

UNIVERSITAS INDONESIA

**ANALISA PEMELIHARAAN PERALATAN UTAMA SISTEM
KELISTRIKAN UNIVERSITAS INDONESIA
KAMPUS DEPOK**

SKRIPSI



**BUDI PRAYITNO
0806365564**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
DEPOK
DESEMBER 2010**



UNIVERSITAS INDONESIA

**ANALISA PEMELIHARAAN PERALATAN UTAMA SISTEM
KELISTRIKAN UNIVERSITAS INDONESIA
KAMPUS DEPOK**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

**BUDI PRAYITNO
0806365564**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
DEPOK
DESEMBER 2010**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,
Dan semua sumber baik yang dikutip maupun yang dirujuk
Telah saya nyatakan dengan benar**

Nama : Budi Prayitno
NPM : 0806365495
Tanda tangan :
Tanggal : 28 Desember 2010

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Budi Prayitno
NPM : 0806365564
Program Studi : Teknik Elektro
Judul Skripsi : Analisa Pemeliharaan Peralatan Utama Sistem
Kelistrikan Universitas Indonesia Kampus Depok

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST) pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Ir. I Made Ardita Y, MT

()

Penguji 1 : Prof. Dr. Ir. Iwa Ganiwa MK, MT

()

Penguji 2 : Aji Nur Widyanto, ST, MT

()

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 28 Desember 2010

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur saya panjatkan kepada Allah SWT, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik (ST) Jurusan Teknik Elektro pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan seminar ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada :

- 1) Alm. Ayahanda dan Ibunda yang dengan tulus mendo'akan untuk menjadi manusia yang lebih baik dan saudara-saudara yang tidak pernah bosan mengingatkan untuk penyelesaian tugas akhir ini.
- 2) Keluarga tercinta (Istri dan Anak) yang telah memberikan dukungan do'a dan moral dari mulai kuliah sampai penyusunan tugas akhir ini selesai.
- 3) Bapak Ir. I Made Ardyta, MT selaku Dosen Pembimbing utama yang telah menyediakan waktu, tenaga dan pikiran dalam penyelesaian tugas akhir ini.
- 4) Anggota Tim Master Kelistrikan UI dari Fakultas Teknik UI yang telah banyak berbagi ilmu, pengalaman dan pengetahuan tentang kelistrikan.
- 5) Bapak Dr. Ir. Donanta Dhaneswara, M.Sc, selaku Direktur Umum dan Fasilitas UI dan Bapak Dr. drg. Harun A. Gunawan, M.Sc selaku Wakil Direktur Umum dan Fasilitas yang telah memberikan izin kepada saya untuk meneruskan kuliah sampai selesai.
- 6) Kepada Dr. Ir. R. Jachrizal Sumabrata M.Sc, yang telah banyak membantu dari proses masuk kuliah sampai dengan penyusunan skripsi ini selesai, semoga segera meraih gelar Profesor.
- 7) Bapak Prof. Dr. Ir. Iwa Garniwa K, dimana buah fikirannya telah menjadi inspirasi dalam pengelolaan system kelistrikan di Universitas Indonesia
- 8) Kepada Dr. Ronally Rasmin dan kakak saya Lulus Priyanto dan Istri yang banyak membantu saya hingga bisa seperti sekarang ini,
- 9) Rekan sekantor dan teman - teman kuliah yang telah banyak membantu saya secara moral dalam menyelesaikan skripsi ini.

Akhir kata, saya berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Depok, Desember 2010
Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Budi Prayitno
NPM : 0806365564
Program studi : Teknik Elektro
Departemen : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

***Analisa Pemeliharaan Peralatan Utama Sistem Kelistrikan
di Universitas Indonesia Kampus Depok***

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan mengalih media/format, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat dan mempublikasikan skripsi saya tanpa meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok
Pada tanggal : 28 Desember 2010
Yang menyatakan

(**Budi Prayitno**)

ABSTRAK

Nama : Budi Prayitno
Program Studi : Teknik Elektro
Judul : Analisa Pemeliharaan Peralatan Utama Kelistrikan di Universitas
Indonesia Kampus Depok

Universitas Indonesia merupakan universitas terbesar yang ada di Indonesia, sesuai visinya untuk menjadi *World Class Resarch University*, maka perlu didukung oleh kualitas peralatan pada sistem kelistrikan yang handal agar setiap kegiatan yang ada di kampus tidak terganggu akibat kerusakan peralatan listrik. Skripsi ini membahas mengenai bagaimana sistem kelistrikan yang ada di Universitas Indonesia dan bagaimana pengujian peralatan kelistrikan utama serta metode pemeliharaannya. Pada penulisan skripsi ini, peralatan utama yang perlu dilakukan pemeliharaan rutin dan pengawasan khusus adalah Kabel Tegangan Menengah, Cubicle Tegangan Menengah dan Peralatan Hubung Bagi Tegangan Rendah. Karena bila salah peralatan tersebut rusak atau bermasalah, maka suplai listrik akan langsung padam.

