hari. Dering telepon pertama itu mungkin berita sangat penting (darurat) , misalnya untuk mengabarkan orang sakit, kecelakaan atau meninggal dunia atau upaya orang jahat untuk mengetes apakah dirumah ada orang atau tidak.

Prinsip 6 : Komunikasi melibatkan prediksi peserta komunikasi

Ketika orang-orang berkomunikasi, mereka meramalkan efek perilaku komunikasi mereka. Dengan kata lain, komunikasi juga terikat oleh aturan atau tatakrama. Artinya , orang-orang memilih strategi tertentu berdasarkan bagaimana orang yang menerima pesan akan merespons. Prediksi ini tidak selalu disadari dan sering berlangsung cepat. Kita dapat memprediksi perilaku komunikasi orang lain berdasarkan peran sosialnya.

Prinsip 7 : Komunikasi itu bersifat sistemik

Dalam diri setiap orang mengandung sisi internal yang dipengaruhi oleh latar belakang budaya, nilai, adat, pengalaman dan pendidikan.

Bagaimana seseorang berkomunikasi dipengaruhi oleh beberapa hal internal tersebut. Sisi internal seperti lingkungan keluarga dan lingkungan dimana dia bersosialisasi mempengaruhi bagaimana dia melakukan tindakan komunikasi. Setiap individu adalah suatu sistem yang hidup (*a living sistem*). Organ-organ dalam tubuh kita saling berhubungan. Kerusakan pada mata dapat membuat kepala kita pusing. Bahkan unsur diri kita yang bersifat jasmani juga berhubungan dengan unsur kita yang bersifat rohani.

Prinsip 8 : Semakin mirip latar belakang sosial budaya semakin efektiflah komunikasi

Komunikasi yang efektif adalah komunikasi yang hasilnya sesuai dengan harapan para pesertanya (orang-orang yang sedang berkomunikasi). Dalam kenyataannya, tidak pernah ada dua manusia yang persis sama, meskipun mereka kembar yang dilahirkan dan diasuh dalam keluarga yang sama, diberi makanan yang sama dan di didik dengan cara yang sama. Namun adanya kesamaan sekali lagi akan mendorong orang-orang untuk saling tertarik dan pada gilirannya karena kesamaan tersebut komunikasi mereka menjadi lebih efektif.

Prinsip 9 : Komunikasi bersifat nonsekuensial

Proses komunikasi bersifat sirkular dalam arti tidak berlangsung satu arah. Melibatkan respon atau tanggapan sebagai bukti bahwa pesan yang dikirimkan itu diterima dan dimengerti.

Prinsip 10 : Komunikasi bersifat prosesual, dinamis dan transaksional

Konsekuensi dari prinsip bahwa komunikasi adalah sebuah proses adalah komunikasi itu dinamis dan transaksional. Ada proses saling memberi dan menerima informasi diantara pihak-pihak yang melakukan komunikasi.

Prinsip 11 : komunikasi bersifat irreversible

Setiap orang yang melakukan proses komunikasi tidak dapat mengontrol sedemikian rupa terhadap efek yang ditimbulkan oleh pesan yang dikirimkan. Komunikasi tidak dapat ditarik kembali, jika seseorang sudah berkata menyakiti orang lain, maka efek sakit hati tidak akan hilang begitu saja pada diri orang lain tersebut.

Prinsip 12 : Komunikasi bukan panacea untuk menyelesaikan berbagai masalah

Dalam arti bahwa komunikasi bukan satu-satunya obat mujarab yang dapat digunakan untuk menyelesaikan masalah. Banyak persoalan dan konflik antar manusia disebabkan oleh masalah komunikasi. Namun komunikasi bukanlah panacea (obat mujarab) untuk menyelesaikan persoalan atau konflik itu, karena konflik atau persoalan tersebut mungkin berkaitan dengan masalah struktural.

5. Prinsip-Prinsip Komunikasi Efektif

a. Prinsip pertama : *respect*

Prinsip pertama dalam mengembangkan komunikasi yang efektif adalah sikap menghargai setiap individu yang akan menjadi sasaran pesan yang di sampaikan. Guru dituntut dapat memahami bahwa ia harus bisa menghargai setiap siswa yang dihadapinya. Rasa hormat dan saling menghargai merupakan prinsip yang pertama dalam berkomunikasi dengan orang lain karena pada prinsipnya manusia ingin dihargai dan dianggap penting

b. Prinsip kedua: *emphaty*

Empati adalah kemampuan kita untuk menempatkan diri kita pada situasi atau kondisi yang dihadapi oleh orang lain. Salah satu prasyarat utama dalam memiliki sikap empati adalah kemampuan kita untuk mendengarkan atau mengerti terlebih dulu sebelum didengarkan atau dimengerti oleh orang lain. Dengan memahami dan mendengarkan orang lain terlebih dahulu, kita dapat membangun keterbukaan dan kepercayaan yang kita perlukan dalam membangun kerjasama atau sinergi dengan orang lain. Rasa empati akan memungkinkan kita untuk dapat menyampaikan pesan (*message*) dengan cara dan sikap yang akan memudahkan penerima pesan (*receiver*) menerimanya. Komunikasi di dunia pendidikan

diperlukan saling memahami dan mengerti keberadaan, perilaku dan keinginan dari siswa.

c. Prinsip ketiga: *audible*

Prinsip *audible* berarti adalah dapat didengarkan atau dimengerti dengan baik. Berbeda dengan prinsip yang kedua yakni empati dimana guru harus mendengar terlebih dahulu ataupun mampu menerima umpan balik dengan baik, maka *audible* adalah menjamin bahwa pesan yang disampaikan dapat diterima oleh penerima pesan dengan baik.

d. Prinsip keempat: *clarity*

Prinsip *clarity* adalah kejelasan dari isi pesan supaya tidak menimbulkan multi interpretasi atau berbagai macam penafsiran. *Clarity* dapat pula berarti keterbukaan dan transparansi. Dalam berkomunikasi kita perlu mengembangkan sikap terbuka (tidak ada yang ditutupi atau disembunyikan), sehingga dapat menimbulkan rasa percaya (*trust*) dari penerima pesan.

e. Prinsip kelima: *Humble*

Komunikasi yang efektif dalam proses pembelajaran sangat berdampak terhadap keberhasilan pencapaian tujuan. Komunikasi dikatakan efektif apabila terdapat aliran informasi dua arah antara komunikator dan komunikan dan informasi tersebut sama-sama direspon sesuai dengan harapan kedua pelaku komunikasi tersebut. Jika dalam pembelajaran terjadi komunikasi yang efektif antara pengajar dengan siswa, maka dapat dipastikan bahwa pembelajaran tersebut berhasil. Sehubungan dengan hal tersebut, maka para pengajar, pendidik, atau instruktur pada lembaga-lembaga pendidikan atau pelatihan harus memiliki kemampuan komunikasi yang baik. Kemampuan komunikasi yang dimaksud dapat berupa kemampuan memahami dan mendesain

informasi, memilih dan menggunakan saluran atau media, serta kemampuan komunikasi antar pribadi dalam proses pembelajaran.

D. Aktifitas Pembelajaran

Aktifitas pembelajaran dibagi menjadi dua aktifitas, yakni aktifitas instruktur dan aktifitas peserta didik, berikut uraian aktifitas Pembelajaran instruktur dan peserta didik.

No	Kegiatan	Aktifitas Instruktur	Aktifitas <i>Pembelajar</i>
1	Pembuka	<ul style="list-style-type: none"> • Membuka pelajaran • Menjelaskan tujuan pembelajaran dan indikator ketercapaian kompetensi 	Mendengarkan dan mengikuti
2	Inti	Menjelaskan materi pengantar	Mendengarkan
		Diskusi	
		Mengamati dan mengontrol kegiatan diskusi yang berlangsung	Berdiskusi
		Menjelaskan kembali materi diskusi dan memperjelas hasil diskusi yang telah berlangsung	Mendengarkan dan mencatat Merangkum hasil diskusi
		Membuka sesi tanya jawab	Mengajukan pertanyaan
3	Penutup	<ul style="list-style-type: none"> • Menjelaskan kesimpulan dari hasil diskusi • Menutup pembelajaran 	Mendengar dan mengikuti dengan cermat

E. Tugas/ Kasus/ Latihan

Perhatikan proses pembelajaran disekolah anda lalu bandingkan dengan teori diatas apakah sudah sesuai? Jelaskan!.

F. Rangkuman

Proses belajar mengajar pada hakikatnya adalah proses komunikasi yaitu proses menyampaikan pesan dari sumber pesan melalui saluran media / media dan penerima.komponen untuk proses komunikasi pesan yang akan dikomunikasikan adalah is ajaran atas didikan yang ada dalam kurikulum. sumber pesannya bisa guru, siswa, orang lain ataupun penulis buku-buku prosedur media. salurannya adalah media pendidikan dan penerima pesannya adalah siswa atau juga guru.

Komunikasi dikatakan efektif apabila komunikasi yang terjadi menimbulkan arus informasi dua arah, yaitu dengan munculnya *feedback* dari pihak penerima pesan.Kualitas pembelajaran dipengaruhi oleh efektif tidaknya komunikasi yang terjadi di dalamnya. Dalam pembelajaran, komunikasi yang efektif merupakan proses transformasi pesan berupa ilmu pengetahuan dan teknologi dari pendidik kepada peserta didik, dimana peserta didik mampu memahami maksud pesan sesuai dengan tujuan yang telah ditentukan, sehingga menambah wawasan ilmu pengetahuan dan teknologi serta menimbulkan perubahan tingkah laku menjadi lebih baik.

G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut

1. Siswa yang siap untuk menerima pelajaran pada dasarnya dapat dikatakan bahwa ia telah bisa mencerminkan prinsi belajar, yaitu prinsip?
 - a. Motivasi
 - b. Pembelajaran
 - c. Kesiapan
 - d. Kepercayaan
2. Ketika guru memerluan penjelasan materi selama pembelajaran, maka pembelajaran tersebut pada dasarnya telah melaksanakan prinsip pembelajaran yaitu?
 - a. Kesiapan
 - b. Motivasi
 - c. Kejelasan
 - d. Pengulangan
3. Kondisi siswa yang tiba-tiba kurang bersemangat mengikuti pembelajaran dan setelah guru memberikan stimulus tertentu kemudian siswa tersebut bisa mengikuti pembelajaran yang dimaksud, maka guru tersebut telah?
 - a. Melaksanakan prinsip kesiapan
 - b. Melaksanakan prinsip motivasi
 - c. Melaksanakan prinsip belajar
 - d. Melaksanakan prinsip sosial.

4. Penjelasan suatu materi tidak bisa secara penuh dan keseluruhan memenuhi semua siswa, untuk mengatasinya maka diperlukan prinsip?
- a. Kesiapan
 - b. Pengulangan
 - c. Motivasi
 - d. Perbedaan individu
5. Berikut adalah penerapan prinsip Tantangan?
- a. Materi dikemas dalam bentuk uraian
 - b. Materi dikemas dalam bentuk Pemecahan masalah
 - c. Materi dikemas dalam bentuk soal
 - d. Materi dibentuk dalam bentuk pekerjaan rumah.

Kegiatan Pembelajaran KB- 2

Alat Dan Perlengkapan Uji Hasil Pemasangan Instalasi Gardu Induk Sistem Tenaga Listrik

A. Tujuan

Setelah mempelajari kegiatan pembelajaran ini peserta diklat diharapkan mampu:

1. Menjelaskan pengertian dan fungsi gardu induk dalam sistem tenaga listrik
2. Mengidentifikasi beberapa jenis gardu induk
3. Menjelaskan alat dan perlengkapan uji hasil pemasangan instalasi gardu induk pada sistem tenaga listrik

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

Mampu Memilih alat dan perlengkapan uji hasil pemasangan instalasi gardu induk sistem tenaga listrik.

C. Uraian Materi

1. Pengertian dan Fungsi Gardu Induk dalam Sistem Tenaga Listrik
 - a. Pengertian Gardu Induk dalam Sistem Tenaga Listrik

Gardu Induk adalah suatu instalasi listrik mulai dari TET (Tegangan Ekstra Tinggi), TT (Tegangan Tinggi) dan TM (Tegangan Menengah) yang terdiri dari bangunan dan peralatan listrik.

- b. Fungsi Gardu Induk dalam Sistem Tenaga Listrik
 - 1) Mentransformasikan daya listrik :

- a) Dari tegangan ekstra tinggi ke tegangan tinggi (500 KV/150 KV).
 - b) Dari tegangan tinggi ke tegangan yang lebih rendah (150 KV/70 KV).
 - c) Dari tegangan tinggi ke tegangan menengah (150 KV/20 KV, 70 KV/20 KV).
 - d) Dengan frekuensi tetap (di Indonesia 50 Hertz).
- 2) Untuk pengukuran, pengawasan operasi serta pengamanan dari sistem tenaga listrik.
 - 3) Pengaturan pelayanan beban ke gardu induk-gardu induk lain melalui tegangan tinggi dan ke gardu distribusi-gardu distribusi, setelah melalui proses penurunan tegangan melalui penyulangpenyulang (feeder- feeder) tegangan menengah yang ada di gardu induk.
 - 4) Untuk sarana telekomunikasi (pada umumnya untuk internal PLN), yang kita kenal dengan istilah SCADA.

2. Jenis Gardu Induk

a. Menurut lokasi dan fungsi

Merurut lokasinya di dalam sistem tenaga listrik, fungsi dan tegangannya (tinggi, menengah atau rendah) maka gardu listrik dapat dibagi :

1) Gardu Induk

Adalah gardu listrik yang mendapatkan daya dari satuan transmisi atau sub-transmisi suatu sistem tenaga listrik untuk kemudian menyalurkannya ke daerah beban (industri, kota dan sebagainya) melalui saluran distribusi primer.



Gambar 2.1. Gardu Induk Transmisi (Sumber: BSE Gardu Induk)

2) Gardu Distribusi

Adalah gardu listrik yang mendapatkan daya dari saluran distribusi primer yang menyalurkan tenaga listrik ke pemakai dengan tegangan rendah.



Gambar 2.2. Gardu Distribusi (Sumber: BSE Gardu Induk)

3) Gardu Induk Penaik Tegangan

Adalah gardu induk yang berfungsi untuk menaikkan tegangan, yaitu tegangan pembangkit (generator) dinaikkan menjadi tegangan sistem. Gardu Induk ini berada di lokasi pembangkit tenaga listrik. Karena output voltage yang dihasilkan pembangkit listrik kecil dan harus disalurkan pada jarak yang jauh, maka dengan pertimbangan efisiensi, tegangannya dinaikkan menjadi tegangan ekstra tinggi atau tegangan tinggi.

4) Gardu Induk Penurun Tegangan

Adalah gardu induk yang berfungsi untuk menurunkan tegangan, dari tegangan tinggi menjadi tegangan tinggi yang lebih rendah dan menengah atau tegangan distribusi. Gardu Induk terletak di daerah pusat-pusat beban, karena di gardu induk inilah pelanggan (beban) dilayani.

5) Gardu Induk Pengatur Tegangan

Pada umumnya gardu induk jenis ini terletak jauh dari pembangkit tenaga listrik. Karena listrik disalurkan sangat jauh, maka terjadi tegangan jatuh (voltage drop) transmisi yang cukup besar. Oleh karena diperlukan alat penaik tegangan, seperti bank kapasitor, sehingga tegangan kembali dalam keadaan normal.

6) Gardu Induk Pengatur Beban

Berfungsi untuk mengatur beban. Pada gardu induk ini terpasang beban motor, yang pada saat tertentu menjadi pembangkit tenaga listrik, motor berubah menjadi generator dan suatu saat generator menjadi motor atau menjadi beban, dengan generator berubah menjadi motor yang memompakan air kembali ke kolam utama.

7) Gardu Induk Distribusi

Gardu induk yang menyalurkan tenaga listrik dari tegangan sistem ke tegangan distribusi. Gardu induk ini terletak di dekat pusat-pusat beban.

b. Menurut penempatan peralatannya

Menurut penempatannya, gardu listrik dapat dibagi :

1) Gardu Induk pemasangan dalam

Gardu Induk dimana semua peralatannya (switchgear, isolator dan sebagainya) di pasang di dalam gedung/ruangan tertutup.

2) Gardu Induk pemasangan luar

Gardu Induk dimana semua peralatannya (switchgear, isolator dan sebagainya) di tempatkan di udara terbuka.

c. Menurut isolasi yang digunakan.

1) Gardu Induk yang menggunakan isolasi udara

a) Adalah gardu induk yang menggunakan isolasi udara antara bagian yang bertegangan yang satu dengan bagian yang bertegangan lainnya.

b) Gardu Induk ini berupa gardu induk konvensional, memerlukan tempat terbuka yang cukup luas.



Gambar 2.3. Gardu Induk Konvensional (Sumber: BSE Gardu Induk)

- 2) Gardu Induk yang menggunakan isolasi gas SF 6
 - a) Gardu induk yang menggunakan gas SF 6 sebagai isolasi antara bagian yang bertegangan yang satu dengan bagian lain yang bertegangan, maupun antara bagian yang bertegangan dengan bagian yang tidak bertegangan.
 - b) Gardu induk ini disebut Gas Insulated Substation atau Gas Insulated Switchgear (GIS), yang memerlukan tempat yang sempit



Gambar 2.4. Gardu Induk Gas Insulated Substation (Sumber: BSE Gardu Induk)

- c) Secara prinsip peralatan yang dipasang pada GIS sama dengan peralatan yang dipakai GI Konvensional. Perbedaannya adalah :
 - (1) Pada GIS peralatan-peralatan utamanya berada dalam suatu selubung logam tertutup rapat, yang di dalamnya berisi gas bertekanan, yaitu gas SF 6 (Sulphur Hexafluorida).
 - (2) Gas SF 6 berfungsi sebagai isolasi switchgear dan sebagai pemadam busur api pada operasi Circuit Breaker (CB).
 - (3) Dengan demikian cara pemasangan GIS berbeda dengan GI Konvensional.

d) Pengembangan GIS :

Pada mulanya GIS didesain dengan sistem selubung fasa tunggal. Dengan semakin majunya teknologi kelistrikan, maka saat ini sebagian besar GIS memakai desain selubung tiga fasa dimasukkan dalam satu selubung. Keuntungan sistem selubung tiga fasa adalah lebih murah, lebih ringan, lebih praktis dan pemasangannya lebih mudah, meminimalkan kemungkinan terjadinya kebocoran gas dan lebih sederhana susunan isolasinya.

e) Pertimbangan penggunaan gas SF₆ dalam GIS, adalah:

- (1) Kekuatan dielektrik tinggi, yaitu pada tekanan udara normal sebesar 2,5 kali dielektrik udara.
- (2) Tidak mudah terbakar dan tidak berbau.
- (3) Tidak beracun dan tidak berwarna.
- (4) Mengikuti hukum gas-gas pada umumnya.
- (5) Berat molekul 146 (udara 29).
- (6) Kepekakan $\pm 6 \text{ kg/m}^3$ pada 0,1 MFA dan 100 C.

f) GIS-GIS yang terpasang di Indonesia, adalah GIS 150 KV :

- (1) Dipasang di kota-kota besar dan terbatas hanya di Pulau Jawa.
- (2) Sistem penyaluran (transmisi) menggunakan kabel tanah (SKTT).
- (3) Hampir semua komponen GIS terpasang (ditempatkan) dalam gedung, kecuali transformator tenaga, pada umumnya dipasang (ditempatkan) di luar gedung.

d. Menurut sistem rel (busbar)

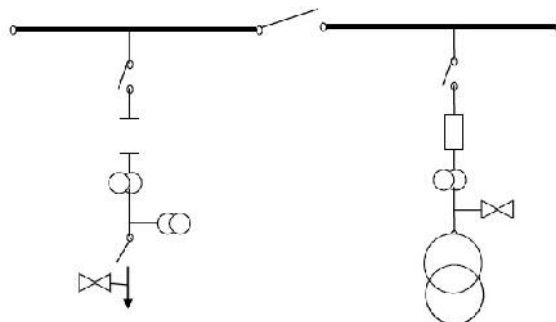
Rel (busbar) merupakan titik hubungan pertemuan (*connecting*) antara transformator daya, SUTT/ SKTT dengan komponen listrik lainnya, untuk menerima dan menyalurkan tenaga listrik. Berdasarkan sistem rel (busbar), gardu induk dibagi menjadi beberapa jenis, sebagaimana tersebut di bawah ini :

1) Gardu Induk sistem ring busbar

- a) Adalah gardu induk yang busbarnya berbentuk ring.
- b) Pada gardu induk jenis ini, semua rel (busbar) yang ada, tersambung (terhubung) satu dengan lainnya dan membentuk ring (cincin).

2) Gardu Induk sistem single busbar

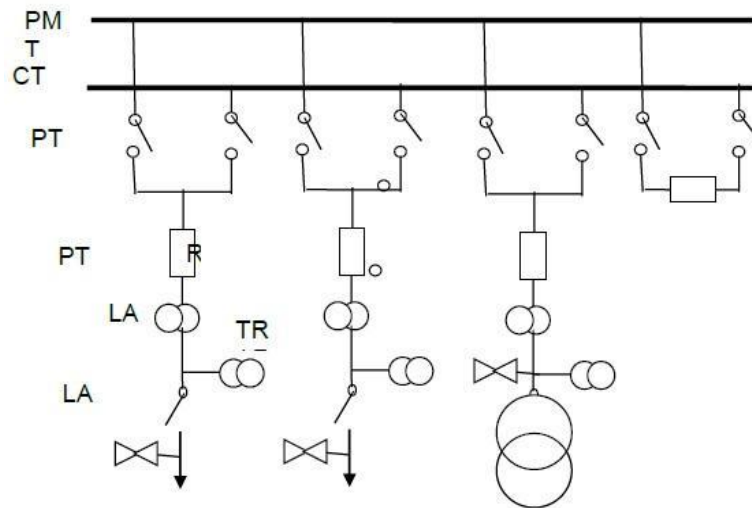
- a) Adalah gardu induk yang mempunyai satu (single) busbar.
- b) Pada umumnya gardu dengan sistem ini adalah gardu induk yang berada pada ujung (akhir) dari suatu sistem transmisi.
- c) Single line diagram gardu sistem single busbar.



Gambar 2.5. Single Line Diagram Gardu Induk Single Busbar
(sumber: BSE Gardu Induk)

3) Gardu Induk sistem double busbar

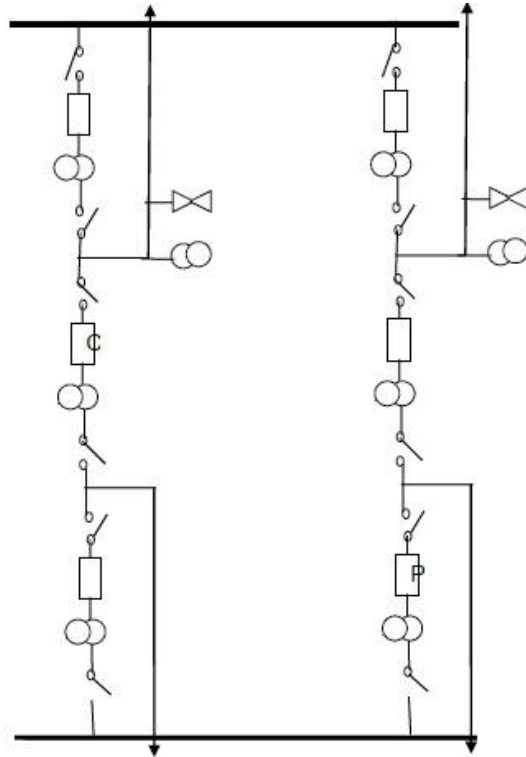
Adalah gardu induk yang mempunyai dua (*double*) busbar. Gardu induk sistem *double busbar* sangat efektif untuk mengurangi terjadinya pemadaman beban, khususnya pada saat melakukan perubahan sistem (*manuver sistem*). Jenis gardu induk ini pada umumnya yang banyak digunakan. Single line diagram gardu induk sistem busbar ganda (*double busbar*)



Gambar 2.6. Single Line Diagram Gardu Induk Sistem Double Busbar. (Sumber: BSE Gardu Induk)

4) Gardu Induk sistem satu setengah (on half) busbar

Adalah gardu induk yang mempunyai dua (*double*) busbar. Pada umumnya gardu induk jenis ini dipasang pada gardu induk di pembangkit tenaga listrik atau gardu induk yang berkapasitas besar. Dalam segi operasional, gardu induk ini sangat efektif, karena dapat mengurangi pemadaman beban pada saat dilakukan perubahan sistem (*manuver system*). Sistem ini menggunakan 3 buah PMT dalam satu diagonal yang terpasang secara deret (seri).



Gambar 2.7. Single Line Diagram Gardu Induk Satu Setengah Busbar. (Sumber: BSE Gardu Induk)

3. Alat dan Perlengkapan Uji Hasil Pemasangan Instalasi Gardu Induk pada Sistem Tenaga Listrik.

Aturan Pengukuran menjelaskan persyaratan minimum teknis dan operasional untuk meter Transaksi yaitu meter utama dan meter pembanding yang harus dipasang oleh P3B dan Pemakai Jaringan transmisi pada titik-titik sambungan.

a. Besaran yang Diukur

Meter harus terpasang melalui trafo arus dan trafo tegangan pada setiap titik sambungan untuk mengukur besaran-besaran berikut ini:

- 1) kWh import
- 2) kWh export
- 3) kVArh import
- 4) kVArh export
- 5) demand kVA maksimum (tidak perlu untuk sambungan ke generator)

b. Ketelitian

Ketelitian Meter untuk semua titik sambungan (kecuali generator < 10 MW).

- 1) Setiap komponen Meter harus memenuhi standar ketelitian minimum sebagai berikut:

- a) Trafo Instrumen

Trafo Tegangan harus memiliki ketelitian sesuai dengan kelas 0,2, Standar IEC 186. Trafo Arus harus memiliki ketelitian sesuai dengan kelas 0,2, Standar IEC 185.

- b) Meter kiloWatt-hour (kWh-active meter)

Setiap meter kWh harus dari jenis elemen tiga-arus, solidstate, tiga fasa empat kawat, memiliki registrasi export dan import, ketelitian kelas 0,2 S, dan memenuhi Standar IEC 687. Masing-masing meter dilengkapi dengan peralatan pulsa yang dapat diakses dengan pembacaan untuk perekaman jarak jauh (remote reading), serta mempunyai fasilitas untuk menyimpan data.

- c) Meter kiloVAh-hour (kVArh-reactive meter)

Khusus untuk Konsumen Besar dan atau Konsumen Tegangan Tinggi, setiap meter-kVArh harus dari jenis elemen tiga-arus, solid state, tiga fasa empat kawat,

memiliki registrasi export dan import, dengan ketelitian kelas 2,0 dan memenuhi Standar IEC 1268. Masing-masing meter dilengkapi dengan peralatan pulsa yang dapat diakses dengan pembacaan untuk perekaman jarak jauh (remote reading), serta mempunyai fasilitas untuk menyimpan data.

d) Meter demand kVA maksimum

Setiap meter demand kVA-maksimum harus dari jenis elemen tiga arus, multiple tariff, solid-state yang memiliki registrasi, ketelitian kelas 0,5S, memenuhi Standar IEC 687. Masing-masing meter dilengkapi dengan peralatan pulsa untuk transmisi ke suatu alat perekam atau mempunyai fasilitas untuk menyimpan data.

2) Ketelitian pada Titik sambungan

a) Meter untuk generator harus dirancang untuk mengukur energi-netto yang disalurkan ke Jaringan (grid) dan instalasinya dipasang di titik netto.

b) Meter-meter yang terpasang untuk unit-unit generator kecil dapat dikecualikan dari persyaratan. Dalam hal ini, kompensasi harus diestimasikan menggunakan algoritme yang memperhitungkan rugi-rugi di antara titik pengukuran dan titik sambungan.

3) Keperluan dan Fungsi Pengujian

Tegangan lebih yang diakibatkan karena pelepasan muatan oleh petir disebut sebagai tegangan lebih luar. Tegangan lebih ini mempunyai bentuk gelombang *aperiodik* yang diredamkan seperti pada waktu pelepasan muatan sebuah kapasitor melalui sebuah tahanan yang induktif.

a) Tegangan Impuls

Tegangan Impuls diperlukan dalam pengujian tegangan akibat tegangan lebih dalam dan luar serta untuk meneliti mekanisme tembus. Umumnya tegangan impuls dibangkitkan dengan melucutnya muatan kapasitor tegangan menengah (melalui sela bola) pada suatu rangkaian resistor dan kapasitor.

b) Bentuk Tegangan Impuls

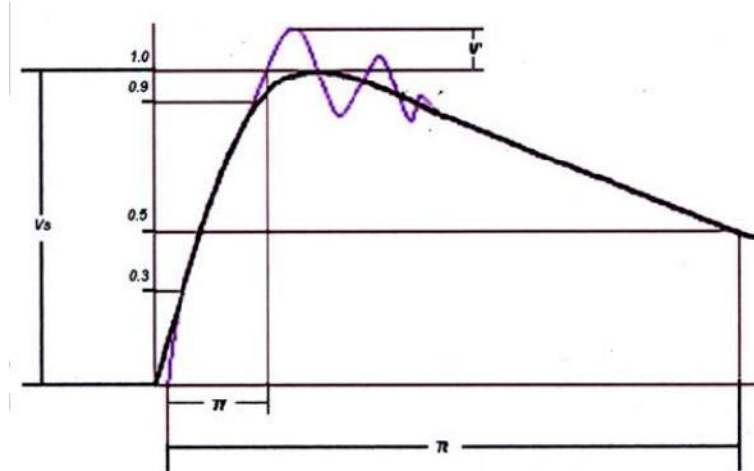
Bentuk umum tegangan impuls yang dipakai dilaboratorium adalah tegangan yang naik dalam waktu yang singkat sekali, disusul dengan penurunan yang lambat menuju nol, yaitu yang dapat dinyatakan dengan persamaan:

$$V = V_0(e^{at} - e^{-bt})$$

Definisi muka gelombang (*wave front*) dan ekor gelombang (*wave tail*) ditetapkan dalam standar-standar yang telah ada. Menurut standar Jepang (1994) titik nol nominal dari sebuah tegangan impuls adalah perpotongan antara sumbu waktu dengan garis lurus yang menghubungkan dengan titik-titik 10% dan 90% dari tegangan puncak. Menurut rekomendasi International Electrotechnical Commission (IEC), angkanya berturut-turut adalah 30% dan 90%.

Muka gelombang didefinisikan sebagai bagian dari gelombang yang dimulai dari titik nol sampai titik puncak, sedang sisanya disebut ekor gelombang. Setengah puncak gelombang adalah titik-titik pada muka dan ekor dimana tegangannya adalah setengah puncak (titik 0.5).

Menurut standar Jepang lamanya muka gelombang didefinisikan sebagai hasil bagi antara lamanya tegangan naik dari 10% sampai 90% dari puncak dan 0.8. terlihat pada gambar 2.8.



Gambar 2.8. Bentuk Tegangan Impuls (Sumber: www.slideplayer.com)

Dimana:

V_s : Tegangan puncak

T_t : Ekor gelombang = $50 \mu s$

T_f : Muka gelombang = $1,2 \mu s$

V : Kelebihan Tegangan $\pm 0,05 \times V_s$

Bentuk gelombang impuls standar yang digunakan menurut gambar diatas adalah standar dari IEC yaitu $1,2 \times 50 \mu s$, sedangkan dalam penelitian yang digunakan adalah gelombang impuls menurut standar Jepang yaitu $1 \times 40 \mu s$, karena peralatan yang dipergunakan adalah berasal dari Jepang.

Gelombang penuh adalah gelombang yang tidak terputus karena lompatan api atau tembusan (puncture), mempunyai waktu muka gelombang T_f (μs) dan waktu sampai setengah puncak T_t (μs). Gelombang ini dinyatakan dengan sandi $\pm (T_f \times T_t) \mu s$, dengan

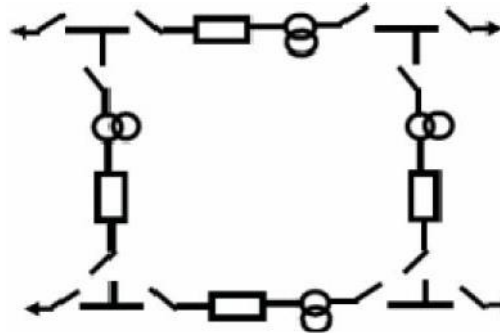
polaritasnya sekaligus. Bentuk gelombang standar menurut IEC adalah $\pm (1,2 \times 50 \mu \text{ sec})$. Besarnya (amplitude) osilasi frekuensi tinggi (V1) pada muka gelombang menurut standar IEC harus kurang dari 5% dari harga puncak disekitar puncak. Standar-standar Jerman dan Inggris menetapkan $T_f \times T_t = 1 \times 50 \mu \text{s}$. IEC merekomendasikan $= 1,2 \times 50 \mu \text{s}$. Amerika serikat mempunyai standar $1,5 \times 40 \mu \text{s}$. Standar gelombang impuls Jepang (JIS) $1 \times 40 \mu \text{s}$.

c. Busbar atau Rel

Merupakan titik pertemuan/hubungan antara trafo-trafo tenaga, Saluran Udara TT, Saluran Kabel TT dan peralatan listrik lainnya untuk menerima dan menyalurkan tenaga listrik/daya listrik. Ada beberapa jenis konfigurasi busbar yang digunakan saat ini, antara lain:

1) Sistem cincin atau ring

semua rel/busbar yang ada tersambung satu sama lain dan membentuk seperti ring/cicin.

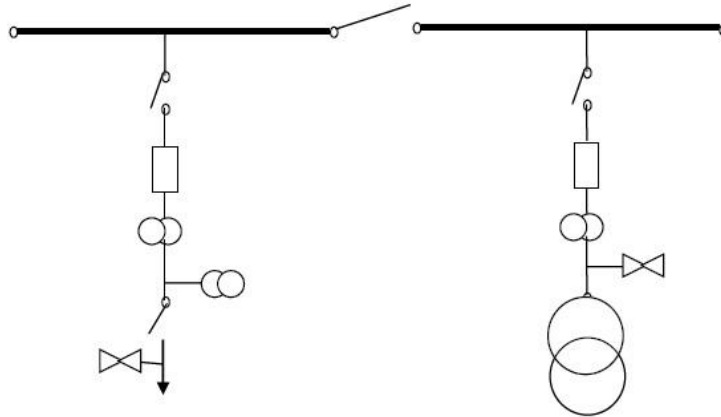


Gambar 2.9. Sistem Cincin atau Ring. (Sumber: <http://dunia-listrik.blogspot.co.id>)

2) Busbar Tunggal atau Single busbar

semua perlengkapan peralatan listrik dihubungkan hanya pada satu / single busbar pada umumnya gardu dengan sistem ini

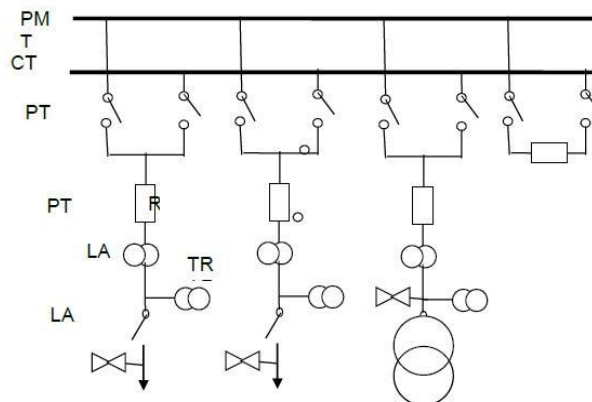
adalah gardu induk diujung atau akhir dari suatu transmisi.(lihat Gambar 2.5.)



Gambar 2.10. Single Line Diagram Gardu Induk Single Busbar.
(Sumber: <http://dunia-listrik.blogspot.co.id>)

3) Busbar Ganda atau double busbar

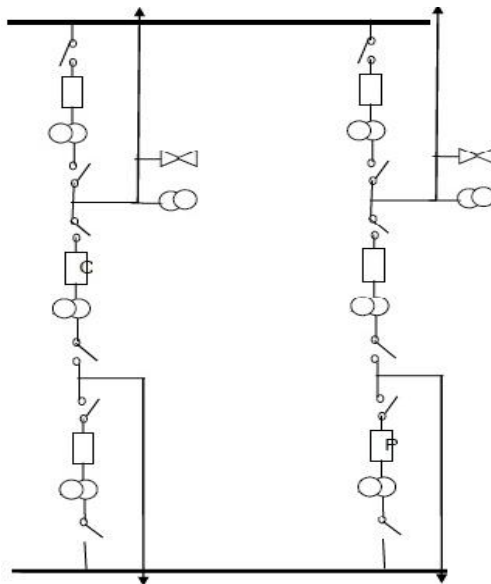
Adalah gardu induk yang mempunyai dua / double busbar . Sistem ini sangat umum, hamper semua gardu induk menggunakan sistem ini karena sangat efektif untuk mengurangi pemadaman beban pada saat melakukan perubahan.



Gambar 2.11. Single Line Diagram Gardu Induk Sistem Double Busbar. (Sumber: <http://dunia-listrik.blogspot.co.id>)

4) Busbar satu setengah atau one half busbar

Gardu induk Pembangkitan dan gardu induk yang sangat besar, karena sangat efektif dalam segi operasional dan dapat mengurangi pemadaman beban pada saat melakukan perubahan sistem. Sistem ini menggunakan 3 buah PMT didalam satu diagonal yang terpasang secara seri.



Gambar 2.12. Sistem Busbar Satu Setengah atau One Half Busbar. (Sumber: <http://dunia-listrik.blogspot.co.id>)

d. Lightning Arrester

Biasa disebut dengan Arrester dan berfungsi sebagai pengaman instalasi (peralatan listrik pada instalasi Gardu Induk) dari gangguan tegangan lebih akibat sambaran petir (lightning Surge) maupun oleh surja hubung (Switching Surge).

Alat pelindung peralatan listrik dari bahaya tegangan lebih dari luar dan dalam mutlak diperlukan. Alat pelindung dimaksud adalah Lightning Arrester (LA).

LA berfungsi melindungi peralatan listrik terhadap tegangan lebih akibat surja petir dan surja hubung serta mengalirkan arus surja ke tanah. LA dilengkapi dengan:

- 1) Sela bola api (Spark gap)
- 2) Tahanan kran atau tahanan tidak linier (valve resistor)
- 3) Sistem pengaturan atau pembagian tegangan (grading system)

Jenis-jenis arrester:

- 1) Type expulsion: terdiri dari dua elektroda dan satu fibre tube. Tabung fibre menghasilkan gas saat terjadi busur api dan menghembuskan busur api kearah bawah. Setelah busur hilang maka arrester bersifat isolator kembali.
- 2) Type Valve: bila tegangan surja petir menyambar jaringan dan dimana terdapat arrester terpasang maka seri gap akan mengalami kegagalan mengakibatkan terjadi arus yang besar melalui tahanan kran yang saat itu mempunyai nilai kecil.



Gambar 2.13. Arrester (Sumber: <https://lightningsource.wordpress.com>)

e. Transformator instrument atau Transformator ukur

Transformator instrument berfungsi untuk mencatu instrument ukur (meter) dan relai serta alat-alat serupa lainnya. Transformator ini terdapat dua jenis yaitu transformator arus (CT) dan transformator tegangan (PT).

Transformator instrument yang berazaskan induksi terdiri dari inti (core) dan kumparan (winding). Inti berfungsi sebagai jalannya flux magnetik sedangkan kumparan berfungsi mentransformasikan arus dan tegangan. Kumparan primer dan sekunder dapat lebih dari satu kumparan.

$$N1 / N2 = V1 / V2 = I2 / I1$$

Dimana :

N1 : Jumlah lilitan primer

N2 : Jumlah lilitan sekunder

V1 : Tegangan primer

V2 : Tegangan sekunder

I1 : Arus primer

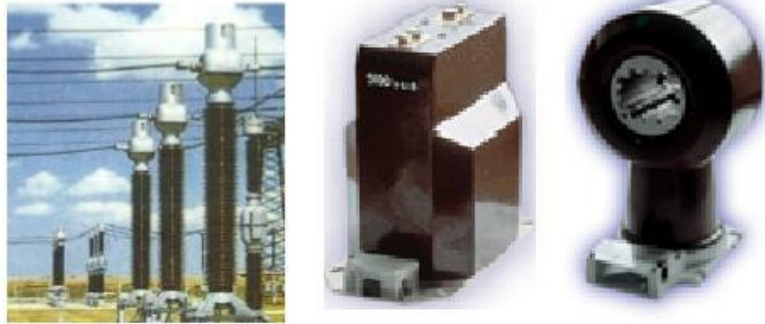
I2 : Arus sekunder

Yang termasuk dalam trafo-trafo pengukuran adalah: Trafo arus (CT), Trafo tegangan (PT/CVT), Gabungan trafo arus dan trafo tegangan (combined current transformer and potential transformer)

Untuk proses pengukuran di gardu induk diperlukan transformator instrumen. Transformator instrument ini dibagi atas dua kelompok yaitu:

1) Transformator Arus (CT)

Berdasarkan penggunaan, trafo arus dikelompokkan menjadi dua kelompok dasar, yaitu; trafo arus metering dan trafo arus proteksi



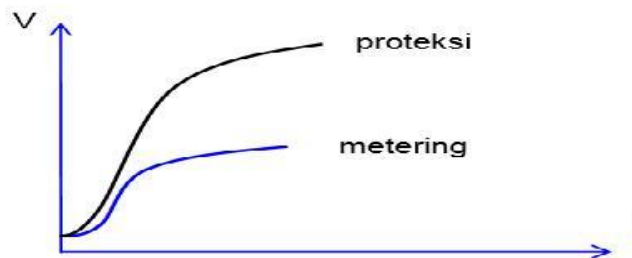
Gambar 2.14. Transformator Arus (CT) (Sumber: <http://instrumentationtransformer.blogspot.co.id>)

a) Trafo arus metering

Trafo arus pengukuran untuk metering memiliki ketelitian tinggi pada daerah kerja (daerah pengenalnya) antara 5% - 120% arus nominalnya, tergantung dari kelas dan tingkat kejenuhan.

b) Trafo Arus Proteksi

Trafo arus proteksi memiliki ketelitian tinggi sampai arus yang besar yaitu pada saat terjadi gangguan, dimana arus yang mengalir mencapai beberapa kali dari arus pengenalnya dan trafo arus proteksi mempunyai tingkat kejenuhan cukup tinggi.



Gambar 2.15. Kurva Tingkat Kejenuhan Trafo Arus Proteksi dengan Metering (Sumber: <http://ilmulistrik.com/fungsi-trafo-arus.html>)

2) Transformator Bantu (Auxilliary Transformator)

Trafo yang digunakan untuk membantu beroperasinya secara keseluruhan gardu induk tersebut. Dan merupakan pasokan utama untuk alat-alat bantu seperti motor-motor listrik 3 fasa yang digunakan pada motor pompa sirkulasi minyak trafo beserta motor motor kipas pendingin. Yang paling penting adalah sebagai pemasok utama sumber tenaga cadangan seperti sumber DC, dimana sumber DC ini merupakan sumber utama jika terjadi gangguan dan sebagai pasokan tenaga untuk proteksi sehingga proteksi tetap bekerja walaupun tidak ada pasokan arus AC.

3) Transformator Tenaga

Trafo tenaga adalah suatu peralatan tenaga listrik yang berfungsi untuk mentransformasikan daya listrik dari tegangan tinggi ke tegangan rendah atau sebaliknya.



Gambar 2.16. Transformator (Sumber: <https://lumbanrajateddy.wordpress.com>)

a) Batas Pengusahaan Transformator:

Batas kenaikan temperatur trafo dengan isolasi kelas A seperti Tabel 2.1.dibawah.