KATA KUNCI :

Kabel Tegangan Menengah, Cubicle TM, Transformator, PHB TR.

ABSTRACT

Name : **Budi Prayitno**
Study Program : Electrical Engineering
Title : Analysis of Electrical Equipment Maintenance at the
University of Indonesia, Depok Campus

University of Indonesia is the largest university in Indonesia, according to its vision to become a World Class University Research, it needs to be supported by quality equipment on a reliable electrical system for any existing activities on campus are not disrupted due to damage to electrical equipment. This thesis describes how the existing electrical system at the University of Indonesia and how the main electrical equipment testing and maintenance methods. In writing this sekripsi, major equipment to do routine maintenance and special supervision is Medium Voltage Cables, Medium Voltage Cubicle and Equipment For Low Voltage circuit. Because if the wrong equipment is damaged or problematic, then the electricity supply would be immediately extinguished.

KEYWORDS:

Medium Voltage Cables, Cubicle TM, transformers, PHB TR

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI	v
ABSTRAK	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	x
BAB I. PENDAHULUAN	1
I.1. Latar Belakang	1
I.2. Perumusan Masalah	2
I.3. Batasan Penelitian.....	2
I.4. Metode Penulisan	3
I.5. Tujuan Penulisan	3
I.6. Sistematika Penulisan	3
BAB II. LANDASAN TEORI	5
II.1. Sistem Pasokan Kelistrikan Tegangan Menengah	5
II.2. Sistem Awal Distribusi Tegangan Menengah.....	6
II.3. Sistem Distribusi Tegangan Menengah 2010.....	10
II.4. Rencana Sistem Kelistrikan UI 2010 – 2015.....	12
II.5. Kondisi Eksisting Pemeliharaan Peralatan Utama Gardu	
Listrik UI.....	14
II.5.1. Pemeliharaan Kabel Tegangan Menengah.....	14
II.5.2. Pemeliharaan Cubicle TM.....	14
II.5.3. Pemeliharaan Transformator	15
II.5.3.1 Konstruksi Trafo	16
II.5.3.2 Pemeliharaan Trafo	24

II.5.. Pemeliharaan Hubung Bagi Tegangan Rendah.....	25
II.6. Peralatan Pendukung Gardu Listrik UI	26

**BAB III METODE PEMELIHARAAN PERALATAN UTAMA SISTEM
KELISTRIKAN DI UNIVERSITAS INDONESIA KAMPUS
DEPOK**

III.1 Metode Pemeliharaan Kabel TM.....	28
III.2 Metode Pemeliharaan Cubicle TM.....	31
III.3 Metode Pemeliharaan Transformator	34
III.3.1 Pemeliharaan Minyak Trafo.....	35
III.3.2 Jadwal dan Macam pemeliharaan Trafo.....	40
III.4 Pemeliharaan PHB TR	41
III.4.1 Metode Pemeliharaan PHB TR	42
III.4.2 Jadwal dan Macam Pemeliharaan PHB TR	42

BAB IV. ANALISA46

IV.1. Analisa Pemeliharaan Kabel TM.....	46
IV.2 Analisa Pemeliharaan Cubicle TM.....	47
IV.3 Analisa Pemeliharaan Transformator	48
IV.4 Analisa Pemeliharaan PHB TR	49
IV.5 Biaya Pemeliharaan	51
IV.6 Contoh Kasus.....	52

BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN.....53

5.1. Simpulan	53
4.2. Saran	54

DAFTAR PUSTAKA55

LAMPIRAN - LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

- Gambar 2.1 Konfigurasi Pasokan Listrik dari PT. PLN (Persero)
- Gambar 2.2 Jaringan Listrik Awal di Universitas Indonesia
- Gambar 2.3 Konfigurasi Jaringan TM UI saat ini
- Gambar 2.4 Sistem Distribusi Jaringan TM
- Gambar 2.5 Sistem Distribusi JTM UI 2010
- Gambar 2.6 Sistem JTM UI hingga 2015
- Gambar 2.7 Inti Besi dalam Laminasi
- Gambar 2.8 Kumparan Trafo R S T
- Gambar 2.9 Model Bushing
- Gambar 2.10 Konservator
- Gambar 2.11 Susunan Blower Pendingin Trafo
- Gambar 2.12 Perubah Tap Tegangan pada Trafo
- Gambar 2.12a Skema Rangkaian Tap Perubah Tegangan
- Gambar 2.13 Silica Gel Pada Trafo
- Gambar 2.14 Alat Pengukur Temperatur / indicator Trafo
- Gambar 3.1 Diagram Alat Ukur Isolasi Kabel
- Gambar 3.2 Diagram Pengukuran Isolasi Kabel TM
- Gambar 3.3 Hasil Pengujian Isolasi Kabel yang Baik
- Gambar 3.4 Hasil pengujian Isolasi Kabel yang Buruk
- Gambar 3.5 Indikator Gas SF₆
- Gambar 3.6 Pemebersihan Corona pada Trafo
- Gambar 3.7 Kran Minyak Trafo
- Gambar 3.8 Alat Tes Tegangan Tembus
- Gambar 3.9 Mesin Treatment
- Gambar 3.10 Hasil Foto PHB TR dengan Infrared kondisi baik
- Gambar 3.11 Kondisi Eksisting PHB Bermasalah
- Gambar 4.1 Proses Pengujian Kabel TM sebelum digunakan