Tabel 2.1. Batas Kenaikan Temperatur Trafo Dengan Isolasi Kelas A

<i>Deteksi</i>	<i>Alarm</i>	<i>Trip</i>	<i>Batas</i>
Di minyak	70 °C	85 °C	90 °C (ambient temp. 35 °C) t = 55 °C

t = kenaikan temperature, didasarkan standar IEC

Batas kenaikan temperatur trafo dengan isolasi kelas F pada trafo 500/150/66:

Tabel 2.2 Batas Kenaikan Temperatur Trafo Dengan Isolasi Kelas F

<i>Deteksi</i>	<i>Alarm</i>	<i>Trip</i>	<i>Batas</i>
Di minyak	95 °C	110 °C	135 °C (ambient temp. 35 °C) t = 100 °C
Di kumparan	115 °C	135 °C	

t = kenaikan temperature, didasarkan standar IEC

Suhu-suhu tertinggi menurut standart VDE dapat dilihat pada Tabel 2.3 berikut ini:

Tabel 2.3. Suhu-Suhu Tertinggi Menurut Standar VDE

<i>Bagian Transformator</i>	<i>Kelas Isolasi</i>					
	<i>A</i>	<i>Ao</i>	<i>E</i>	<i>B</i>	<i>F</i>	<i>H</i>
Kumparan °C	60	76	75	85	110	135
Minyak pada lapisan atas °C		70				

Batas tegangan lebih yang diijinkan menurut SPLN 1 : 1978 dan IEC 71 dapat dilihat pada Tabel 1-6 berikut ini:

Tabel 2.4. Batas Tegangan Lebih Menurut SPLN 1: 1978 dan IEC71

<i>Teg. Nominal (kV)</i>	<i>Teg. Yg diijinkan (kV)</i>	<i>Teg. Nominal (kV)</i>	<i>Teg. Yg diijinkan (kV)</i>
500	525	20	21
150	157,5	12	12,6
70	72,5	6	6,3
30	31,5	-	-

Batas Faktor pembebanan lebih trafo menurut VDE dapat dilihat pada Tabel 2.5 berikut ini:

Tabel 2.5. Batas Faktor Pembebanan Lebih Trafo Menurut VDE

Load Faktor	% Over load				
	10 %	20 %	30 %	40 %	50 %
	Jam	Jam	Jam	Jam	Jam
0,5	3	1,5	1	30	15
0,75	2	1	0,5	15	8
0,9	1	0,5	0,25	8	4

Batas-batas tahanan isolasi kumparan trafo. Menurut VDE minimum besarnya tahanan isolasi kumparan trafo pada suhu operasi dapat dihitung sebagai berikut:

$$1 \text{ KV} = 1 \text{ M ohm}$$

Dengan catatan: 1 kV = besarnya tegangan fasa terhadap tanah

$$\text{Kebocoran arus yang diijinkan setiap kV} = 1 \text{ mA}$$

f. Sakelar Pemisah (PMS) atau Disconnecting Switch (DS)

Berfungsi untuk mengisolasi peralatan listrik dari peralatan lain atau instalasi lain yang bertegangan. PMS ini boleh dibuka atau

ditutup hanya pada rangkaian yang tidak berbeban. Mengenai Sakelar pemisah akan dibahas pada postingan selanjutnya.

g. Sakelar Pemutus Tenaga (PMT) atau Circuit Breaker (CB)

Berfungsi untuk menghubungkan dan memutuskan rangkaian pada saat berbeban (pada kondisi arus beban normal atau pada saat terjadi arus gangguan). Pada waktu menghubungkan atau memutuskan beban, akan terjadi tegangan recovery yaitu suatu fenomena tegangan lebih dan busur api, oleh karena itu sakelar pemutus dilengkapi dengan media peredam busur api tersebut, seperti media udara dan gas SF₆.

h. Sakelar Pentanahan

Sakelar ini untuk menghubungkan kawat konduktor dengan tanah / bumi yang berfungsi untuk menghilangkan/mentanahkan tegangan induksi pada konduktor pada saat akan dilakukan perawatan atau pengisolasian suatu sistem. Sakelar Pentanahan ini dibuka dan ditutup hanya apabila sistem dalam keadaan tidak bertegangan (PMS dan PMT sudah membuka)

i. Kompensator

Kompensator didalam sistem Penyaluran tenaga Listrik disebut pula alat pengubah fasa yang dipakai untuk mengatur jatuh tegangan pada saluran transmisi atau transformator, dengan mengatur daya reaktif atau dapat pula dipakai untuk menurunkan rugi daya dengan memperbaiki faktor daya.

j. Peralatan SCADA dan Telekomunikasi

Data yang diterima SCADA (*Supervisory Control And Data Acquisition*) interface dari berbagai masukan (sensor, alat ukur, relay, dan lain lain) baik berupa data digital dan data analog dan dirubah dalam bentuk data frekwensi tinggi (50 kHz sampai dengan

500 kHz) yang kemudian ditransmisikan bersama tenaga listrik tegangan tinggi.

k. Rele Proteksi dan Papan Alarm (Annunciator)

Rele proteksi yaitu alat yang bekerja secara otomatis untuk mengamankan suatu peralatan listrik saat terjadi gangguan, menghindari atau mengurangi terjadinya kerusakan peralatan akibat gangguan dan membatasi daerah yang terganggu sekecil mungkin.

D. Aktifitas Pembelajaran

Aktifitas belajar dibagi menjadi dua aktifitas, yakni aktifitas instruktur dan aktifitas peserta didik, berikut uraian aktifitas belajar instruktur dan peserta didik.

No	Kegiatan	Aktifitas Instruktur	Aktifitas Peserta Didik
1	Pembuka	<ul style="list-style-type: none">• Membuka pelajaran• Menjelaskan tujuan pembelajaran dan indikator ketercapaian kompetensi	Mendengarkan dan mengikuti
2	Inti	Menjelaskan materi pengantar	Mendengarkan
		Mengamati dan mengontrol kegiatan diskusi yang berlangsung	Berdiskusi

		Menjelaskan kembali materi diskusi dan memperjelas hasil diskusi yang telah berlangsung	Mendengarkan dan mencatat Merangkum hasil diskusi
		Membuka sesi tanya jawab	Mengajukan pertanyaan
3	Penutup	<ul style="list-style-type: none"> • Menjelaskan kesimpulan dari hasil diskusi • Menutup pembelajaran 	Mendengar dan mengikuti dengan cermat

E. Latihan/tugas

1. Jelaskan apa fungsi bussing!
2. Apa yang dimaksud dengan *Ground Switch*!
3. Jelaskan pengertian *Line Switch*!
4. Apa yang dimaksud dengan *Circuit Switcher (C/S)*!
5. Jelaskan pengertian *Voltage Regulator*!

F. Rangkuman

1. Gardu Induk adalah suatu instalasi listrik mulai dari TET (Tegangan Ekstra Tinggi), TT (Tegangan Tinggi) dan TM (Tegangan Menengah) yang terdiri dari bangunan dan peralatan listrik.
2. Rel (busbar) merupakan titik hubungan pertemuan (connecting) antara transformator daya, SUTT/ SKTT dengan komponen listrik lainnya, untuk menerima dan menyalurkan tenaga listrik.

3. Tegangan lebih yang diakibatkan karena pelepasan muatan oleh petir disebut sebagai tegangan lebih luar. Tegangan lebih ini mempunyai bentuk gelombang *aperiodik* yang diredamkan seperti pada waktu pelepasan muatan sebuah kapasitor melalui sebuah tahanan yang induktif.
4. Besarnya tegangan impuls yang harus diterapkan pada alat-alat listrik untuk menguji ketahanan terhadap petir ditetapkan dalam standar.
5. Transformator instrument berfungsi untuk mencatu instrument ukur (meter) dan relai serta alat-alat serupa lainnya. Transformator ini terdapat dua jenis yaitu transformator arus (CT) dan transformator tegangan (PT).
6. Rele proteksi yaitu alat yang bekerja secara otomatis untuk mengamankan suatu peralatan listrik saat terjadi gangguan, menghindari atau mengurangi terjadinya kerusakan peralatan akibat gangguan dan membatasi daerah yang terganggu sekecil mungkin.

F. Umpan Balik dan Tindak Lanjut

1. Rel (busbar) merupakan titik hubungan pertemuan (connecting) antara transformator daya berfungsi untuk:
 - a. menerima dan menyalurkan tenaga listrik
 - b. memutuskan hubungan tenaga listrik
 - c. pengaman
 - d. menghubungkan atau memutus saluran pada *incoming* trafo
2. Peralatan yang digunakan sebagai pengaman ketika dilakukan perbaikan pada peralatan yang ada di gardu induk adalah:
 - a. Circuit Switcher (C/S)
 - b. Trafo daya
 - c. Line switch
 - d. Ground switch

3. Bussing berfungsi sebagai:
 - a. menghubungkan atau memutus saluran pada *incoming* trafo
 - b. menggerakkan kontak bergerak untuk pemutusan dari PMT
 - c. isolasi antara bertegangan dengan beban
 - d. sebagai penurun (step-down) ataupun penaik (step-up) tegangan dan arus

4. Alat pelindung bagi sistem tenaga listrik terhadap tegangan lebih yang disebabkan oleh petir atau surja hubung :
 - a. Panel kontrol
 - b. Arrester
 - c. Rel (busbar)
 - d. Pemisah (PMS)

5. Gardu induk yang memerlukan tempat terbuka yang cukup luas:
 - a. Gardu (GIS)
 - b. Gardu Induk Distribusi
 - c. Gardu Induk konvensional
 - d. Gardu Distribusi

Kunci Jawaban

a. Latihan/tugas

1. bussing berfungsi sebagai isolasi antara bertegangan dengan beban.
2. **Ground switch** merupakan peralatan yang digunakan sebagai pengaman ketika dilakukan perbaikan pada peralatan yang ada di gardu induk. Saat pengoperasian normal, *ground switch* dalam keadaan *open*, sedangkan saat akan dilakukan perbaikan, maka *ground switch* diclose agar tidak ada arus sisa yang mengalir pada peralatan.
3. **Line switch** merupakan peralatan yang digunakan untuk menghubungkan atau memutus saluran pada *incoming* trafo. Saat pengoperasian normal, *line switch* dalam keadaan *close*, sedangkan saat akan dilakukan perbaikan maka *line switch* diopen agar tidak ada lagi arus yang mengalir ke CB.
4. **Circuit Switcher (CIS)** Merupakan jenis *breaker* yang hanya mempunyai kemampuan untuk memutuskan arus, baik dalam kondisi gangguan ataupun dalam kondisi normal, tapi tidak mempunyai kemampuan untuk menutup rangkaian listrik secara otomatis (*reclosing*). Sehingga *circuit switcher* hanya dipakai untuk proteksi peralatan yang tidak mengizinkan untuk reclose jika ada gangguan, misalnya untuk proteksi trafo daya.
5. **Voltage regulator** pada dasarnya adalah transformator yang memiliki belitan satu belitan untuk primer dan sekunder yang tergolong autotransformer. Karena mekanisme dasarnya dari transformer, voltage regulator bekerja menaikkan dan menurunkan tegangan sesuai dengan tegangan yang dibutuhkan pengguna, apakah lebih baik tinggi atau rendah.

b. Umpan Balik dan Tindak Lanjut

1. a
2. d
3. c
4. b
5. c

Kegiatan Pembelajaran KB - 3

Pemeriksaan dan Pengujian Hasil Pemasangan Instalasi Gardu Induk Sistem Tenaga Listrik

A. Tujuan

Setelah mempelajari kegiatan pembelajaran ini peserta diklat diharapkan mampu:

1. Menjelaskan komponen (bagian-bagian) sipil & mekanikal gardu induk
2. Menjelaskan komponen (bagian-bagian) listrik gardu induk
3. Menyusun prosedur pemeriksaan dan pengujian hasil pemasangan instalasi gardu induk sistem tenaga listrik

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

Mampu menyusun prosedur pemeriksaan dan pengujian hasil pemasangan instalasi gardu induk sistem tenaga listrik

C. Uraian Materi

1. Menyusun Prosedur Pemeriksaan dan Pengujian Hasil Pemasangan Instalasi Gardu Induk Sistem Tenaga Listrik

- a. Pengukuran Tahanan Isolasi Trafo

Pengukuran tahanan isolasi adalah suatu proses pengukuran dengan suatu alat ukur insulation tester (Megger) untuk memperoleh hasil atau besaran atau nilai tahanan isolasi belitan yang bertegangan dengan body atau case, maupun antara belitan primer dengan sekunder dan tertier (bila ada). Tujuan pengukuran tahanan isolasi adalah untuk mengetahui besarnya kebocoran arus yang terjadi pada kumparan primer, sekunder maupun tersier.

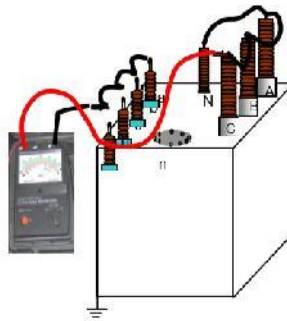
Pelaksanaan Pengukuran

Tahanan isolasi yang harus diukur adalah antara :

- 1) Kumparan primer dengan kumparan sekunder
- 2) Kumparan Primer ke tanah
- 3) Kumparan Sekunder ke tanah

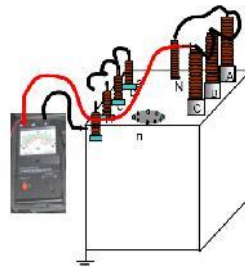
Langkah pengukuran adalah sebagai berikut:

- 1) Lepas konduktor pada terminal bushing primer, sekunder dan pentanahan titik netral trafo
- 2) Hubung singkatkan semua terminal bushing sisi primer (R, S, T, N)
- 3) Hubung singkatkan semua terminal bushing sisi sekunder (r, s, t, n)
- 4) Buat rangkaian seperti gambar untuk pengukuran Primer – Sekunder



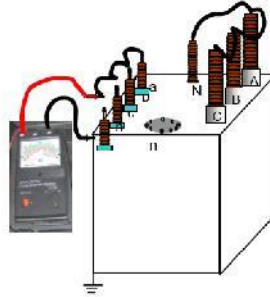
Gambar 3.1. Pengukuran Primer-Sekunder (Sumber: PLN PUSDIKLAT)

- 5) Buat rangkaian pengukuran seperti gambar dibawah untuk pengukuran Primer ke tanah



Gambar 3.2. Pengukuran Primer ke Tanah (Sumber: PLN PUSDIKLAT)

- 6) Buat rangkaian pengukuran seperti gambar dibawah untuk pengukuran Sekunder ke tanah



Gambar 3.3. Pengukuran Sekunder ke Tanah (Sumber: PLN PUSDIKLAT)

Untuk masing–masing pengukuran lakukan selama 10 menit, catat hasil pengukuran yang ditunjuk oleh alat ukur setelah pada menit ke-1 (pertama) dan hasil pengukuran pada menit ke-10 (kesepuluh) Untuk keamanan, buang muatan yang tersisa didalam kumparan primer ataupun sekunder dengan cara menghubungsingkatkan terminal bushing 20kV dan 150 kV ke ground/body trafo menggunakan kabel berisolasi.

Dari hasil pengukuran hitung Indek Polaritas (IP) untuk masing-masing pengukuran. IP dihitung dengan cara membagi hasil pengukuran pada menit ke-10 (sepuluh) dengan hasil pengukuran selama pada menit ke-1 (pertama).

$$IP = M(10) / M(1)$$

Interprestasi hasil pengukuran IP dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 3.1. Index Polarisasi

No	Index Polarisasi (IP)	Kondisi
1	<1,00	Berbahaya
2	1,00 – 1,10	Jelek
3	1,10 – 1,25	Dipertanyakan
4	1,25 – 2,00	Baik
5	>2,00	Sangat Baik

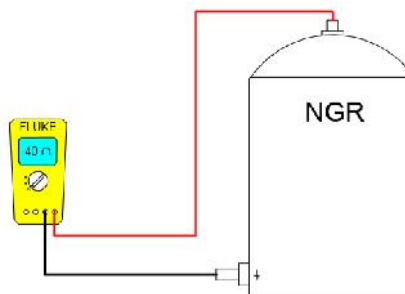
b. Pengukuran Tahanan Pentanahan

Pengukuran tahanan pentanahan dibagi dalam dua bagian yaitu:

- 1) Pengukuran tahanan NGR
- 2) Pengukuran tahanan tanah

Langkah Pengukuran tahanan NGR

- 1) Buka konduktor pada terminal bushing 20 kV NGR dan terminal pentanahan, kemudian bersihkan terminal tersebut.
- 2) Ukur tahanan dari NGR seperti pada rangkaian Gambar 5-24 berikut.
- 3) Bandingkan hasil pengukuran dengan nilai NGR pada name plate.



Gambar 3.4. Pengukuran NGR (Sumber: PLN PUSDIKLAT)

Pengukuran Tahanan Tanah

Pentanahan peralatan dan pentanahan sistem tenaga listrik dipengaruhi oleh tahanan tanah di GI tersebut. Sistem pentanahan di GI biasanya di buat dalam sistem mesh untuk mendapatkan tahanan pentanahan yang sekecil mungkin. Tahanan tanah ditentukan oleh kondisi tanah itu sendiri. Tanah kering, berbatu nilai tahanan tanhnya akan lebih besar dibanding tanah basah.

Langkah Pengukuran Tahanan Pentanahan (alat ukur Kyoritsu)

- 1) Peralatan yang akan diukur Tahanan pentanahannya harus bebas tegangan, yaitu jika kita akan mengukur Tahanan Pentanahan titik Neutral Trafo / Solid Grounding, NGR, CT , LA dan CVT 2. Lepaskan terminal pentanahan dengan peralatan
- 2) Bersihkan ujung pentanahannya dan terminalnya
- 3) Lakukan pengukuran nilai tahanan peralatan dengan langkah sbb:
 - a) Hubungkan kabel alat ukur (Terminal E) ke terminal pentanahan
 - b) Hubungkan kabel alat ukur (Terminal C) ketanah dengan jarak 5 – 10 meter dari alat ukur dengan menggunakan road yang ditancapkan
 - c) Hubungkan kabel alat ukur (Terminal P) ketanah dengan jarak 5-10 meter antara ujung kabel kuning dengan ujung kabel merah dengan memakai road yang ditancapkan ketanah.
- 4) Nilai pentanahan peralatan yang diukur dan kedua elektroda tersebut harus berada pada suatu garis lurus (segaris).
- 5) Operasikan alat ukur dengan memeriksa batere dari alat tersebut.
- 6) Putar selector tahanan untuk melihat nilai tahanan peralatan dengan menjaga jarum pada galvanometer tetap ditengah.
- 7) Amati hasil pengujian masukkan dalam test report sebanyak 3 kali kearah lain hasil akhir adalah rata-rata dari total pengukuran tersebut.
- 8) Pengukuran selesai, lanjutkan dengan penyambungan kembali pentanahan keterminal yang kita lepas.
- 9) Kembalikan alat-alat yang telah dipakai seperti semula.

c. Pengukuran Tangen δ

Pengukuran tangen δ delta, pada prinsipnya adalah mengukur arus bocor kapasitif pada transformator. Trafo dianggap sebagai kapasitor murni.

Pada kapasitor, apabila dialiri arus bolak-balik (AC) maka arus akan mendahului tegangan sebesar 90° . $I_c = \omega C V$.

Oleh karena kehilangan daya dielektrik, sudut arus mendahului tegangan tidak lagi 90 derajat. Faktor daya dari kapasitor adalah $\cos \phi$. Dan ϕ adalah sudut fasa dari kapasitor. Sudut kehilangan daya (loss angle) adalah $\delta = 90 - \phi$. Sehingga faktor daya bisa ditulis sebagai $\sin \phi$.

Kehilangan daya karena kapasitor yang tidak sempurna besarnya adalah:

$$PD = V I \cos \phi = V I \sin \delta$$

Komponen kapasitor yang tidak sempurna besarnya adalah $I_c = I \cos \delta = I \omega C V$. Sehingga

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

d. Pengujian Kekuatan Dielektrika dan Kualitas Minyak Standar

Tujuan pengujian adalah untuk mengukur kemampuan minyak trafo mengisolasi tegangan. Umur trafo sangat ditentukan oleh umur sistem isolasinya, oleh karena itu adalah sangat penting memelihara minyak trafo sebagai salah satu media isolasi trafo. Beberapa macam pengujian diperlukan untuk mengetahui kondisi minyak trafo tersebut diantaranya:

- 1) Tegangan tembus
- 2) Kandunganair
- 3) Teganganpermukaan
- 4) Spesificresistance
- 5) Keasaman
- 6) Viscosity
- 7) Flashpoint
- 8) Pour point
- 9) Density
- 10) Sludge
- 11) Ashcontent

Beberapa pengujian harus dilakukan di laboratorium, satu mata uji yang bisa dan biasa dilakukan di lapangan adalah pengujian tegangan tembus. Pengujian yang lain biasa disebut dengan *Standard Quality Oil Test*. Batasan hasil pengujian minyak standard pada tabel 4.4 berikut:

Tabel 3.2. hasil Tes Pengujian Minyak

Sifat Minyak Isolasi	Satuan	Spesifikasi	Metode Uji
Kejernihan (<i>Appearance</i>)	-	Jernih	IEC 296
Massa jenis (<i>density</i>) 20° C	g/cm ³	≤ 0,895	IEC 296
Viskositas kinematik (<i>kinematic viscosity</i>) :			
20° C	cSt	≤ 25	IEC 296
-15° C	cSt	-	IEC 296
-30° C	cSt	≤ 1800	IEC 296
Titik nyala (<i>Flash point</i>)	°C	≥ 130	IEC 296A
Titik tuang (<i>Pour point</i>)	°C	≤ - 40	IEC 296
Angka kenetralan (<i>neutralization number</i>)	mg KOH/g	< 0,03	IEC 296
Kandungan air (<i>Water content</i>)	ppm	<25	ISO 760-1978 (E)
Tegangan tembus (<i>Breakdown Voltage</i>)	kV/2,5 mm	≥ 50	IEC 156 & IEC 296
Faktor kebocoran dielektrik (<i>Dielectric Dissipation factor</i>)	-	≤ 0,05	IEC 250
Stabilitas oksidasi (<i>Oxydation stability</i>)			IEC 474 & 74
- Kenetralan	mg KOH	≤ 0,40	
- Kotoran	%	≤ 0,10	

e. Pengujian Tegangan Tembus (Break down Voltage)

Pengujian tegangan tembus adalah pengujian minyak trafo dengan memberi tegangan pada frekwensi sistem. Dua

elektroda dipasang pada jarak tertentu (2,5mm) dan diberi tegangan secara bertahap dari rendah ke tinggi sampai minyak trafo mengalami flashover.

Dalam satu trafo diambil dua sampel, minyak bagian atas dan bagian bawah trafo. Standard hasil pengujian adalah sbb:

Tabel 3.3. Tabel Tegangan Tembus / Break down Voltage Sesuai IEC 156

Tegangan Operasi Trafo (kV)	Jarak Gap (mm)	Nilai Minimum (kV)
$U_n \leq 36$	2,5	30
$36 < U_n \leq 70$	2,5	35
$70 < U_n \leq 170$	2,5	40
$170 < U_n$	2,5	45

Standard yang biasa digunakan dilapangan adalah untuk trafo yang sudah dipakai adalah 40kV / 2,5mm dan minyak baru adalah 50kV / 2,5mm.

1) Oil Treatment

Apabila hasil pengujian tidak memenuhi standard, minyak bisa ditreatment dengan menggunakan Oil Perification. Peralatan ini mempunyai beberapa tahap perlakuan (treatment) diantaranya:

a) Filtering

Menggunakan filter yang berfungsi untuk menyaring material asing yang ada dalam minyak, misalkan sobekan kertas selulosa, rontokan cat, bangkai ular, bangkai burung, bangkai biawak, tusuk gigi, bungkus nasi, buku manual dan lain-lain.

b) Pemanasan

Menggunakan heater dengan tujuan untuk membuang air yang terkandung dalam minyak trafo. Minyak trafo dipanaskan sehingga mencapai suhu 70°C – 80°C . Diharapkan air yang terkandung pada minyak trafo dapat menguap dan terpisah dari minyak trafo. Tetapi secara teori dan kenyataan lapangan, air baru akan menguap pada suhu 100°C pada tekanan 1 atm. Menaikkan suhu sampai suhu mencapai 100°C atau lebih berkemungkinan dapat menyebabkan minyak atau peralatan oil purification rusak. Untuk itu diperlukan satu proses lagi yaitu vacuum.

c) Vacuum

Pada tekanan kurang 1atm,dengan suhu dibawah 100°C ,air sudah bisa berubah menjadi uap dan terpisah dengan minyak trafo.

d) Sentrifugal

Proses ini dilakukan dengan cara memutar minyak trafo dalam satu wadah.Diharapkan material yang berat jenisnya lebih berat dari minyak trafo, misalkan beram tembaga, lumpur, karat dan lain-lain, bisa terkumpul di tengah wadahsehingga mudah dipisahkan dari minyak trafo.

e) Fuller Earth

Proses ini bertujuan memisahkan asam yang terdapat dalam minyak trafo. Carakerjanya adalah material fuller earth akan mengikat asam yang adadalam minyak trafo seperti halnya silicagel mengikat air/uap air dari udara.

f) Pengukuran DGA

Suatu analisa secara kualitatif maupun kuantitatif gas terlarut pada minyak isolasi trafo, untuk mengetahui dan menganalisa ketidak normalan yang terjadi pada bagian dalam / internal trafo. Analisa ini dilakukan dengan peralatan yang bernama Gas Chromatograph.

Tabel 3.4. Jenis Gas Terlarut pada Minyak Isolasi Trafo dan Daya Larut.

JENIS GAS	SYMBOL	DAYALARUT	SIFAT
Hydrogen	H ₂	7,0%	Combustible
Nitrogen	N ₂	8,6%	Combustible
Carbon Monoxide	CO	9,0%	Combustible
Oxygen	O ₂	16,0 %	Combustible
Methane	CH ₄	30,0 %	
Carbon Dioxide	CO 2	120,0% 280,0%	Combustible
Etahane	C ₂ H ₆	280,0%	
Ethylene	C ₂ 4		

f. Interpretasi Data

Setelah diperoleh data jenis gas yang diproduksi didalam tangki trafo, maka untuk mengetahui jenis ketidaknormalan atau gangguan yang terjadi, dilakukan interpretasi atas data-data tersebut.

Tabel interpretasi Kandungan Gas Terlarut yang sering digunakan dibagi berdasarkan 4 (empat) bagian tabel, yaitu:

- 1) Interpretasi data berdasarkan gas yang diproduksi

Tabel 3.5. Interpretasi Data Berdasarkan Gas yang Diproduksi

GAS TERDETEKSI	INTERPRETASI
Nitrogen dan kurang atau lebih 5 % Oksigen	Trafo operasi normal
Nitrogen dan lebih 5 % Oksigen	Periksa kebocoran pada seal dan kran-kran
Nitrogen dan Carbon Dioksida, atau Karbon Monoksida atau keduanya	Trafo beroperasi dengan beban lebih atau beroperasi dengan suhu tinggi, yang mengakibatkan isolasi kertas mengalami kerusakan
Nitrogen dan Hidrogen	Terjadi Corona, lektroisa air atau terdapat karat
Nitrogen, Hidrogen, Karbon Dioksida dan Karbon Monoksida	Terjadi corona pada isolasi kertas atau terjadi pembebanan lebih pada trafo
Nitrogen, Hidrogen, Methan dan sedikit Ethane dan Ethelene	Terjadi loncatan bunga api kecil (sparking) atau ada sebagian kecil minyak isolasi yang breakdown
Nitrogen, Hidrogen, Methan dan Karbon Dioksida, Karbon Monoksida, dan sedikit Hidrokarbon (sedikit acythlene tidak terdeteksi)	Terjadi loncatan bunga api kecil (sparking) atau ada sebagian kecil isolasi kertas yang rusak

2) Interpretasi data berdasarkan kandungan gas kunci

Tabel 3.6. Interpretasi Data Berdasarkan Kandungan Gas Kunci

KondisiTrafo	Gas Kunci
Arcing pada minyak isolasi	Acethylene
Corona pada minyak isolasi	Hydrogen
Overheating pada minyak isolasi	Ethylene
Overheating pada Isolasi kertas	Carbon Monoksida

3) Interpretasi data gas berdasarkan combustible gas

Tabel 3.7. Interpretasi Data Gas Berdasarkan Combustible Gas

Total combustible gas 0 – 500 ppm :	Trafo beroperasi dengan normal
Total combustible gas 500 - 1000 ppm :	Terjadi dekomposisi minyak isolasi, kemungkinan akibat proses operasi penuaan usia.
Total combustible gas 1000 - 2500 ppm :	Terjadi dekomposisi tingkat tinggi minyak isolasi, harus dilihat trend kenaikannya setiap saat.
Total combustible gas > 2500 ppm :	Terjadi dekomposisi sangat tinggi minyak isolasi, trafo harus keluar Operasi, adakan pemeriksaan detail.

3. Interpretasi data gas menggunakan ratio rogers

Tabel 3.8. Interpretasi Data Gas Menggunakan Ratio Rogers

CASE (KASUS)	R2	R1	R5	Suggested Fault Diagnosis (Diagnosa gangguan yang diperkirakan)
	C2H2/C2H4	CH4/CH2	C2H4/C2H6	
1	< 0.1	> 0.1 < 1.0	< 0.1	Unit normal (Normal)
2	< 0.1	< 0.1	< 0.1	Low energi density arcing - Partial discharge (corona) (Energi kepadatan busur api rendah- telah terjadi korona dgn kapasitas rendah)
3	0.1 s/d 3.0	0.1 s/d 1.0	> 3	Arching - high density discharges (terjadi busur api dengan kepadatan pelepasan yang tinggi)
4	< 0,1	> 0.1 < 1.0	1.0 s/d 3.0	Low temperature thermal over heating (mengalami pemanasan berlebih tapi tidak terlalu signifikan)
5	> 0.1	> 0.1	1.0 s/d 3.0	High tempertaure thermal overheating - less than 700°C (mengalami pemanasan berlebih s.d. 700°C)
6	> 0.1	> 0.1	> 3.0	High tempertaure thermal overheating - more than 700°C (mengalami pemanasan lebih diatas 700°C)

D. Aktifitas Belajar

Aktifitas belajar dibagi menjadi dua aktifitas, yakni aktifitas instruktur dan aktifitas peserta didik, berikut uraian aktifitas belajar instruktur dan peserta didik.

No	Kegiatan	Aktifitas Instruktur	Aktifitas Peserta Didik
1	Pembuka	<ul style="list-style-type: none"> • Membuka pelajaran • Menjelaskan tujuan pembelajaran dan indikator ketercapaian kompetensi 	Mendengarkan dan mengikuti
2	Inti	Menjelaskan materi pengantar	Mendengarkan
		Mengamati dan mengontrol kegiatan diskusi yang berlangsung	Berdiskusi
		Menjelaskan kembali materi diskusi dan memperjelas hasil diskusi yang telah berlangsung	Mendengarkan dan mencatat Merangkum hasil diskusi
		Membuka sesi tanya Jawab	Mengajukan pertanyaan
3	Penutup	<ul style="list-style-type: none"> • Menjelaskan kesimpulan dari hasil diskusi • Menutup pembelajaran 	Mendengar dan mengikuti dengan cermat

E. Rangkuman

1. Circuit breaker (CB) Adalah peralatan pemutus, yang berfungsi untuk memutus rangkaian listrik dalam keadaan berbeban (berarus).CB dapat dioperasikan pada saat jaringan dalam kondisi normal maupun pada

saat terjadi gangguan. Karena pada saat bekerja, CB mengeluarkan (menyebabkan timbulnya) busur api, maka pada CB dilengkapi dengan pemadam busur api.

2. Disconnecting switch (DS) Adalah peralatan pemisah, yang berfungsi untuk memisahkan rangkaian listrik dalam keadaan tidak berbeban. Dalam GI, DS terpasang di :a. Transformator Bay (TR Bay).b. Transmission Line Bay (TL Bay).c. Busbar.d Bus Couple.
3. Gedung kontrol (control building) Berfungsi sebagai pusat aktifitas pengoperasian gardu induk. Pada gedung kontrol inilah operator bekerja mengontrol dan mengoperasikan komponen-komponen yang ada di gardu induk.
4. Tujuan pengukuran tahanan isolasi adalah untuk mengetahui besarnya kebocoran arus yang terjadi pada kumparan primer, sekunder maupun tertier. Pengukuran tahanan isolasi digunakan untuk mengetahui aman atau tidaknya suatu trafo untuk diberi tegangan

F. Tes formatif

1. Sebutkan dan jelaskan jenis-jenis pengujian hasil pemasangan instalasi gardu induk sistem tenaga listrik!
2. Jelaskan apa yang dimaksud dengan arrester!
3. Jelaskan apa yang dimaksud dengan gedung control!
4. Jelaskan apa fungsi panel control!
5. Jelaskan cara kerja *Disconnecting Switch*!

G. Kunci Jawaban

1. Beberapa jenis pengujian hasil pemasangan instalasi gardu induk sistem tenaga listrik, antara lain :
 - a. Pengujian Individual
 - 1) Pengujian untuk mencocokkan kesesuaian karakteristik dan rujukan, atau
 - 2) Pengujian untuk mengetahui apakah kondisi peralatan telah berfungsi dengan baik atau tidak.
 - b. Pengujian atau Pengukuran Tahanan Pembumian:
 - 1) Untuk mengetahui apakah nilai tahanan pembumian telah memenuhi standar (ketentuan yang berlaku).
 - c. Pengujian Tegangan Tinggi (Dielectric Test) :
 - 1) Untuk menilai keadaan isolasi dari perlengkapan atau komponen instalasi yang dirakit atau mengalami pekerjaan di lapangan.
 - d. Pengujian sistem pengamanan dan kontrol (Protection & Control) :
 - 1) Untuk meyakinkan apakah peralatan pengamanan dan kontrol telah berfungsi dengan baik secara sistem.
2. Arrester adalah alat pelindung bagi sistem tenaga listrik terhadap tegangan lebih yang disebabkan oleh petir atau surja hubung (switching surge). Alat ini digunakan sebagai jalan pintas (by-pass) sekitar isolasi.
3. Gedung kontrol adalah berfungsi sebagai pusat aktifitas pengoperasian gardu induk. Pada gedung kontrol inilah operator bekerja mengontrol dan mengoperasikan komponen-komponen yang ada di gardu induk.
4. Panel kontrol (*control panel*) Berfungsi untuk mengetahui (mengontrol) kondisi gardu induk dan merupakan pusat pengendali lokal gardu induk.

5. Cara kerja Disconnecting Switch atau pemisah pada dasarnya hampir sama dengan circuit breaker namun perbedaannya adalah pemisah tidak dapat memutuskan arus gangguan. Pemisah lebih sering digunakan untuk maintenance gardu induk, untuk memastikan kalau system tidak bertegangan.

Kegiatan Pembelajaran KB - 4

Urutan Fasa Pemasangan Instalasi Gardu Induk Sistem Tenaga Listrik

A. Tujuan

Mampu Memeriksa urutan fasa pemasangan instalasi gardu induk sistem tenaga listrik

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

Mampu Memeriksa urutan fasa pemasangan instalasi gardu induk sistem tenaga listrik

C. Uraian Materi

1. Kawat Penghantar Tiga Fasa

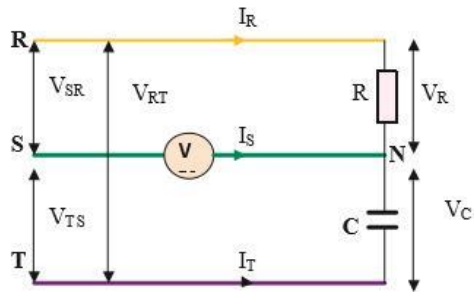
Sebuah sumber berfasa tiga adalah sumber yang mempunyai tiga tegangan yang sama, tetapi berbeda fasa 120° terhadap satu sama lain. Dari ketiga macam fasa terdapat bermacam-macam notasi, yaitu :

Fasa I : 1 atau A atau R

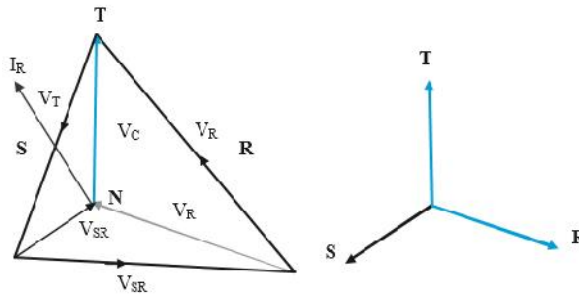
Fasa II : 2 atau B atau S

Fasa III : 3 atau C atau T

Untuk mengetahui mana fasa R, fasa S, atau fasa C dapat digunakan dengan metode sebagai berikut :

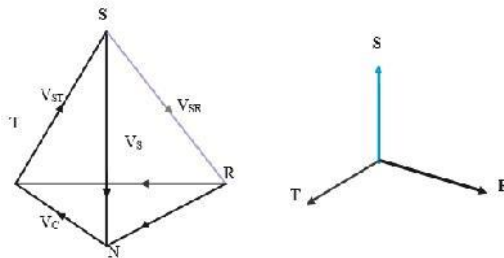


Gambar 4.1. Metode menentukan urutan fasa dengan R dan C (Sumber: PLN PUSDIKLAT)



Gambar 4. 2. Phasor Diagram Saat Urutan Fasa (Sumber: PLN PUSDIKLAT)

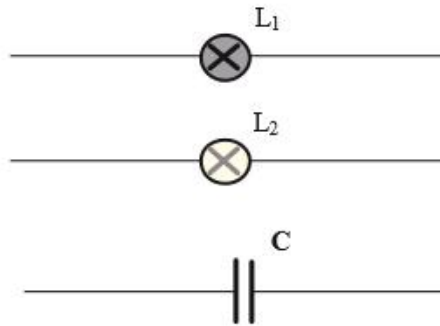
Jika urutan fasa seperti gambar 4.2 (urutan yang benar) maka besarnya tegangan yang terukur pada volt meter SN lebih kecil dari harga-harga V_C dan V_R atau lebih kecil dari V_{RT} . I_R mendahului V_{RT} dengan sudut 45° dan berada di dalam segitiga tegangan. Jika fasa R dan T dibalik akan diperoleh urutan fasa yang terbalik (perhatikan gambar 4.3)



Gambar 4.3. Phasor Diagram Saat Urutan Fasa (Sumber: PLN PUSDIKLAT)

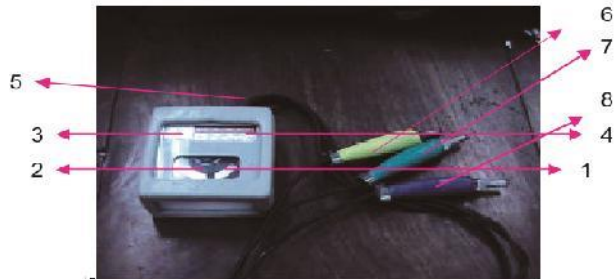
(Gambar 4.2) IR tetap mendahului VRT, tetapi berada di luar segitiga tegangan. Hal ini mengakibatkan besarnya tegangan SN (tegangan pada voltmeter) jauh lebih besar dibanding dengan tegangan VRT (tegangan Line).

Disamping metode di atas dapat juga digunakan metode lain, yaitu dengan menggunakan dua buah lampu pijar dengan daya yang sama dan sebuah kapasitor. Indikasi urutan fasa ditunjukkan dengan kondisi : Lampu yang terang merupakan urutan fasa I Lampu yang redup merupakan urutan fasa II Pada C adalah urutan fasa III.



Gambar 4.4. Metode Menentukan Urutan Fasa Dengan Lampu (Sumber: PLN PUSDIKLAT)

Adapun alat ukur yang digunakan untuk mengetahui urutan fasa adalah indikator test urutan fasa. Gambar 4.4 menggambarkan konstruksi indikator test urutan fasa.



Gambar 4.5. Konstruksi Indikator Test Urutan Fasa (Sumber: PLN PUSDIKLAT)

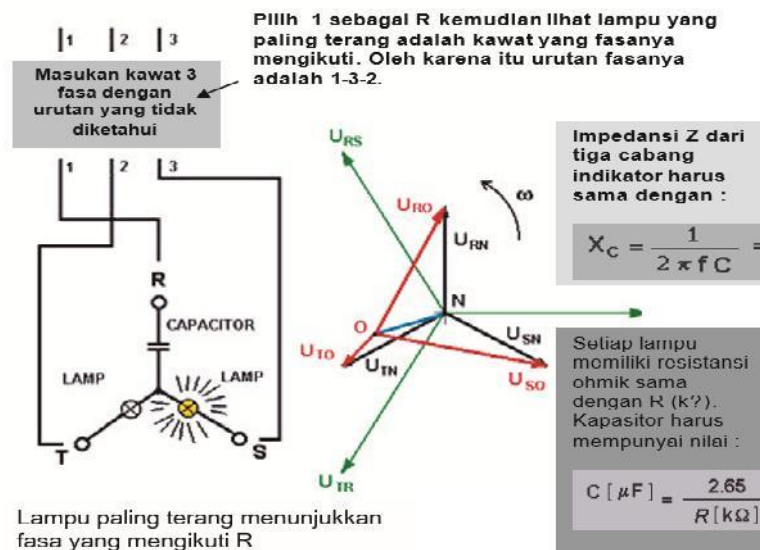
Seperti ditunjukkan pada gambar 4.5, alat ukur indikator test urutan bagian-bagian externalnya dijelaskan sebagai berikut :

Piringan yang berputar

- 1) Arah panah piringan yang berputar
- 2) Range tegangan yang tersedia
- 3) Range frekuensi yang tersedia
- 4) Kabel penghubung dari indikator test urutan fasa ke masing-masing fasa
- 5) Fasa R atau 1 atau A warna kuning
- 6) Fasa S atau 2 atau B warna hijau
- 7) Fasa T atau 3 atau C warna ungu

2. Prinsip Dasar Alat Indikator Urutan Fasa

Indikator urutan fasa ini mampu untuk menentukan urutan sistem 3 fasa 3 kawat. Karena supply 3 fasa – 3 kawat harus diketahui urutannya. dengan indikator urutan fasa sederhana dapat menemukan fasa mana yang dipilih untuk diikuti dengan benar.



Gambar 4.6. Prinsip Indikator Urutan Fasa (Sumber: PLN PUSDIKLAT)

3. Cara kerja alat

Cara kerja rangkaian sangat sederhana berdasarkan phasor bidang kompleks. Menghubungkan tiga reaktansi yang sama nilainya ke dalam susunan sistem tiga bintang tanpa kabel netral. Jika semua reaktansi positif sistem akan seimbang dan tidak ada tegangan pada titik netral. Namun arus kapasitor akan tertinggal 90o terhadap tegangan, sehingga sistem tidak lama seimbang dan titik netral 0 mempunyai tegangan (V_{on}). Karena tegangan line konstan, fasa tegangan akan menyusun kembali dalam rangka memberi tegangan pada titik netral V_{on} . Secara matematis resolusi untuk 3 fasa – 3 kawat 3 X 220 V.

Sebagaimana yang terlihat percabangan dengan tegangan terbesar (asumsikan indikator telah dihubungkan dalam urutan yang benar RST). Cabang dengan 190 Volt, misal lampu akan lebih terang dari pada yang hanya 51 Volt. Oleh karena itu fasa yang mengikuti percabangan kapasitor adalah yang dihubungkan pada terminal dengan lampu yang paling terang. Juga mungkin perlu diketahui mengapa harus menggunakan lampu pijar dengan tegangan yang sama, dengan tegangan line misal 190 – 220 Volt. Karena jika digunakan lampu pijar indikator 127 Volt akan bekerja namun, tidak diinginkan untuk membeli lampu baru setiap menggunakan peralatan untuk pengujian.

Kapasitor juga dengan tegangan kerja AC dengan rating tegangan sama dengan dua kali tegangan line (menjadikan lebih aman). Tiga elemen dihubungkan dalam hubungan bintang namun tanpa kabel netral. Mengukur resistansi kontak ohmik R dari lampu pijar. Kondisi sesuai bila ketiga reaktansi sama, sehingga reaktansi kapasitip menjadi :

$$X_C = R \text{ and } X_c = 1 / (2 \cdot \pi \cdot f \cdot C)$$

$$\text{sehingga : } C = 1 / (2 \cdot \pi \cdot f \cdot R)$$

dengan R dalam kilo ohms,

C dalam mikro farad dan $f = 50 \text{ Hz}$, didapatkan nilai kapasitor

$$C [\mu F] = 1 / (0.12 \pi R) = 3.185 / R [\text{kohm}]$$

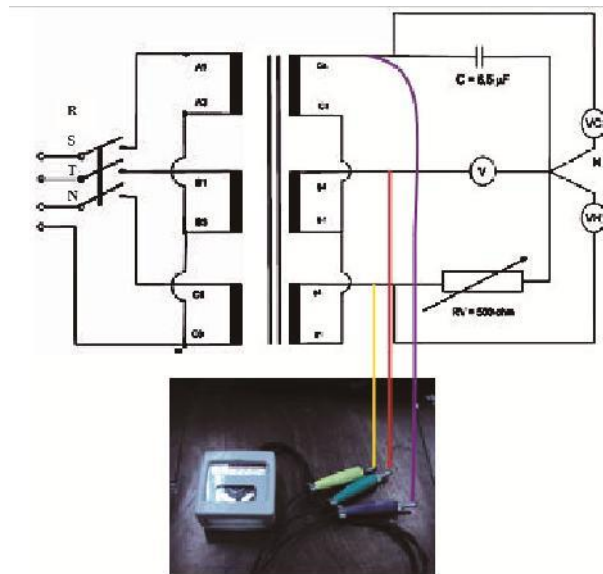


Gambar 4.7 Contoh Indikator Urutan Fasa Yang Lain

4. Prosedur Pengoperasian Alat

Gambaran prosedur pengoperasian indikator test urutan fasa sebagai berikut :

- a. Digunakan transformator tiga fasa, dengan rangkaian seperti gambar 4.8.

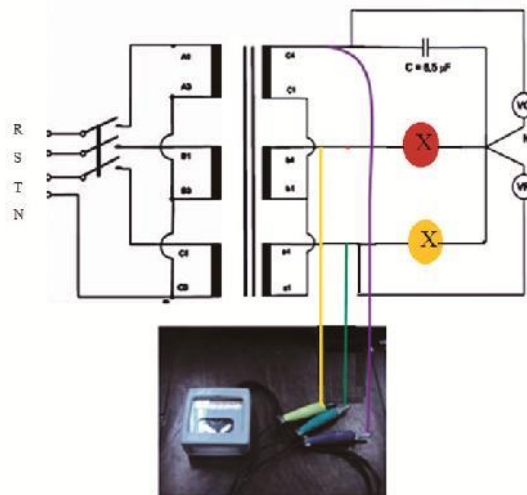


Gambar 4.8. Pengoperasian Indikator Test Urutan Fasa dengan R dan C pada Urutan Benar (Sumber: PLN PUSDIKLAT)

- b. Teliti rangkaian, jika telah yakin sumber tegangan AC 3 fasa dihubungkan. RV diatur hingga diperoleh harga $V_R = V_C$, kemudian catat besarnya tegangan penunjukan V_R , V_C dan V . Apabila besarnya V lebih kecil dari V

R dan V C, dan lead indikator urutan fasa dihubungkan dengan posisi R pada terminal a4 ;S pada terminal b4 ; dan T pada terminal c 4 , maka arah putaran piringan dari lead R S T N 204 indikator urutan fasa ke kanan (searah jarum jam). Dengan demikian urutan fasanya sudah betul, dan urutan fasanya adalah R S T.

- c. Selanjutnya sumber tegangan dimatikan, beban kapasitor dipindahkan pada terminal a4 ; resistor pada terminal c4. Lead indikator posisinya juga dipindahkan.



Gambar 4.9. Pengoperasian Indikator Test Urutan Fasa dengan Lampu pada Urutan Salah (Sumber: PLN Buku 4)

- d. Sumber tegangan 3 fasa dihidupkan, lampu yang terang LP2 dan yang redup LP1, arah putaran piringan dari lead indikator urutan fasa ke kiri (berlawanan arah jarum jam). Dengan demikian urutan fasanya salah, dan urutan fasanya adalah S R T.

D. Aktifitas Belajar

Aktifitas belajar dibagi menjadi dua aktifitas, yakni aktifitas instruktur dan aktifitas peserta didik, berikut uraian aktifitas belajar instruktur dan peserta didik.

No	Kegiatan	Aktifitas Instruktur	Aktifitas Peserta Didik
1	Pembuka	<ul style="list-style-type: none"> • Membuka pelajaran • Menjelaskan tujuan pembelajaran dan indikator ketercapaian kopetensi 	Mendengarkan dan mengikuti
2	Inti	Menjelaskan materi pengantar	Mendengarkan
		Mengamati dan mengontrol kegiatan diskusi yang berlangsung	Berdiskusi
		Menjelaskan kembali materi diskusi dan memperjelas hasil diskusi yang telah berlangsung	Mendengarkan dan mencatat Merangkum hasil diskusi
		Membuka sesi tanya jawab	Mengajukan pertanyaan
3	Penutup	<ul style="list-style-type: none"> • Menjelaskan kesimpulan dari hasil diskusi • Menutup pembelajaran 	Mendengar dan mengikuti dengan cermat

E. Rangkuman

1. Sebuah sumber berfasa tiga adalah sumber yang mempunyai tiga tegangan yang sama, tetapi berbeda fasa 120° terhadap satu sama lain. Dari ketiga macam fasa terdapat bermacam-macam notasi, yaitu :

Fasa I : 1 atau A atau R

Fasa II : 2 atau B atau S

Fasa III : 3 atau C atau T

2. Alat ukur yang digunakan untuk mengetahui urutan fasa adalah indikator test urutan fasa. Indikator urutan fasa ini mampu untuk menentukan urutan sistem 3 fasa 3 kawat. Karena supply 3 fasa – 3 kawat harus diketahui urutan fasanya. dengan indikator urutan fasa sederhana dapat menemukan fasa mana yang dipilih untuk diikuti dengan benar.
3. Dalam pengujian urutan fasa akan membutuhkan 2 lampu pijar dengan tegangan kerja sama dengan sistem tegangan line missal 3 X 380 Volt rating tegangan 380 Volt, dalam sistem 3 X rating 220 Volt. Kapasitor juga dengan tegangan kerja AC dengan rating tegangan sama dengan dua kali tegangan line (menjadikan lebih aman). Tiga elemen dihubungkan dalam hubungan bintang namun tanpa kabel netral. Mengukur resistansi kontak ohmik R dari lampu pijar

F. Tes formatif

1. Jelaskan apa yang dimaksud dengan Gardu induk dengan isolasi udara!
2. Sebutkan berapa Mentransformasikan daya listrik!
3. Jelaskan pengertian Gardu induk sistem satu setengah (on half) busbar.!
4. Jelaskan pengertian Gardu Induk Pasangan Luar!
5. Jelaskan apa yang dimaksud dengan Gardu Induk Pasangan Dalam!

G. Kunci Jawaban

1. Gardu induk dengan isolasi udara Merupakan gardu induk yang menggunakan isolasi udara antara bagian yang bertegangan yang satu dengan bagian yang bertegangan lainnya. Gardu induk ini berupa gardu induk konvensional memerlukan tempat terbuka yang cukup luas.
2. Mentransformasikan daya listrik :
 - a. Dari tegangan ekstra tinggi ke tegangan tinggi (500 KV/150 KV).
 - b. Dari tegangan tinggi ke tegangan yang lebih rendah (150 KV/ 70 KV).
 - c. Dari tegangan tinggi ke tegangan menengah (150 KV/ 20 KV, 70 KV/20 KV).
 - d. Dengan frekuensi tetap (di Indonesia 50 Hertz).
3. Gardu induk sistem satu setengah (on half) busbar Adalah gardu induk yang mempunyai dua (double) busbar. Pada umumnya gardu induk jenis ini dipasang pada gardu induk di pembangkit tenaga listrik atau gardu induk yang berkapasitas besar.
4. Gardu Induk Pasangan Luar adalah gardu induk yang sebagian besar komponennya di tempatkan di luar gedung, kecuali komponen kontrol, sistem proteksi dan sistem kendali serta komponen bantu lainnya, ada di dalam gedung.
5. Gardu Induk Pasangan Dalam adalah gardu induk yang hampir semua komponennya (switchgear, busbar, isolator, komponen kontrol, komponen kendali, cubicle, dan lain-lain) dipasang di dalam gedung. Kecuali transformator daya, pada umumnya dipasang di luar gedung.

Kegiatan Pembelajaran KB - 5

Memeriksa Hasil Pemasangan Komponen Utama, Komponen Bantu dan Instalasi Gardu Induk Sistem Tenaga Listrik

A. Tujuan

Mampu Memeriksa hasil pemasangan komponen utama, komponen bantu dan instalasi gardu induk sistem tenaga listrik

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

Mampu Memeriksa hasil pemasangan komponen utama, komponen bantu dan instalasi gardu induk sistem tenaga listrik

C. Uraian Materi

1. Karakteristik perlengkapan

Pada umumnya material-material utama perlengkapan distandarisir, disesuaikan dengan karakteristik perlengkapan untuk mempermudah stockmanajemen, mengurangi variasi penyediaan perlengkapan, fasilitasgudang, dan menyederhanakan variasi tugas petugas, operasi.& pemeliharaan.

Karakteristik teknis, contoh : PT: PLN (Persero) Distribusi DKI Jakarta& Tangerang, Material TM terdiri dari:

- a. *Rated insulation voltage* , 24 kV
- b. *V Test power frequency*. 24 kV, 50 c/s
- c. Ketahanan Impulse (BTL.- SID) 125 kV
- d. Arus nominalA
- e. Test ketahanan hubung pendek 12,5 kA ,1 detik

- f. *Short circuit making capacity* 31.5 kA
2. Perlengkapan Hubung Bagi TR Gardu Distribusi
- a. Test power frekuensi tegangan fasa-fasa 2-3 Kv, 1 menit
 - b. Test ketahanan impulse 20 KV
 - c. Test power frekuensi tegangan fasa-tanah 10 KV, 1 menit
 - d. Arus nominal BusbarA
 - e. Keseragaman acceptance test.
 - f. (Ageing test, impulse test, mechanical strength test, maintenance requirements, power frequency test, dan lainlain).
 - h. Short times with stand current dalam waktu 0,5 detik
3. Karakteristik Jaringan Distribusi Saluran Kabel Tanah

Pada gardu induk, pemutus tenaga dengan relai proteksi (*non directional*).

- a. Jaringan penghantar; Multicore belted cable, Single belted cable, Ukuran 95 mm², 150 mm², 240 mm², Tingkat kontinuitas pelayanan tinggi, Sistem 3 fasa dengan gardu distribusi kapasitas besar.
- b. Struktur jaringan: Radial open ring, pada jarak yang sangat pendek dapat dipertimbangkan sistem radial.
- c. Jangkauan pelayanan; maksimum 8 km panjang rute lintasan.
- d. Rugi tegangan; Diatur pada batas normal operasi dengan:
 - 1) *Tap changer* pada transformator tenaga di gardu induk (*on-load*).
 - 2) *Tap changer off load* t 5 % pada gardu distribusi.
 - 3) Gardu distribusi
- e. Gardu beton dengan dilengkapi:
 - 1) *Load breakswitch* pada kabel keluar
 - 2) *Isolating switch* pada kabel masuk (Kadang-kadang dipakai juga *load breakswitch* pada kabel masuk)
- f. Pengaman transformator dengan HRC fused.

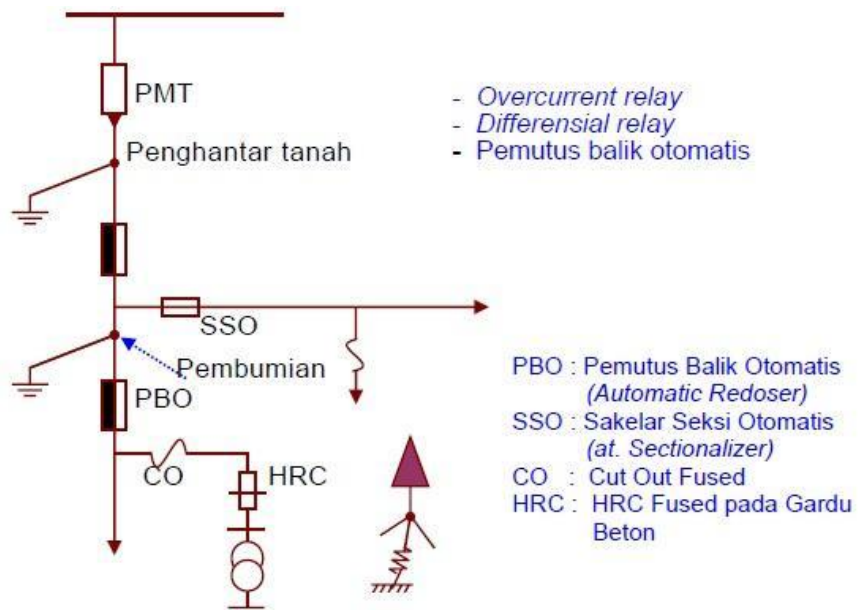
- g. Pembatas beban dengan relai pembatas dan trafo tegangan pada pelanggan tegangan menengah.
 - h. Gardu kios/metal (lad).
 - 1) Perlengkapan sama dengan gardu beton.
 - 2) Kapasitas 1 transformator maksimum 630 kVA.
 - i. Tingkat kontinuitas pelayanan.
 - 1) Orde menit untuk pemulihan gangguan.
 - 2) Orde detik (short break) pada gardu dengan memakai, network protector (automatic change over).
 - j. Pengaman Jaringan.
 - 1) Relai overcurrent fasa-fasa dan ground fault relay pada gardu induk.
 - 2) HRC fused pada gardu distribusi untuk pengaman trafo.
 - 3) Setting relai 0,47 detik pada gardu induk.
 - k. Pentanahan Sistem.
 - 1) Memakai tahanan rendah 12 ohm pada transformator gardu induk.
 - 2) Membatasi arus gangguan tanah sampai dengan 1000 A selama 1 detik.
 - l. Kontruksi Jaringan
 - 1) Ditanam sedalam minimal 0,8 meter.
 - 2) Untuk single core cable tiap 2 km, ditransposisi.
 - 3) Kapasitas transformator ukuran besar 250 kVA, 315 kVA, 400 kVA, 630 kVA, 1 MVA dengan 1 atau 2 trafo per gardu.
4. Karakteristik Jaringan Distribusi Saluran Udara
- Pada gardu induk:
- a. pengaman circuit breaker dengan automatic
 - b. redoser (pemutus balik).
 - c. Jaringan Penghantar
 - 1) A 3 C, A 2C, ACSR
 - 2) Single core cable

- 3) Twisted cable
 - 4) Ukuran 35 mm², 50 mm², 70 mm², 150 mm², 187,5 mm², 240 mm².
 - d. Secara umum penggunaan pada daerah dengan kepadatan beban rendah:
 - 1) Pedesaan
 - 2) Kota kecil
 - 3) Daerah penyangga
 - 4) Konstruksi " Antara"
 - e. Sifat Pelayanan
 - 1) Jangkauan luas
 - 2) Murah dan mudah dibangun.
 - 3) Tingkat perawatan tinggi.
 - 4) Pemeliharaan lebih sulit
 - 5) Sistem 3 fasa dan atau 1 fasa.
 - 6) Tingkat keandalan penyaluran relatif rendah
5. Struktur Jaringan :

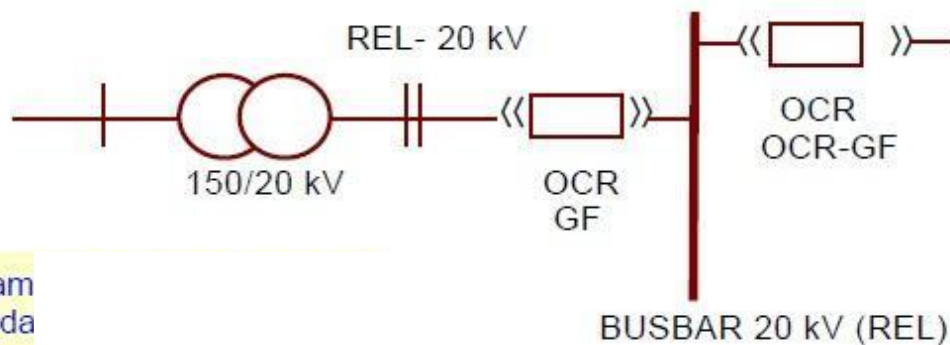
Umumnya beberapa tempat membentuk radial terbuka (open ring) sesama fider utama.

6. Pengaman Jaringan
- a. Circuit breaker pada gardu induk dengan relai overcurrent phasaphasa
 - b. dan groundfault non directional, dan directional untuk sistem PLN Distribusi
 - c. Jawa Timur.
 - a. Automatic redoser pada titik-titik tertentu.
 - b. Sectionalizer pada jaringan cabang
 - c. Cut-out fuse pada jaringan dengan cabangan ranting.
 - d. Pole switch pada tiap 4 km.

- e. Arrester tipe 5.0 untuk tiang tengah dan tipe 10 KA untuk Tang ujung serta pada gardu distribusi dan pertemuan dengan kabel tanah.
7. Jenis relay dan penempatannya
- a. Pola proteksi pada saluran kabel tanah
 - b. Pada sisi 20 kV gardu induk transformator 150 kV/20 kV.
 - c. Overcurrent relay - OCR
 - d. OCR - Groundfault relay



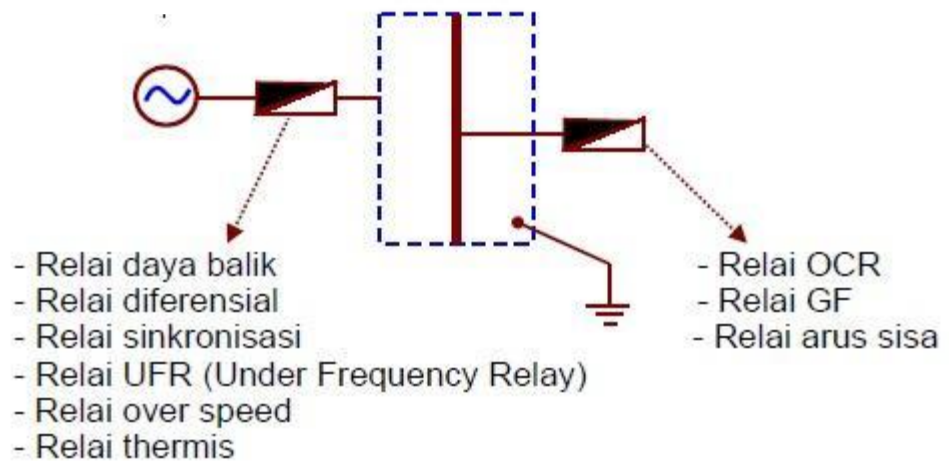
Gambar 5.1. Pola Proteksi Pada Saluran Udara Tegangan Menengah



Gam
pada

Gambar 5.2. Pola Proteksi Pada Saluran Kabel Tanah

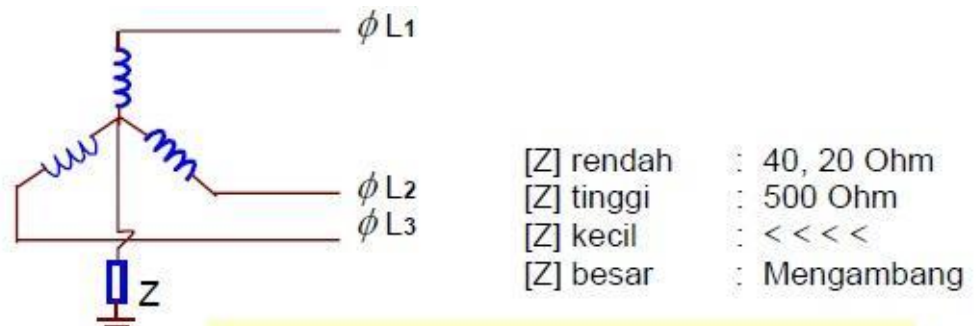
- 1) Aspek Proteksi pada Pembangkit
 - a) Tegangan keluar pembangkit diatas 1 MW umumnya dengan penguatan 1 s/d 11 kV.
 - b) Jadi persyaratan A.L. PHB utama juga dilengkapi dengan relai-relai elektris.



Gambar 5.3. Pola Proteksi Pada Pembangkit

- 2) Aspek Pembumian pada JTM

Pembumian JTM dilakukan pada titik bintang transformator tenaga.



Gambar 5.4. Aspek Pembumian pada JTM

- 3) Aspek-aspek Pembumian titik netral transformator tenaga di Garduk Induk

pada

 - a) Kerusakan akibat hubung pendek jaringan.
 - b) Keselamatan lingkungan.
 - c) (manusia, makhluk hidup) akibat hubung pendek dengan JTR.I

- d) Selektifitas penyulang yang mengalami gangguan.
- e) Pengaruh terhadap sistem telekomunikasi.
 - (1) Faktor 1,2,4 menghendaki arus gangguan rendah.
 - (2) Faktor 3 menghendaki arus gangguan besar.



8. Analisa dan penaksiran kondisi kesehatan trafo

Selain akibat resiko dan desain konstruksi trafo, unsur penuaan (aging) yang menjadi kodrat fisik material, ketidaksempurnaan pengendalian operasi atau pemeliharaan menjadikan transformator beresiko mengalami kerusakan-saat beroperasi. Guna menghindari ini, maka perlu dilakukannya Penaksiran Kondisi kesehatan Trafo (Assesment) terhadap Trafo yang sedang beroperasi dengan cara membandingkan hasil pengukuran atau inspeksi terhadap kriteria-kriteria sehat pada trafo distribusi baik itu dari segi kelistrikan dan manajemen operasi, konstruksi / kondisi instalasi, maupun kualitas Minyak dari suatu yang sedang beroperasi tersebut.

a. Kelistrikan & Manajemen Operasi

Sebagai peralatan utama distribusi tenaga listrik, pengukuran dan penilaian resiko karakteristik atas pembebanan trafo distribusi dapat dilihat pada tabel 5.1. Bilamana hasil pengukuran melampaui batas dari kriteria sehat, dapat disebut pembebanan kemampuan elektrik trafo tersebut sudah beresiko.

Tabel 5.1. Pengukuran dan Penilaian Resiko Pembebanan serta Kemampuan Listrik Trafo

No	Rincian pengukuran	Kriteria sehat
1	Pengukuran beban tiap fasa dan arus netral	$I_{\text{fasa}} < I_{\text{nominal fasa trafo}}$ $I_{\text{Netral}} < \text{batas } I_{\text{netral analisa vektor arus beban}}$
2	Ketidakseimbangan beban	maksimum 25 %;
3	Temperatur terminasi pada WBP 	$\Delta t < 50^{\circ}\text{C}$; IEC 694 Th.1996
4	Temperatur trafo 	$< 90^{\circ}\text{C}$ pada thermometer terpasang trafo atau 85°C pengukuran suhu dinding tangki bagian atas trafo pada beban puncak dengan yearly ambient normal (30°C) atau $\Delta t < 50^{\circ}\text{C}$.
5	Tahanan isolasi	Disesuaikan dengan kapasitas (KVA) masing-masing trafo; IEEE Std C57.125-1991
6	Tahanan belitan	$\pm 1\%$ dari hasil uji pabrik; NETA 1999, dengan catatan metode yang digunakan adalah sama.
7	Rasio kumparan	$\pm 0,5\%$ dari fasa yang lainnya; IEC, SPLN dan ANSI
Catatan : Pelaksanaan pengukuran unjuk kerja butir 5, 6, 7 Dilaksanakan harus dalam kondisi off line.		

b. Kondisi Instalasi /Konstruksi

Tidak hanya pembebanan kualitas konstruksi instalasi dan sistem proteksi harus senantiasa diukur dan dievaluasi kesesuaiannya agar tidak menimbulkan resiko

Periksa tabel 5.2 dan tabel 5.3

Tabel 5.2. Evaluasi Hasil Instalasi/Konstruksi

No	Rincian pengukuran	Kriteria sehat
1	Pemeriksaan Visual	Tidak terjadi kebocoran minyak trafo, isolator utuh dan baik secara fisik, Aksesoris Trafo Baik
2	Instalasi Pembumian	Terpasang benar dengan nilai pentanahan < 5 Ohm
3	Instalasi kabel TR/TM	Sesuai standar konstruksi, rapih dan terpasang kuat pada kabel tray
4	Terminasi	Bersih, tidak tampak crack / alur retakan
5	Kekencangan baut terminasi kabel pada bushing trafo	18 Nm (atau merujuk pada rekomendasi pabrik)

Tabel 5.3. Kesesuaian Sistem Proteksi

No	Rincian pengukuran	Kriteria sehat
1	Arrester	Instalasi arrester sesuai konstruksi dengan tahanan pentanahan arrester < 1,73 Ohm, Arus bocor Arrester < 30 mA atau disesuaikan dengan masing-masing standard pabrikan
2	Cut Out	Instalasi cut out lengkap dan terpasang sesuai standar konstruksi
3	Fuse link TM	Rating fuse link sesuai dengan besaran trafo distribusi
4	PHB TR	Instalasi PHB TR terpasang lengkap dan sesuai standar peralatan dan konstruksi. Tidak terjadi overheated pada simpul2 kritis.
5	Fuse PHB TR	Rating fuse sesuai besaran maksimum proteksi arus maksimum tiap jurusan

9. Pengamatan, Pemeriksaan Dan Pengendalian Operasi Kondisi Normal

a. Pemeriksaan Dan Pengaturan Tegangan

- 1) Tegangan harus diperiksa, dicatat dan dilaporkan secara periodik atau sewaktu-waktu dibutuhkan baik pada penghantar, rel, maupun sekunder trafo;

- 2) Dalam kondisi normal tegangan menunjukkan simetris baik Ph-n dan Ph-ph;
- 3) Bila tegangan tidak simetris dibandingkan dengan penghantar yang lainnya. Bila tegangan yang lain normal kemungkinan sistem pengukurannya kurang baik;
- 4) Bila tegangan sisi sekunder trafo terlalu rendah/tinggi maka aturlah tap trafonya.

b. Pengamatan Beban

- 1) Beban (I) daya (MW), dicatat dan dilaporkan secara berkala atau sewaktu-waktu di butuhkan baik pada penghantar dan trafo;
- 2) Dalam kondisi normal beban diperbolehkan sebesar nominal dan simetris;
- 3) Bila beban mencapai nominal/lebih informasikan pada UPB/UPD agar tidak menambah beban;
- 4) Bila beban melampaui nominal maka segera informasikan kepada UPB/UPD

c. Pemeriksaan Kabel TT

Pemeriksaan manometer (tekanan minyak), tekanan gas SF6 pada selling end/terminal bushing kabel.

d. Pemeriksaan Transformator Tenaga

Pemeriksaan secara visual kondisi transformator, sistem pendinginnya (kipas, radiator, pompa), level minyak trafo, posisi tap changer, kondisi silicagel (kondisi biru/merah/putih)

e. Pemeriksaan PMT

1) Tinggi minyak, tekanan gas SF6, tekanan udara

2) Pencatatan counter PMT

f. Pemeriksaan Sumber DC

1) Pemeriksaan lampu indikator, level electrolyte, tegangannya

2) Pemeriksaan DC untuk rel, motor PMT, lampu darurat, alarm dan lain-lain

g. Pencatatan Energi Listrik

Energi listrik (kwh) dicatat secara berkala baik pada penghantar, sekunder trafo dan pelanggan.

D. Aktifitas Belajar

Aktifitas belajar dibagi menjadi dua aktifitas, yakni aktifitas instruktur dan aktifitas peserta didik, berikut uraian aktifitas belajar instruktur dan peserta didik.

No	Kegiatan	Aktifitas Instruktur	Aktifitas Peserta Didik
1	Pembuka	<ul style="list-style-type: none">• Membuka pelajaran• Menjelaskan tujuan pembelajaran dan indikator ketercapaian kompetensi	Mendengarkan dan mengikuti
2	Inti	Menjelaskan materi pengantar	Mendengarkan
		Mengamati dan mengontrol kegiatan diskusi yang berlangsung	Berdiskusi

		Menjelaskan kembali materi diskusi dan memperjelas hasil diskusi yang telah berlangsung	Mendengarkan dan mencatat
		Membuka sesi tanya jawab	Merangkum hasil diskusi
		• Menjelaskan kesimpulan	Mengajukan pertanyaan
3	Penutup	dari hasil diskusi	Mendengar dan mengikuti
		• Menutup pembelajaran	dengan cermat

E. Rangkuman

1. Material-material utama perlengkapan distandarisir, disesuaikan dengan karakteristik perlengkapan untuk mempermudah stockmanajemen, mengurangi variasi penyediaan perlengkapan, fasilitas gudang, dan menyederhanakan variasi tugas petugas, operasi.& pemeliharaan.
2. Analisa pembebanan merupakan salah satu hal yang harus dilakukan dalam menentukan resiko kesehatan trafo distribusi yang sedang beroperasi Analisa Pembebanan pada trafo berhubungan terhadap beberapa hal yaitu kertas isolasi trafo, KHA dari kabel dan lilitan serta suhu dari trafo. Semakin besar beban yang dipikul oleh.sebuah trafo maka semakin besar pula suhu yang akan dirasakan.

F. Latihan/Tugas/Kasus

Tuliskanlah dengan jelas Peralatan apa saja yang harus di analisa setelah pemasangan komponen utama, komponen bantu dan instalasi gardu induk sistem tenaga listrik berikan analisa anda !

G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut

1. Sebutkan dan jelaskan Pemeriksaan pemasangan (konstruksi)!
2. Jelaskan fungsi Relay Differensial!
3. Apa fungsi Mekanisme Penggerak PMT!
4. Jelaskan fungsi PMT Penghantar 70 kV Gardu Induk Seduduk Putih!
5. Jelaskan apa yang dimaksud dengan Pengukuran tahanan isolasi pemutus tenaga (PMT)
6. Sebutkan Tahapan pengujian instalasi listrik !
7. Jelaskan apa fungsi Pengujian sistem pengaman dan kontrol (Protection & Control) !

H. Kunci Jawaban

1. Pemeriksaan pemasangan (konstruksi) yang meliputi :
 - a. Pemeriksaan rangkaian alat/barang/material yang telah terpasang.
 - b. Tujuannya adalah mengetahui alat/ barang/material yang dipasang, apakah telah sesuai dengan gambar rencana maupun peraturan yang berlaku (SNI, LMK, PUIL, SPLN, dan lain sebagainya).
2. Relay differensial Berfungsi mengamankan trafo dari gangguan hubung singkat (short circuit) yang terjadi di dalam daerah pengaman trafo.
3. Mekanisme penggerak berfungsi menggerakkan kontak bergerak untuk pemutusan dari PMT.
4. Pemutus Tenaga yang digunakan pada penghantar-penghantar 70 kV di Gardu Induk Seduduk Putih adalah jenis Pemutus Tenaga dengan minyak atau Oil Circuit Breaker (OCB).
5. Pengukuran tahanan isolasi pemutus tenaga (PMT) ialah proses pengukuran kebocoran arus yang melalui isolasi.
6. Tahapan pengujian instalasi listrik meliputi :
 - a. Pengujian individual
 - b. Pengujian sub sistem

- c. Pengujian sistem keseluruhan.
 - d. Pengujian tanpa beban
 - e. Pengujian berbeban
 - f. Dan lain sebagainya, tergantung jenis instalasi listriknya
7. Pengujian sistem pengaman dan kontrol (Protection & Control) : Untuk meyakinkan apakah peralatan pengaman dan kontrol telah berfungsi dengan baik secara sistem.

Kegiatan Pembelajaran KB - 6

Pemasangan Instalasi Kontrol Gardu Induk Sistem Tenaga Listrik

A. Tujuan

Mampu memeriksa hasil pemasangan instalasi kontrol gardu induk sistem tenaga listrik

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

Mampu memeriksa hasil pemasangan instalasi kontrol gardu induk sistem tenaga listrik

C. Uraian Materi

1) Commissioning test

Pekerjaan instalasi listrik yang telah selesai dikerjakan dan akan dioperasikan, tidak serta merta langsung boleh dioperasikan. Sebelum dan pada saat akan dioperasikan harus diyakini terlebih dahulu bahwa instalasi listrik tersebut benar-benar aman untuk dioperasikan. Untuk meyakini bahwa instalasi listrik telah benar-benar aman dioperasikan, keberadaannya harus telah memenuhi persyaratan dan ketentuan teknis yang berlaku. Apakah instalasi listrik telah memenuhi persyaratan dan ketentuan yang berlaku, harus dilakukan pemeriksaan dan pengujian atau commissioning test.

Secara umum pengertian Commissioning Test adalah :

- a) Serangkaian kegiatan pemeriksaan dan pengujian instalasi tenaga listrik yang telah selesai dikerjakan dan akan dioperasikan.

- b) Tujuannya adalah untuk meyakinkan bahwa instalasi yang diperiksa dan diuji, baik alat demi alat maupun sebagai sub sistem dan sistem, telah berfungsi semestinya dan memenuhi persyaratan kontrak, sehingga dinyatakan siap untuk dioperasikan dan secara resmi dapat diserahkan terimakan kepada Pemberi Kerja.

Untuk masing-masing jenis pekerjaan instalasi listrik, ruang lingkup yang diperiksa dan diuji belum tentu sama (berbeda-beda), juga kriteria besaran ukur listriknya belum tentu sama, misalnya :

- a) Ruang lingkup pemeriksaan pekerjaan instalasi Gardu Induk , tentu tidak sama dengan ruang lingkup pemeriksaan pekerjaan instalasi pemanfaatan. Begitu pula antara instalasi pembangkitan dengan Gardu Induk, tentu ada beberapa bagian yang diperiksa, tidak mengalami kesamaan, dan seterusnya.
- b) Pengujian tahanan pembumian pada Gardu Induk, belum tentu sama dengan tahanan pembumian pada instalasi pemanfaatan.
- c) Untuk pengujian tahanan isolasi kabel, maka semua jenis kabel yang dipasang di berbagai instalasi listrik, ketentuannya adalah sama.

2) Ruang lingkup Commisioning test

- a) Pemeriksaan :

Merupakan bagian dari Commisioning Test, dengan cara melihat langsung terhadap peralatan/ material maupun konstruksi instalasi listrik yang telah terpasang secara kasat mata dan atau melalui bantuan alat tertentu, misal : teropong. Tetapi tidak menggunakan bantuan alat uji/alat ukur.

Ada 2 (dua) jenis pemeriksaan, yaitu :

- (1) Pemeriksaan sifat tampak (visual check), yang meliputi :

- (a) Pemeriksaan item per item alat/ barang/material yang telah terpasang.
- (b) Tujuannya adalah untuk mengetahui apakah alat/barang/material yang dipasang telah sesuai dengan spesifikasi dalam kontrak.
- (c) Melihat apakah perlengkapan yang dipasang dalam kondisi baik, secara fisik tidak ada kelainan, tidak cacat fisik, tidak rusak, dan lain-lain.

(2) Pemeriksaan pemasangan (konstruksi) yang meliputi :

- (a) Pemeriksaan rangkaian alat/barang/material yang telah terpasang.
- (b) Tujuannya adalah mengetahui alat/ barang/material yang dipasang, apakah telah sesuai dengan gambar rencana maupun peraturan yang berlaku (SNI, LMK, PUIL, SPLN, dan lain sebagainya).

b) Pengujian:

Merupakan bagian dari Commissioning Test, dimana terhadap peralatan/ material yang akan diuji tidak bisa dilihat secara kasat mata, sehingga harus diuji dengan menggunakan alat bantu (alat ukur).

Beberapa jenis pengujian, antara lain : pengujian individual, pengujian atau pengukuran tahanan pembumian, pengujian tegangan tinggi, pengujian sistem pengaman/ kontrol

(1) Pengujian Individual :

Pengujian untuk mencocokkan kesesuaian karakteristik dan rujukan, atau Pengujian untuk mengetahui apakah kondisi peralatan telah berfungsi dengan baik atau tidak.

- (2) Pengujian atau Pengukuran Tahanan Penumbumian :
Untuk mengetahui apakah nilai tahanan penbumian telah memenuhi standar (ketentuan yang berlaku).
- (3) Pengujian Tegangan Tinggi (Dielectric Test) :
Untuk menilai keadaan isolasi dari perlengkapan atau komponen instalasi yang dirakit atau mengalami pekerjaan di lapangan.
- (4) Pengujian sistem pengamanan dan kontrol (Protection & Control) :
Untuk meyakinkan apakah peralatan pengamanan dan kontrol telah berfungsi dengan baik secara sistem.
- (5) Tahapan pengujian instalasi listrik meliputi :
 - (a) Pengujian individual.
 - (b) Pengujian sub sistem.
 - (c) Pengujian sistem keseluruhan.
 - (d) Pengujian tanpa beban.
 - (e) Pengujian berbeban.
 - (f) Dan lain sebagainya, tergantung jenis instalasi listriknya.

3) Commissioning test pada gardu induk

- a) Melaksanakan pengecekan masing-masing komponen/ material/ barang, apakah telah sesuai dengan kontrak, telah terpasang dengan baik dan tidak terdapat kerusakan.
- b) Melaksanakan pengetesan (uji kebenaran) dari komponen yang telah terpasang, apakah bisa bekerja dengan baik atau tidak. Komponen tersebut antara lain : on-off CB dan DS, motor-motor listrik, tap changer, fan trafo, rangkaian AC/DC, meter-meter, alat pengamanan listrik, dan lain-lain.
- c) Melaksanakan pengetesan terhadap kemampuan masing-masing peralatan pada saat beroperasi secara terpisah (individual test)

maupun bersama sama atau terpadu (integrated) dan dalam satu sub sistem serta secara sistem keseluruhan.

- d) Melaksanakan pengetesan terhadap penampilan unjuk kerja (performance test) sesungguhnya dari Gardu Induk yang telah dibangun, apakah telah sesuai dengan sertifikasi dalam kontrak dan telah siap untuk dioperasikan.

D. Aktifitas Belajar

Aktifitas belajar dibagi menjadi dua aktifitas, yakni aktifitas instruktur dan aktifitas peserta didik, berikut uraian aktifitas belajar instruktur dan peserta didik.

No	Kegiatan	Aktifitas Instruktur	Aktifitas Peserta Didik
1	Pembuka	<ul style="list-style-type: none"> • Membuka pelajaran • Menjelaskan tujuan pembelajaran dan indikator ketercapaian kompetensi 	Mendengarkan dan mengikuti
2	Inti	Menjelaskan materi pengantar	Mendengarkan
		Mengamati dan mengontrol kegiatan	Berdiskusi
		Menjelaskan kembali materi diskusi dan memperjelas hasil diskusi yang telah berlangsung	Mendengarkan dan mencatat Merangkum hasil diskusi

		Membuka sesi tanya jawab	Mengajukan pertanyaan
3	Penutup	<ul style="list-style-type: none"> • Menjelaskan kesimpulan dari hasil diskusi • Menutup pembelajaran 	Mendengar dan mengikuti dengan cermat

E. Rangkuman

Gedung kontrol (*control building*) berfungsi sebagai pusat aktifitas pengoperasian gardu induk. Pada gedung control inilah oprator bekerja mengontrol dan mengoperasikan komponen-komponen yang ada pada gardu induk. Sedangkan Panel Kontrol (*control panel*) berfungsi untuk mengetahui (mengontrol) kondisi gardu induk dan merupakan pusat pengendali lokal gardu induk. wiring kontrol adalah semua rangkaian yang berhubungan dengan pengoperasian peralatan gardu induk dari panel yang dapat mengontrol, seperti PMT, PMS, OLTC, sesuai dengah kaidah-kaidah pengamanan operasi peralatan.

F. latihan/Tugas/Kasus

Cobalah anda tuliskan dengan jelas, hal apa saja yang dilakukan saat memeriksa hasil pemasangan instalasi kontrol gardu induk sistem tenaga listrik !

G. Umpan Balik/Tindak lanjut

1. Jelaskan pengertian Pengujian!
2. Sebutkan jenis pengujian !
3. Jelaskan apa yang dimaksud dengan Gardu Induk Penaik Tegangan?
4. Jelaskan pengertian Gardu Induk Pengatur Tegangan?
5. Jelaskan perbedaan Gardu Induk yang menggunakan isolasi udara dengan Gardu Induk yang menggunakan isolasi gas SF 6?

H. Kunci Jawaban

1. Pengujian merupakan bagian dari Commissioning Test, dimana terhadap peralatan/ material yang akan diuji tidak bisa dilihat secara kasat mata, sehingga harus diuji dengan menggunakan alat bantu (alat ukur).
2. Beberapa jenis pengujian, antara lain : pengujian individual, pengujian atau pengukuran tahanan pembumian, pengujian tegangan tinggi, pengujian sistem pengaman/ kontrol.
3. Gardu Induk Penaik Tegangan :
Adalah gardu induk yang berfungsi untuk menaikkan tegangan, yaitu tegangan pembangkit (generator) dinaikkan menjadi tegangan sistem.
4. Gardu Induk Pengatur Tegangan :
Pada umumnya gardu induk jenis ini terletak jauh dari pembangkit tenaga listrik. Karena listrik disalurkan sangat jauh, maka terjadi tegangan jatuh (voltage drop) transmisi yang cukup besar. Oleh karena diperlukan alat penaik tegangan, seperti bank kapasitor, sehingga tegangan kembali dalam keadaan normal.
5. Gardu Induk yang menggunakan isolasi udara Adalah gardu induk yang menggunakan isolasi udara antara bagian yang bertegangan yang satu dengan bagian yang bertegangan lainnya. Sedangkan Gardu Induk yang menggunakan isolasi gas SF₆ merupakan Gardu induk yang menggunakan gas SF₆ sebagai isolasi antara bagian yang bertegangan yang satu dengan bagian lain yang bertegangan, maupun antara bagian yang bertegangan dengan bagian yang tidak bertegangan.

Kegiatan Pembelajaran KB - 7

Menguji Tahanan Isolasi Instalasi Gardu Induk Sistem Tenaga Listrik

A. Tujuan

Mampu Menguji tahanan isolasi instalasi gardu induk sistem tenaga listrik.

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

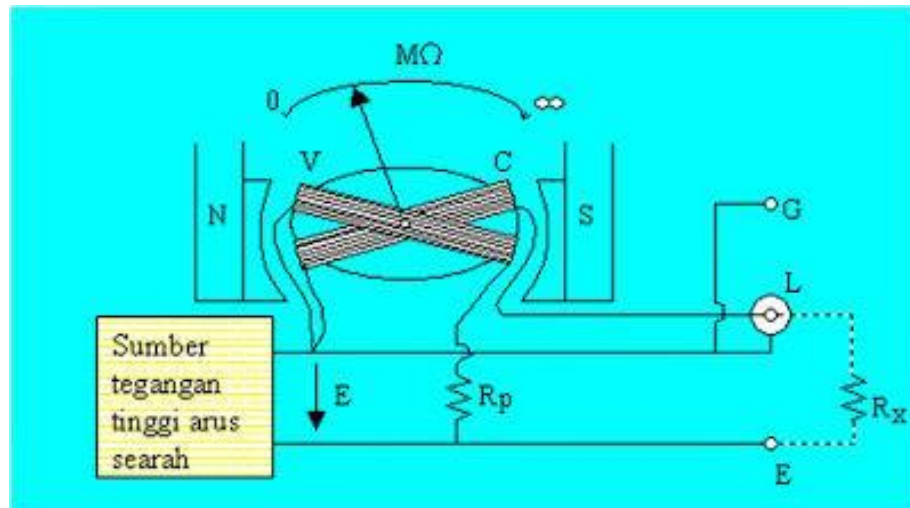
Mampu Menguji tahanan isolasi instalasi gardu induk sistem tenaga listrik.

C. Uraian Materi

1. Cara Menggunakan dan Mengukur Tahanan Isolasi dengan Meger

Tahanan isolasi adalah tahanan yang terdapat diantara dua kawat saluran (kabel) yang diisolasi satu sama lain atau tahanan antara satu kawat saluran dengan tanah (ground). Pengukuran tahanan isolasi digunakan untuk memeriksa status isolasi rangkaian dan perlengkapan listrik, sebagai dasar pengendalian keselamatan.

Alat ukur yang digunakan untuk mengukur atau menguji tahanan isolasi suatu kabel adalah Megger (MegaOhm). Secara prinsip megger terdiri dari dua kumparan V dan C yang ditempatkan secara menyilang seperti terlihat pada gambar1 di bawah ini. Kumparan V merupakan besarnya arus yang mengalir adalah E/R_p dan kumparan C merupakan besarnya arus yang mengalir adalah E/R_x . R_x adalah tahanan yang akan diukur. Jarum dapat bergerak disebabkan oleh perbandingan dari kedua arus, yaitu sebanding dengan R_p/R_x atau berbanding terbalik terhadap tahanan yang akan diukur.



Gambar 7.1. Diagram rangkaian sebuah Megger (Mega Ohm) (Sumber: <http://margionoabdil.blogspot.co.id>)

2. Sistem Pentanahan Titik Netral

Pada saat sistem tenaga listrik masih dalam skala kecil, gangguan hubung singkat ke tanah pada instalasi tenaga listrik tidak merupakan suatu masalah yang besar. Hal ini dikarenakan bila terjadi gangguan hubung singkat fasa ke tanah arus gangguan masih relative kecil (lebih kecil dari 5 Amper), sehingga busur listrik yang timbul pada kontak-kontak antara fasa yang terganggu dan tanah masih dapat pada msendiri. Tetapi dengan semakin berkembangnya system tenaga listrik baik dalam ukuran jarak (panjang) maupun tegangan, maka bila terjadi gangguan fasa ke tanah arus gangguan yang timbulakan besardan busur listrik tidak dapat lagi padam dengan sendirinya.

3. Tujuan Pentanahan Titik Netral Sistem

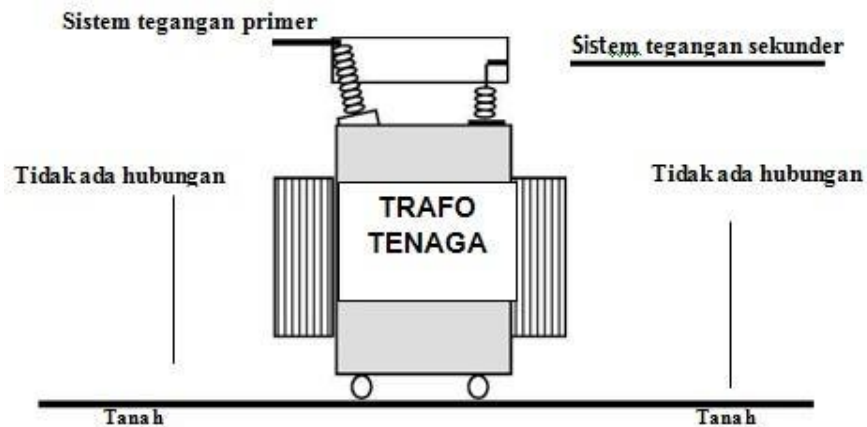
Adapun tujuan pentanahan titik netral sistem adalah sebagai berikut :

- a. Menghilangkan gejala-gejala busur api pada suatu sistem.
- b. Membatasi tegangan-tegangan pada fasa yang tidak terganggu (pada fasa yang sehat).

- c. Meningkatkan keandalan (realibility) pelayanan dalam penyaluran tenaga listrik.
- d. Mengurangi/membatasi tegangan lebih transient yang disebabkan oleh penyalaan bunga api yang berulang-ulang (restrike ground fault).
- e. Memudahkan dalam menentukan sistem proteksi serta memudahkan dalam menentukan lokasi gangguan.

4. Sistem yang Tidak Ditanah-kan (*Floating Grounding*)

Suatu system dikatakan tidak diketanahkan (*floating grounding*) atau sistem delta. Jika tidak ada hubungan galvanis antara sistem itu dengan tanah, untuk jelasnya dapat dilihat pada gambar 8.2 berikut:



Gambar 7.2. Contoh Sistem yang Tidak ditanahkan (Sumber: BSE Jaringan Transmisi Tenaga Listrik)

5. Metoda Pentanahan Titik Netral

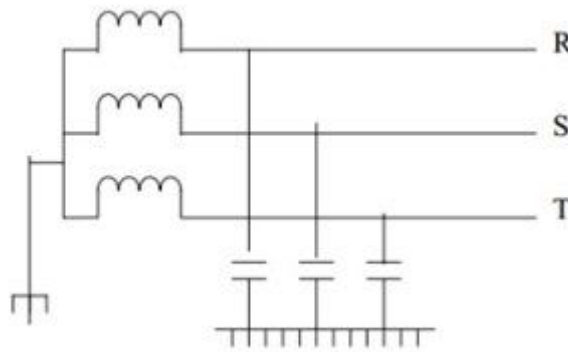
Metoda-metoda pentanahan titik netral sistem tenaga listrik adalah sebagai berikut:

- a. Pentanahan melalui tahanan (*resistance grounding*)

- b. Pentanahan melalui reaktor (*reactor grounding*)
- c. Pentanahan langsung (*effective grounding*)
- d. Pentanahan melalui reaktor yang impedansinya dapat berubah-ubah (*resonant grounding*) atau pentanahan dengan kumparan Petersen (*Petersen Coil*).

6. Pentanahan Titik Netral Tanpa Impedansi (Pentanahan Langsung/*Solid Grounding*)

Sistem pentanahan langsung adalah dimana titik netral sistem dihubungkan langsung dengan tanah, tanpa memasukkan harga suatu impedansi.

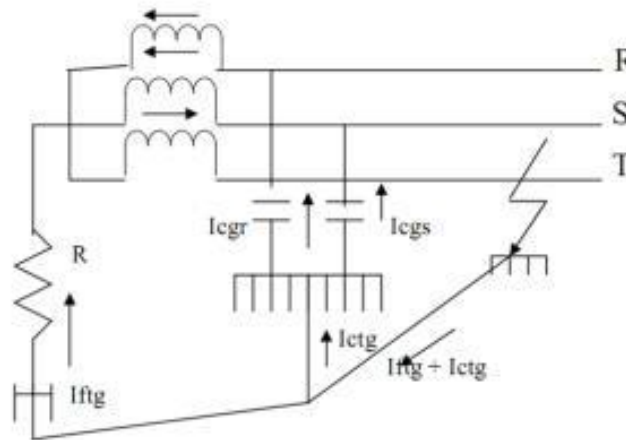


Gambar 7.3. Rangkaian Pengganti Pentanahan Titik Netral Tanpa Impedansi (Pentanahan Langsung/*Solid Grounding*) (Sumber: BSE Jaringan Transmisi Tenaga Listrik)

Pada sistem ini bila terjadi gangguan fasa ke tanah akan selalu mengakibatkan terganggunya saluran (*line out age*), yaitu gangguan harus diisolir dengan membuka pemutus daya. Salah satu tujuan pentanahan titik netral secara langsung adalah untuk membatasi tegangan dari fasa-fasa yang tidak terganggu bila terjadi gangguan fasa ke tanah.

7. Pentanahan Titik Netral Melalui Tahanan (*resistance grounding*)

Pentanahan titik netral melalui tahanan (*resistance grounding*) Dimaksud adalah suatu system yang mempunyai titik netral dihubungkan dengan tanah melalui tahanan (resistor), sebagai contoh terlihat pada gambar 7.3 dan rangkaian pengganti ditunjukkan pada gambar 8.4.



Gambar 7.5. Rangkaian Pengganti Pentanahan Titik Netral melalui Tahanan (Resistor)

(Sumber: <https://jaringandistribusitenagalistrik.wordpress.com>)

Pada umumnya nilai tahanan pentanahan lebih tinggi dari pada reaktansi sistem pada tempat dimana tahanan itu dipasang. Sebagai akibatnya besar arus gangguan fasa ke tanah pertama-tama dibatasi oleh tahanan itu sendiri. Dengan demikian pada tahanan itu akan timbul rugi daya selama terjadi gangguan fasa ke tanah. Secara umum harga tahanan yang ditetapkan pada hubung netral adalah :

$$R_{xl} = \frac{V_f}{I}$$

dimana :

R = Tahanan (Ohm)

V_f = Tegangan fasa ke netral

I = Arus beban penuh dalam Ampere dari transformator.

Dengan memilih harga tahanan yang tepat, arus gangguan ketanah dapat dibatasi sehingga harganya hampir sama bila gangguan terjadi disegala tempat didalam sistem bila tidak terdapat titik pentanahan lainnya. Dalam menentukan nilai tahanan pentanaha akan menentukan besarnya arus gangguan tanah.

Besarnya tahanan pentanahan pada sistem tenaga listrik (contohnya di PLN P3B Jawa Bali Region Jabar), adalah sebagai berikut :

- a. Sistem 70 kV sebesar 62 Ohm.
- b. Sistem 20 kV sebesar 12 Ohm atau 42 Ohm.

Jenis pentanahan (Resistor) yang dipakai adalah jenis logam (metallic resistor) atau jenis cairan (liquid resistor) perhatikan gambar berikut:



Gambar 7.6. Pentanahan (Sumber: BSE Jaringan Transmisi Tenaga Listrik)



Gambar 7.7. Resistor Jenis Logam (metallic resistor) (Sumber: BSE Jaringan Transmisi Tenaga Listrik)



Gambar 7.8. Resistor Jenis 250 (Sumber: BSE Jaringan Transmisi Tenaga Listrik)



Gambar 7.9. Resistor Jenis Cairan (liquid resistor) (Sumber: BSE Jaringan Transmisi Tenaga Listrik)

Pentanahan titik netral melalui tahanan (resistance grounding) mempunyai keuntungan dan kerugian yaitu :

a. Keuntungan:

- 1) Besar arus gangguan tanah dapat diperkecil
- 2) Bahaya gradient voltage lebih kecil karena arus gangguan tanah kecil.
- 3) Mengurangi kerusakan
- 4) peralatan listrik akibat arus gangguan yang melaluinya.

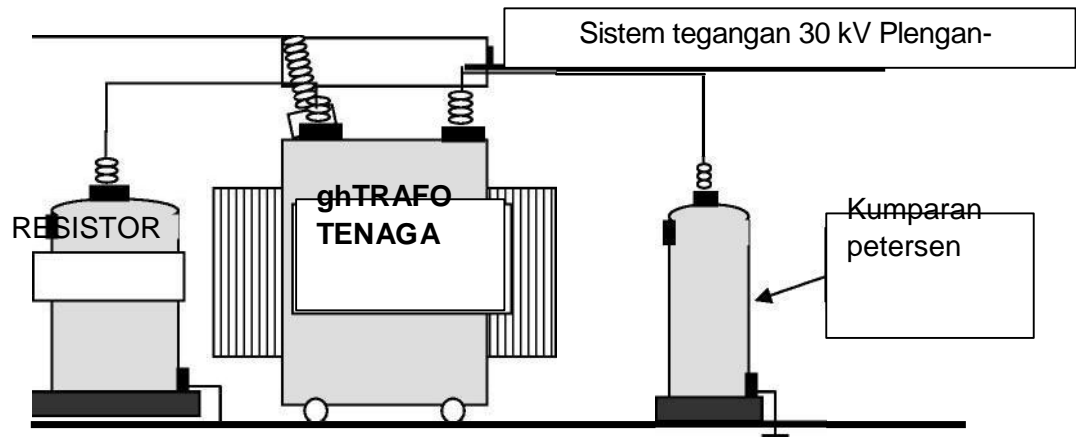
b. Kerugian :

- 1) Timbulnya rugi-rugi daya pada tahanan pentanahan selama terjadinya gangguan fasa ke tanah.
- 2) Karena arus gangguan ke tanah relatif kecil, kepekaan rele pengaman menjadi berkurang dan lokasi gangguan tidak cepat diketahui.

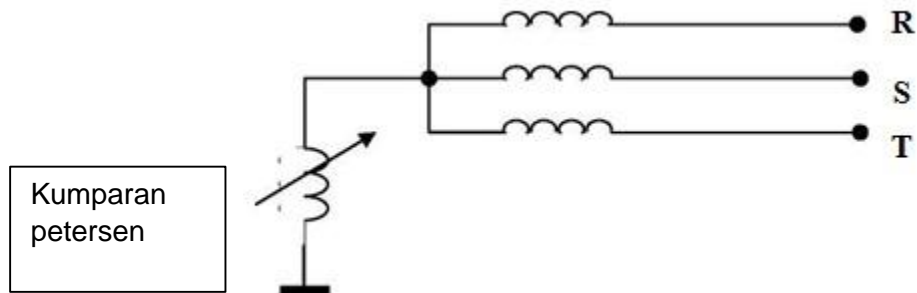
8. Pentanahan Titik Netral Melalui Kumputan Petersen

Sistem pentanahan dengan kumputan Petersen adalah dimana titik netral dihubungkan ke tanah melalui kumputan Petersen (*Petersen Coil*). Kumputan Petersen ini mempunyai harga reaktansi (X_L) yang dapat diatur dengan menggunakan tap gambar 6.9. memperlihatkan petersen coil yang terpasang di PT PLN (Persero) P3B Region Jawa Barat, yaitu pada sistem 30kV Plengan-Lamajan. Rangkaian pengganti sistem pentanahan dengan kumputan Petersen ditunjukkan pada gambar 7.11

Sistem tegangan 70 kV



Gambar 7.10. Contoh Pemasangan Pentanahan Titik Netral dengan Kumputan Petersen. (Sumber: BSE Jaringan Transmisi Tenaga Listrik)



Gambar 7.11. Rangkaian Pengganti Pentanahan Titik

Netral dengan Kumparan Petersen (Sumber: BSE Jaringan Transmisi Tenaga Listrik)

Pada hakekatnya tujuan dari pentanahan dengan kumparan Petersen adalah untuk melindungi sistem dari gangguan hubung singkat fasa ke tanah yang sementara sifatnya (temporary fault), yaitu dengan membuat arus gangguan yang sekecil-kecilnya dan pemadaman busur api dapat terjadi dengan sendirinya.

Kumparan Petersen berfungsi untuk memberi arus induksi (IL) yang mengkompensir arus gangguan, sehingga arus gangguan itu kecil sekali dan tidak membahayakan peralatan listrik yang dilaluinya. Arus gangguan ke tanah yang mengalir pada sistem sedemikian kecilnya sehingga tidak langsung mengerjakan relai gangguan tanah untuk membuka pemutusnya (PMT) dari bagian yang terganggu. Dengan demikian kontinuitas penyaluran tenaga listrik tetap berlangsung untuk beberapa waktu lamanya walaupun sistem dalam keadaan gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah, yang berarti pula dapat memperpanjang umur dari pemutus tenaga (PMT).

Sebaliknya sistem pentanahan dengan kumparan Petersen ini mempunyai kelemahan, yaitu sulit melokalisir gangguan satu fasa ke tanah yang bersifat permanen dan biasanya memakan waktu yang lama. Gangguan hubung singkat yang permanen itu dapat mengganggu bagian sistem yang

lainnya. Oleh karena itu hubung singkat tersebut tetap harus dilokalisir dengan menggunakan relai hubung singkat ke tanah (*Ground fault relai*).

Pentanahan titik netral melalui kumparan Petersen mempunyai keuntungan dan kerugian yaitu :

a. Keuntungan

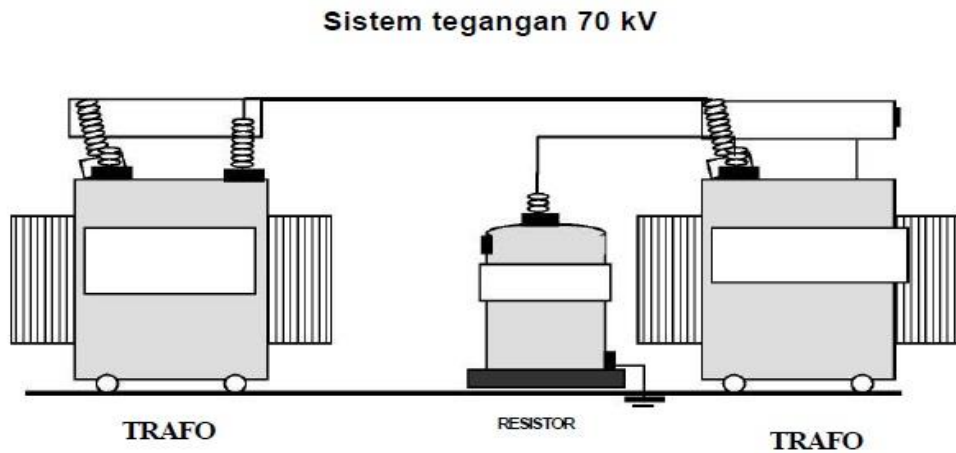
- 1) Arus gangguan dapat dibuat kecil sehingga tidak berbahaya bagimahluk hidup.
- 2) Kerusakan peralatan sistem dimana arus gangguan mengalir dapat dihindari.
- 3) Sistem dapat terus beroperasi meskipun terjadi gangguan fasa ke tanah.
- 4) Gejala busur api dapat dihilangkan.

b. Kerugian

- 1) Relai gangguan tanah (*ground fault relai*) sukar dilaksanakan karena arus gangguan tanah relatif kecil.
- 2) Tidak dapat menghilangkan gangguan fasa ke tanah yang menetap (permanen) pada sistem.
- 3) Operasi kumparan Petersen harus selalu diawasi karena bila ada perubahan pada sistem, kumparan Petersen harus disetel (*tuning*) kembali.

9. Transformator Pentanahan

Bila pada suatu sistem tenaga listrik tidak terdapat titik netral, sedangkan sistem itu harus diketanahkan, maka sistem itu dapat ditanahkan dengan menambahkan “Transformator Pentanahan” (*grounding transformer*), contoh gambar pemasangan trafo pentanahan seperti ditunjukkan pada gambar 8.13



Gambar 7.12. Contoh Pemasangan Trafo Pentanahan (Sumber: BSE Jaringan Transmisi Tenaga Listrik)

Transformator pentanahan itu dapat terdiri dari transformator Zigzag atau transformator bintang-segitiga (Y- Δ). Trafo pentanahan yang paling umum digunakan adalah transformator zig-zag tanpa belitan sekunder.

10. Penetapan Sistem

a. Pentanahan di Indonesia Sistem 150 KV

Pentanahan netral sistem 150 KV beserta pengamannya ditetapkan sebagai berikut:

- 1) Pentanahan netral untuk sistem ini adalah pentanahan efektif.
- 2) Penambahan reaktansi pada netral sistem ini dimungkinkan selama persyaratan pentanahan efektif dipenuhi ($X_0/X_1 \leq 3$)
- 3) Pengaman sistem dilaksanakan dengan pemutus cepat dan penutup cepat

b. Sistem 66 KV

Pentanahan netral sistem ini beserta pengamannya ditetapkan sebagai berikut:

- 1) Pentanahan netral untuk sistem ini adalah pentanahan dengan tahanan
- 2) Pengamanan sistem dilaksanakan dengan pemutus cepat dan penutup cepat

c. Sistem 20 KV

Pentanahan netral untuk sistem ini adalah pentanahan dengan tahanan Pengaman Sistem Dilaksanakan Sebagai Berikut :

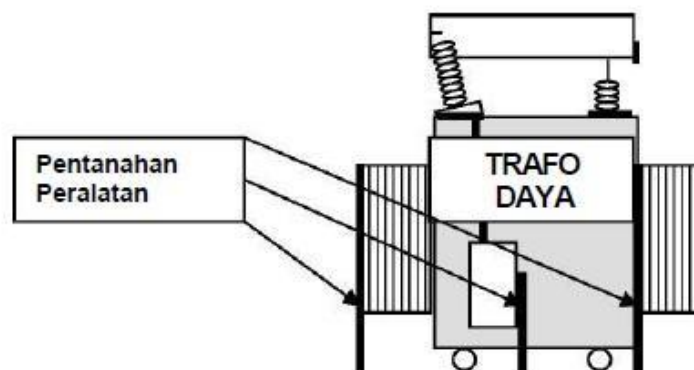
- a) Bagi saluran udara maupun saluran dalam tanah dipakai pemutus dengan rele arus lebih untuk gangguan hubung singkat fasa ke fasa dan rele tanah untuk gangguan hubung singkat fasa ke tanah. Pada gardu distribusi dipasang penunjuk gangguan.
- b) Bagi saluran udara dipakai pula penutup cepat atau lambat, sedangbagisalurandalam tanah tidak dipakai penutup kembali.
- c) Selanjutnya berdasarkan SPLN 26:1980telah ditetapkan besar tahanan pentanahan sebagai berikut:
 - (1) Tahanan rendah 12 ohm dan arus gangguan tanah maksimum 1000 ampere dipakai pada jaringan kabel tanah.
 - (2) Tahanan rendah 40 ohm dan arus gangguan maksimum 300 ampere dipakai pada jaringan saluran udara dan campuran saluran udara dengan kabel tanah
 - (3) Tahanan tinggi 500 ohm dan arus gangguan maksimum 25 ampere dipakai pada saluran udara.

Khusus untuk sistem fasa tiga, empat kawat, pengetanahan dilakukan tanpa impedansi dan banyak titik (*multiple grounding*).

Sistem 275 kV PT Inalum dan Sistem 500 kV Walaupun belum diatur dalam SPLN, tetapi pentanahan Sistem 275 kV PT Inalum di Asahan dan Sistem 500 kV di Pulau Jawa sudah dilakukan dengan system pentanahan Solid Grounding (tanpa impedansi).

d. Pentanahan Peralatan

Pentanahan peralatan adalah pentanahan bagian dari peralatan yang pada kerja normal tidak dilalui arus. Bila terjadi hubung singkat suatu penghantar dengan suatu peralatan, maka akan terjadi beda potensial (tegangan), yang dimaksud peralatan disini adalah bagian-bagian yang bersifat konduktif yang pada keadaan normal tidak bertegangan seperti bodi trafo, bodi PMT, bodi PMS, bodi motor listrik, dudukan Baterai dan sebagainya. Pentanahan yang demikian disebut Pentanahan peralatan, sebagai contoh pemasangan ditunjukkan seperti pada gambar 8.14



Gambar 7.13. Contoh Pemasangan Pentanahan Peralatan (Sumber: BSE Jaringan Transmisi Tenaga Listrik)

Tujuan pentanahan peralatan dapat dipormulasikan sebagai berikut :

- 1) Untuk mencegah terjadinya tegangan kejut listrik yang berbahaya bagi manusia dalam daerah itu.
 - 2) Untuk memungkinkan timbulnya arus tertentu baik besarnya maupun lamanya dalam keadaan gangguan tanah tanpa menimbulkan kebakaran atau ledakan pada bangunan atau isinya.
 - 3) Untuk memperbaiki penampilan (performance) dari sistem.
- e. Tahanan Pentanahan

Adalah besarnya tahanan pada kontak/hubung antara masa (body) dengan tanah.

Faktor-faktor yang mempengaruhi besarnya pentanahan :

- 1) Tahanan jenis tanah
- 2) Panjang jenis elektroda pentanahan
- 3) Luas penampang elektroda pentanahan

Harga pentanahan makin kecil makin baik. Untuk perlindungan personil dan peralatan perlu diusahakan tahanan pentanahan lebih kecil dari 1 Ohm. Hal ini tidak praktis untuk dilaksanakan dalam suatu sistem distribusi, saluran transmisi, ataupun dalam substation distribusi. Demikian juga halnya pada menara transmisi, untuk menghindarkan lompatan karena naiknya tegangan/potensial pada waktu terjadi sambaran petir maka tahanan kaki menara perlu dibuat sekecil mungkin (di Amerika kurang dari 10 Ohm). Untuk memahami mengapa tahanan pentanahan harus rendah, dapat digunakan hukum Ohm yaitu :

$$V = I \times R \text{ volt}$$

Dimana :

V = tegangan (volt)

I = Arus (ampere)

R = Tahanan (ohm)

Sebagai contoh terdapat tegangan sumber 415 volt (240volt terhadap tanah) dengan tahanan 4 ohm. Ada masalah/trouble atau gangguan, sehingga kabel dari sumber yang mencatu motor listrik menyentuh badan motor. Hal ini berarti kabel tersebut menghubungkan ke sistem pentanahan yang mempunyai tahanan 20 ohm ke tanah (perhatikan gambar 713). Menurut hukum Ohm akan ada arus mengalir sebesar 10 amper melewati badan motor.

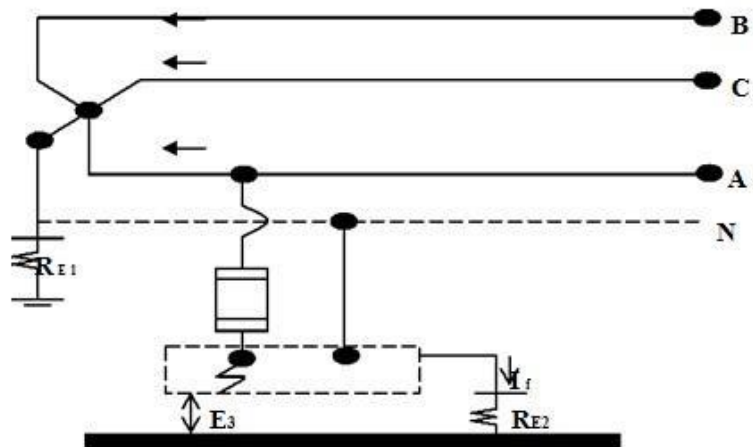
f. Exposur Tegangan (Voltage Exposure)

International Electrotechnical Commission (IEC) mengusulkan besar tegangan sentuh yang sebagai fungsi dari lama gangguan seperti pada tabel 7.1 dibawah ini. Tabel ini biasanya digunakan untuk system tegangan konsumen. Jadi misalnya untuk sistem pentanahan pengaman (PUIL Fasal 324). Jika terjadi kegagalan isolasi pada peralatan, maka besar arus gangguan I_f dari titik gangguan ke badan peralatan tersebut, dan dari badan peralatan ke tanah melalui tahanan pentanahan RE2, maka timbulah tegangan sentuh pada badan peralatan sebesar:

$$V_S = I_f \cdot R_{E2}$$

Tabel 7.1. Besar dan lama tegangan sentuh maksimum.

Tegangan sentuh volt (rms)	Waktu pemutusan maksimum (detik)
< 50	
50	5,0
75	1,0
90	1,5
110	0,2
150	0,1
220	
280	0,03



Gambar 7.14. Hubung tanah pada peralatan dalam suatu sistem yang netralnya diketanahkan. (Sumber: BSE Jaringan Transmisi Tenaga Listrik)

- g. Pengaruh Besar Tahanan Terhadap Sistem Tenaga Listrik
- Makin besar tahanan tanah, tegangan sentuh makin besar
 - Makin besar tahanan tanah pada tiang transmisi, makin besar tegangan puncak tiang
 - Makin besar tahanan tanah pada tiang tranmisi, makin banyak jumlah Isolator yangharus dipasang (jumlah isolator makin panjang
 - Tahanan tanah mempengaruhi penampilan saluran (line Performance).

h. Pengaruh Tahanan Pentanahan Yang Kecil Pada Sistem

- 1) Mengurangi tegangan pada puncak tiang
- 2) Mengurangi tegangan pada kawat penghantar
- 3) Mengurangi tegangan pada isolator
- 4) Mengurangi gangguan sampai beberapa gawang
- 5) Mengurangi waktu berlangsungnya tegangan merusak (Break Down voltage).

D. Aktifitas Pembelajaran

Aktifitas belajar dibagi menjadi dua aktifitas, yakni aktifitas instruktur dan aktifitas peserta didik, berikut uraian aktifitas belajar instruktur dan peserta didik.

No	Kegiatan	Aktifitas Instruktur	Aktifitas Peserta Didik
1	Pembuka	<ul style="list-style-type: none">• Membuka pelajaran• Menjelaskan tujuan pembelajaran dan indikator ketercapaian kompetensi	Mendengarkan dan mengikuti
2	Inti	Menjelaskan materi pengantar	Mendengarkan
		Mengamati dan mengontrol kegiatan diskusi yang berlangsung	Berdiskusi

		Menjelaskan kembali materi diskusi dan memperjelas hasil diskusi yang telah berlangsung	Mendengarkan dan mencatat
		Membuka sesi tanya jawab	Merangkum hasil diskusi
			Mengajukan pertanyaan
3	Penutup	<ul style="list-style-type: none"> • Menjelaskan kesimpulan dari hasil diskusi 	Mendengar dan mengikuti dengan cermat
		<ul style="list-style-type: none"> • Menutup pembelajaran 	

E. Rangkuman

Tahanan isolasi adalah tahanan yang terdapat diantara dua kawat saluran (kabel) yang diisolasi satu sama lain atau tahanan antara satu kawat saluran dengan tanah (ground). Pengukuran tahanan isolasi digunakan untuk memeriksa status isolasi rangkaian dan perlengkapan listrik, sebagai dasar pengendalian keselamatan. Alat ukur yang digunakan untuk mengukur atau menguji tahanan isolasi suatu kabel adalah Megger (MegaOhm).

Timbulnya gejala-gejala “busur listrik ketanah (archingground)” Sangat berbahaya karena menimbulkan tegangan lebih transienzt yang dapat merusak peralatan. Pentanahan titik netral melalui tahanan (resistance grounding) Dimaksud adalah suatu system yang mempunyai titik netral dihubungkan dengan tanah melalui tahanan (resistor).

F. Latihan/Tugas/Kasus

1. Sebutkanlah dengan jelas, komponen apakah yang digunakan untuk Menguji tahanan isolasi instalasi gardu induk sistem tenaga listrik !
2. Sebutkanlah cara mengukur Menguji tahanan isolasi instalasi gardu induk sistem tenaga listrik !

G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut

Jawablah Pertanyaan berikut dengan baik dan benar

1. Sebutkanlah Defenisi dari tahanan Isolasi !
2. Sebutkanlah dengan jelas tiga macam elektroda pentanahan !
3. Sebutkanlah dengan jelas pengaruh pentanahan terhadap system tenaga listrik !
4. Sebutkanlah pengaruh pentanahan yang kecil terhadap system Tenaga Listrik !
5. Sebutkanlah dengan jelas Pengukuran Tahanan Pentanahan!

H. Kunci Jawaban

1. Tahanan isolasi adalah tahanan yang terdapat diantara dua kawat saluran (kabel) yang diisolasi satu sama lain atau tahanan antara satu kawat saluran dengan tanah (ground).
2. Macam-macam elektroda pentanahan adalah :
 - a. Elektroda Pita, berupa pita atau kawat berpenampang bulat yang ditanam di dalam tanah umumnya penanaman-nya tidak terlalu dalam. (0,5 - 1 meter) dan caranya ada bermacam-macam,
 - b. Elektroda Batang, berupa batang yang ditanam tegak lurus dalam tanah Untuk membuat agar tahanan pentanahan cukup kecil elektroda batang tersebut ditanam lebih dalam atau menggunakan beberapa batang elektroda.
 - c. Elektroda pelat, berupa pelat yang ditanam tegak lurus dalam tanah
3. Pengaruh Besar Tahanan Terhadap Sistem Tenaga Listrik
 - a. Makin besar tahanan tanah, tegangan sentuh makin besar
 - b. Makin besar tahanan tanah pada tiang transmisi, makin besar tegangan puncak tiang
 - c. Makin besar tahanan tanah pada tiang tranmisi, makin banyak jumlah Isolator yangharus dipasang (jumlah isolator makin panjang
 - d. Tahanan tanah mempengaruhi penampilan saluran (line Performance).
4. Pengaruh Tahanan Pentanahan Yang Kecil Pada Sistem
 - a. Mengurangi tegangan pada puncak tiang

- b. Mengurangi tegangan pada kawat penghantar
- c. Mengurangi tegangan pada isolator
- d. Mengurangi gangguan sampai beberapa gawang
- e. Mengurangi waktu berlangsungnya tegangan merusak (Break Down voltage).

5. Pengukuran Tahanan Pentanahan

Pengukuran tahanan pentanahan bertujuan untuk menentukan tahanan antara besi atau plat tembaga yang ditanam dalam tanah yang digunakan untuk melindungi peralatan listrik terhadap gangguan petir dan hubung singkat.

Evaluasi

1. Sebutkan fungsi dari peralatan gardu induk!
2. Sebutkan dan jelaskan bagian-bagian arrester!
3. Jelaskan apa pertimbangan pembangunan gardu induk!
4. Jelaskan keunggulan GIS dibanding GI konvensional!
5. Jelaskan fungsi Relay Differensial!
6. Jelaskan apa fungsi Pengujian sistem pengaman dan kontrol (Protection & Control) !
7. Sebutkan dan jelaskan Pemeriksaan sifat tampak (visual check)!
8. Jelaskan pengertian Pengujian!
9. Sebutkanlah dengan jelas Pengukuran Tahanan Pentanahan!
10. Sebutkanlah dengan jelas pengaruh pentanahan terhadap system tenaga listrik !

Pedoman Nilai Teori

No. Soal	Skor	Bobot	Keterangan
1	10	2	
2	10	1	
3	10	1	
4	10	1	
5	10	2	
6	10	2	
7	10	2	
8	10	2	
9	10	1	
10	10	1	

PENUTUP

Setelah membaca dan mempelajari modul ini diharapkan peserta mampu mengembangkan kemampuan pedagogik dan kemampuan profesionalnya terutama pada mata pelajaran yang diampu. Diharapkan semua kompetensi yang ada pada setiap materi didalam modul ini dapat tercapai dengan baik. apabila semua kompetensi yang diharapkan pada modul ini dapat dicapai oleh peserta maka diharapkan peserta akan mengalami peningkatan kemampuan baik dari segi pedagogik dan segi profesional terutama dibidang mata pelajaran yang diampunya. Jika merujuk pada modul ini maka mata pelajaran yang dimaksud adalah penyaluran energi listrik . Terkhusus pada modul ini membahas mengenai teknik jaringan listrik. Teknik jaringan ini tentunya berperan dalam usaha pemamfaatan energy listrik dan penyaluran energy listrik dalam skala besar dan objek yang lebih kompleks.

Penulis menyadari bahwa masih banyak terdapat kekurangan dan kesalahan pada modul ini. Untuk itu, Penulis sangat mengharapkan saran dan komentar yang membangun dari pembaca, demi kesempurnaan pengembangan dari modul ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Arismunandar, Artono & Kuwahara, Susumu, (1973) : *Buku Pegangan TEKNIK TENAGA LISTRIK*, Jilid II : Saluran Transmisi, Cetakan Pertama, Tokyo : Association for International Technical Promotion & Jakarta : Pradnya Paramita.
- Arismunandar, Artono & Kuwahara, Susumu., (1973) : *Buku Pegangan TEKNIK TENAGA LISTRIK*, Jilid III : Gardu Induk, Cetakan Pertama, Tokyo : Association for International Technical Promotion & Jakarta : Pradnya Paramita.
- Arismunandar, Artono., (1975) : *Teknik Tegangan Tinggi*, Cetakan Ketiga, Jakarta: Pradnya Paramita.
- Artono Arismunandar, DR. M.A.Sc DR. Susumu Kuwahara. 1975. *Buku Pegangan Teknik Tenaga Listrik* Jilid I. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- Artono Arismunandar, DR. M.A.Sc, DR. Susumu Kuwahara. 1975. *Buku Pegangan Teknik Tenaga Listrik* Jilid II. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- BSE : *Gardu Induk* Semester III. Jakarta: KEMENDIKBUD Tahun 2014
- Buku 4 : *Standar Konstruksi Gardu Distribusi dan Gardu Hubung Tenaga Listrik*, PT. PLN (Persero) Tahun 2010.
- Cadick, John., (1999) : *Cables and Wiring, Second Edition*, New York : Delmar Publishers.
- Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral. 2004. *Sosialisasi Standar Latih Kompetensi (SLK) Tenaga Teknik Ketenagalistrikan Bidang Distribusi Tenaga Listrik*. Jakarta: Pusat Diklat Energi dan Ketenagalistrikan.
- Deshpande,M.V., (1980) : *Electrical Power System Design*, New Delhi : Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited.
- Marsudi, Djiteng., (1990) : *Operasi Sistem Tenaga Listrik*, Jakarta : Balai Penerbit & Humas Institut Sains dan Teknologi Nasional (ISTN).
- Rochmanhadi, (1993), *Teknik & Ekonomi Pembangkit Tenaga (Power Plant)*, Semarang : Penerbit Yayasan Gema Aprroteknika.
- Team O & M Transmisi dan Gardu Induk, *Buku Petunjuk : OPERASI DAN MEMELIHARA PERALATAN UNTUK INSTALASI GARDU INDUK*, PT. PLN Pembangkitan Jawa Barat dan Jakarta Raya. 1996.
-, *KOMPONEN UTAMA JARINGAN DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK TEGANGAN MENENGAH*, PT. PLN (Persero) Tahun 2010.

GLOSARIUM

A

A : Ampere, Satuan Arus Listrik

AF : Availability Factor, Faktor ketersediaan, adalah perbandingan antara daya yang tersedia unit pembangkit pada waktu tertentu dengan daya

$$AF = \frac{\text{Daya tersedia unit pembangkit (MW)}}{\text{DMN unit pembangkit (MW)}} \text{ tersebut .}$$

APP: Alat Pembatas dan alat Pengukur, Alat milik PT PLN (Persero) yang berfungsi untuk membatasi daya listrik yang dipakai serta mengukur pemakaian energi listrik

Asut : Start

Asut Gelap : Black Start, pengasutan suatu unit pembangkit yang dilakukan tanpa ketersediaan pasokan daya dari luar ADB : Air Dried Basis, merupakan nilai kalori batubara yang memperhitungkan inherent moisture saja

B

Busbar : Batang conductor, biasanya terbuat dari lempeng tembaga panjang.

BUS : Rel Busbar

Beban : Sering disebut sebagai Demand, merupakan besaran kebutuhan tenaga listrik yang dinyatakan dengan MWh, MW atau MVA tergantung kepada konteksnya

Biaya Beban : Komponen biaya dalam rekening listrik yang besarnya tetap, dihitung berdasarkan daya tersambung

Biro Instalatir : Badan usaha penunjang tenaga listrik yang bergerak dalam pembamngunan dan pemasangan peralatan ketenagalistrikan, yang sah terdaftar dan mendapat ijin kerja dari PT PLN (PERSERO)/Pemerintah

Blackout : Padam

BPP : Biaya Pokok Penyediaan

BP : Biaya Penyambungan, biaya yang harus dibayar kepada PT PLN (PERSERO) oleh pelanggan atau calon pelanggan untuk memperoleh penambahan daya atau penyambungan baru

BK : Biaya Keterlambatan, biaya yang dikenakan PT PLN (PERSERO) kepada pelanggan atas keterlambatan pembayaran rekening listrik

BTU : British Thermal Unit

C

CF : *Capacity Factor*, Faktor kapasitas, adalah perbandingan antara jumlah produksi listrik selama periode operasi terhadap jumlah produksi terpasang selama periode tertentu (1 tahun).

Capacity balance : Neraca yang memperlihatkan keseimbangan kapasitas sebuah gardu induk dengan beban puncak pada area yang dilayani oleh gardu induk tersebut, dinyatakan dalam MVA

Captive power : Daya listrik yang dibangkitkan sendiri oleh pelanggan, umumnya pelanggan industri dan komersial

CT : Current Transformer (Trafo Arus), alat untuk menurunkan arus listrik untuk keperluan pengukuran energi listrik atau untuk peralatan pengaman dan pengendalian listrik lainnya

CCS : Carbon Capture and Storage

CCT : Clean Coal Technology

CDM : Clean Development Mechanism atau MPB Mekanisme Pembangunan Bersih

COD : Commercial Operating Date

D

DMN : Daya Mampu Netto, besarnya daya output pembangkit yang sudah dikurangi dengan pemakaian sendiri unit pembangkit tersebut

Daya mampu : Kapasitas nyata suatu pembangkit dalam menghasilkan MW

Daya terpasang : Kapasitas suatu pembangkit sesuai dengan name plate

Daya Tersambung : Batas daya yang dapat digunakan oleh pelanggan setiap saat dan tercatat di PT PLN (PERSERO) serta menjadi dasar perhitungan Biaya Beban

Dispatcher : Pelaksana pengendali operasi

DAS : Daerah Aliran Sungai

DMO : Domestic Market Obligation

E

EBITDA : Earning Before Interest, Tax, Depreciation and Amortization

ERPA : Emission Reduction Purchase Agreement

Excess power : Kelebihan energi listrik dari suatu captive power yang dapat dibeli oleh PLN

Earthing : Grounding, Pembumian

G

GD : Gardu Distribusi

GI : Gardu Induk

GITET : Gardu Induk Tegangan Ekstra Tinggi (500 kV)

GITO : Gardu Induk Tanpa Operator

GT : Gas Turbine PLTGU

GWh : Giga Watt Hour (1 GWh=1.000 MWh)

Gangguan : Kejadian takterencana yang mengakibatkan kondisi abnormal dalam Jaringan (Grid)

GAR : Gross As Received, merupakan nilai kalori batubara yang memperhitungkan total moisture

GRK : Gas Rumah Kaca

H

Hz : Hertz, satuan frekuensi listrik

HSD : High Speed Diesel Oil

HVDC : High Voltage Direct Current

HSD : High Speed Diesel Oil

Host Load : Unit pembangkitan berbeban pemakaian sendiri

Heat Rate : Besar energi yang digunakan oleh unit pembangkit dalam memproduksi satu unit output. Contoh : jumlah energi untuk memproduksi energi 1 MWh (dinyatakan dalam GJ/MWh)

Heat Rate Curve : Kurva yang menunjukkan konsumsi energi termal per-jam operasi pada tingkat output yang bervariasi (GJ/Jam)

I

IBT : Inter Bus Transformer, yaitu trafo penghubung dua sistem transmisi yang berbeda tegangan, seperti trafo 500/150 kV dan 150/70 kV

IPP : Independent Power Producer

IBT : Interbus Transformer (500 kV/150 kV)

IDO : Intermediate Diesel Oil

Island Operation : Pembangkitan terpisah dari sistem dan beroperasi dengan beban di sekitarnya

J

JTM : Jaringan Tegangan Menengah adalah saluran distribusi listrik bertegangan 20 kV

JTR : Jaringan Tegangan Rendah adalah saluran distribusi listrik bertegangan 220 V

JTL : Sambungan Langsung (SL) termasuk peralatannya, sehingga tenaga listrik disalurkan tanpa melalui APP

JCC : Jawa Bali Control Centre, Pusat Pengatur Beban Jawa Bali

K

kV : Kilo Volt (=1000 volt)

kVA : Kilo Volt Ampere (=1000 volt ampere)

kVARh : Kilo Volt Ampere Reactive Hour, satuan energi listrik semu (reaktif)

kW : Kilo Watt, satuan daya listrik nyata (aktif)

kWh : Kilo Watt Hour, satuan energi listrik nyata (aktif)

kmr : kilometer-route, menyatakan panjang jalur saluran transmisi

kms : kilometer-sirkuit, menyatakan panjang konduktor saluran transmisi / jaringan tenaga listrik

Kabel TM : Kabel Tegangan Menengah

Kabel TR : Kabel Tegangan Rendah

L

Line Charging : Pemberian tegangan ke saluran pengantar (transmisi)

Life Extension : Program rehabilitasi suatu unit pembangkit yang umur teknisnya mendekati akhir

LNG : Liquefied Natural Gas

LF : Load Factor, Faktor beban, adalah perbandingan dari rata-rata output atau beban terhadap maksimum output atau beban dalam suatu periode terhadap beban puncak yang terjadi pada periode tersebut

Load Shedding : Pengurangan beban secara sengaja (otomatis / manual) dengan pemutusan beban tertentu karena kejadian abnormal, untuk mempertahankan integritas Jaringan dan menghindari pemadaman yang lebih besar

Losses :Energi listrik yang hilang dalam inti Trafo dan konduktor penghantar/kabel di Jaringan

LWBP : Luar Waktu Beban Puncak

LOLP : Loss of Load Probability, suatu indeks keandalan sistem pembangkitan yang biasa dipakai pada perencanaan kapasitas pembangkit

M

MW : Mega Watt (1 MW=1.000 kW)

MWh : Mega Watt-hour (1 MWh=1.000 kWh)

MSCF 103 : Million Standard Cubic Foot, (M=103)

MMSCF 106 : Million Metric Standard Cubic Foot, Standard Cubic Foot, (MM=106), satuan yang biasa digunakan untuk mengukur volume gas pada tekanan dan suhu tertentu

MMSCFD : Million Metric Standard Cubic Foot per Day

MMBTU : Million Metric British Thermal Unit, satuan yang biasa digunakan untuk mengukur kalori gas

Mothballed : Pembangkit yang tidak dioperasikan namun tetap dipelihara

MP3EI : Master Plan Percepatan dan Perluasan Pembangunan Ekonomi Indonesia

MO : Maintenance Schedule, Skedul yang menunjukkan rencana outage pelaksanaan pemeliharaan

MFO : Marine Fuel Oil

Merit Order : Daftar unit pembangkit dengan urutan biaya operasi yang marginal, sudah termasuk pertimbangan : biaya start-up dan shut-down, minimum start-u dan waktu keluar, kendala bahan bakar, serta kendala operasi lainnya

N

Neraca daya : Neraca yang menggambarkan keseimbangan antara beban puncak dan kapasitas pembangkit

Non Coincident Peak Load : Jumlah beban puncak sistem-sistem tidak terinterkoneksi tanpa melihat waktu terjadinya beban puncak

O

Outage : Suatu periode waktu dimana pusat pembangkit, unit pembangkit atau bagian dari Grid, secara keseluruhan atau sebagian tidak beroperasi karena suatu kejadian yang terencana maupun tidak terencana

P

Pms : Pemisah (disconnecting switch)

Pms Tanah : Earthing Switch

Pmt : Pemutus tenaga (circuit breaker)

PPJ : Pajak Penerangan Jalan, pajak yang dibayarkan oleh semua pelanggan PT PLN (PERSERO), dipungut oleh PT PLN (PERSERO) dan selanjutnya disetor ke Kas Pemda

PT : Potentio Transformer (Trafo Tegangan), alat untuk menurunkan tegangan listrik yang diperlukan khusus bagi pengukuran energi listrik atau peralatan pengaman dan pengendali listrik lainnya

P2TL : Penertiban Pemakaian Tenaga Listrik, Pemeriksaan oleh PLN terhadap instalasi PLN dan instalasi pelanggan dalam rangka penertiban pemakaian/pemanfaatan tenaga listrik

Peaking : Pembangkit pemikul beban puncak

Prakiraan beban : Demand forecast, prakiraan pemakaian energi listrik di masa depan

R

Reserve margin : Cadangan daya pembangkit terhadap beban puncak, dinyatakan dalam %

Rasio elektrifikasi : Perbandingan antara jumlah rumah tangga yang berlistrik dan jumlah keseluruhan rumah tangga

S

SR : Sambungan Rumah

ST : Steam Turbine PLTGU

SL : Sambungan Langsung, adalah sambungan JTL termasuk peralatannya, sehingga tenaga listrik disalurkan tanpa melalui APP

STL : Sambungan Tenaga Listrik, penghantar di bawah atau di atas tanah termasuk peralatannya sebagai bagian instalasi PLN yang merupakan sambungan antara JTL milik PLN dengan instalasi pelanggan

SMP : Saluran Masuk Pelayanan, Kabel milik PLN yang menghubungkan antara jaringan Tegangan Rendah dengan APP yang terpasang di rumah pelanggan

SUTET : Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi (500 kV)

SUTM : Saluran Udara Tegangan Menengah (6 kV, 20 kV)

SUTR : Saluran Udara Tegangan Rendah (220 V, 380 V)

SUTT : Saluran Udara Tegangan Tinggi (70 kV, 150 kV)

SAIDI : System Average Interruption Duration Index (Indeks Lama Gangguan)

SAIFI : System Average Interruption Frequency Index (Indeks Frekuensi Gangguan)

SCADA : Supervisory Control And Data Acquisition

SFC : Specific Fuel Consumption

Shutdown : Pengeluaran suatu unit pembangkit dari Jaringan
SKLT : Saluran Kabel Laut Tegangan Tinggi

SKTT : Saluran Kabel Tegangan Tinggi

Subregion : Group Switching Centre

T

TDL : Tarif Dasar Listrik, ketentuan pemerintah yang berlaku mengenai golongan tarif dan harga jual tenaga listrik yang disediakan oleh PLN

Tingkat cadangan : Reserve margin, adalah besar cadangan daya yang dimiliki oleh perusahaan dalam rangka mengantisipasi beban puncak

TR : Tegangan Rendah, Tegangan sistem 220 V, 380 V sampai dengan 1.000 Volt .

TM : Tegangan Menengah, Tegangan sistem diatas 1.000 Volt sampai dengan 35.000 Volt

TT : Tegangan Tinggi, Tegangan sistem diatas 35.000 Volt sampai dengan 245.000 Volt

TET :Tegangan Ekstra Tinggi, Tegangan sistem diatas 245.000 Volt

TMA : Tinggi Muka Air, ketinggian (meter) elevasi permukaan air waduk diatas permukaan laut

Total *Blackout* : Situasi dimana Jaringan (Grid) padam total

Trafo : Transformator

TWh : Tera Watt Hour (1 TWh=1.000 GWh) Titik Penyambungan Bersama : Titik terdekat dengan pelanggan dimana tersambung juga pelanggan yang lain pada JTR atau JTM atau JTr atau JTET