DAFTAR TABEL

Tabel 1	Kebutuhan Daya Listrik UI hingga 2015
Tabel 2	Dielectric Strength dari Minyak Trafo yang sedang beroperasi
Tabel 3	Hasil tes tegangan tembus minyak trafo sebelum beroperasi
Table 4	Data Trafo yang akan dilakukan pengujian
Tabel 5	Hasil Pengujian Minyak Trafo sebelum diTreatment
Tabel 6	Skala Prioritas Perbaikan PHB TR berdasarkan Suhu

BAB I

PENDAHULUAN

I.1. Latar belakang

Universitas Indonesia merupakan universitas besar yang tidak luput dari perkembangan teknologi. Dengan berkembangnya berbagai fasilitas dalam rangka untuk memenuhi kebutuhan dan tuntutan untuk menjadi *World Class Research University*, maka diperlukan pula peralatan - peralatan yang modern dengan kualitas dan fungsi yang besar. Dengan adanya peralatan-peralatan kantor, laboratorium dan lain lain yang menggunakan listrik untuk beroperasi, maka dibutuhkan supply listrik yang baik, stabil dan kontinyu agar dapat mendukung fungsi peralatan – peralatan modern yang ada di Lingkungan Universitas Indonesia secara maksimal. Selain untuk mendukung beroperasinya peralatan – peralatan kantor dan kuliah, supply listrik yang baik juga akan menjadikan peralatan-peralatan dapat bertahan lebih lama masa pemakaiannya.

Untuk itu perlu dilakukan pemeliharaan peralatan listrik yang ada di Lingkungan Universitas Indonesia secara teratur dan sistematis. Pada dasarnya pemeliharaan ini selain untuk menjaga kualitas pasokan listrik ke gedung – gedung di Lngkungan Universitas Indonesia, juga untuk memperpanjang masa pemakaian (life time) suatu peralatan yang digunakan untuk memasok/mengalirkan listrik dari gardu listrik sampai ke gedung.

Dengan penyusunan tugas akhir ini, diharapkan dapat memberi sedikit gambaran mengenai managemen pemeliharaan sistem kelistrikan yang baik yang akan digunakan baik perorangan ataupun industri, serta sebagai bahan diskusi atau tambahan bagi para pembaca atau mahasiswa yang akan membuat tugas akhir yang berkaitan dengan pemeliharaan.

I.2. Perumusan masalah

Didalam melakukan penyusunan langkah – langkah pemeliharaan dan perawatan sistem kelistrikan, maka tidak terlepas dari banyak faktor dan permasalahan-permasalahan yang timbul, dikarenakan pemahaman setiap orang pasti berbeda-beda dalam memahami pentingnya suatu pemeliharaan peralatan, sehingga sebelum melakukan penyusunan tugas akhir ini, penulis harus memahami apa yang akan dilakukan dalam manajemen pemeliharaan dan perawatan peralatan listrik. Setiap peralatan yang akan dilakukan pemeliharaan dan perawatan, sangat berhubungan erat dengan segi kualitas, kuantitas, efisiensi serta ekonomi. Berdasarkan uraian diatas maka permasalahan umum yang timbul dalam melakukan penyusunan dan penulisan “Managemen Pemeliharaan Sistem Keliistrikan” antara lain :

1. Bagaimana kita dapat mengetahui dan memahami fungsi suatu peralatan listrik yang ada di dalam gardu listrik;
2. Bagaimana mengetahui perawatan apa saja yang akan dilakukan terhadap peralatan listrik tersebut;
3. Bagaimana memilih waktu yang tepat untuk melakukan perawatan suatu peralatan listrik;
4. Kurangnya pemahaman tentang cirri-ciri peralatan yang sudah waktunya dilakukan perawatan;
5. Bagaimana hubungan masing-masing peralatan pada rangkaiannya;
6. Bagaimana kepresisian suatu peralatan dalam sistem kelistrikan;
7. Bagaimana menggunakan alat identifikasi untuk proses atau sebagai bahan analisis sebelum perawatan;

I.3. Batasan Pembahasan

Untuk membatasai ruang lingkup bahasan, maka penulis membatasi pebahasan pada :

1. Bagaimana sistem kelistrikan di Universitas Indonesia;
2. Bagaimana Pemeliharaan Peralatan Utama sistem kelistrikan yang ada di Universitas Indonesia;

3. Bagaimana metode pemeliharaan peralatan utama system kelistrikan dilakukan;
4. Analisa pemeliharaan yang sudah ada dan metode pemeliharaan seharusnya.

I.4. Metode penulisan

Adapun metode yang digunakan dalam pengumpulan data dalam Tugas Akhir ini adalah:

1. Metode Kepustakaan

Yaitu mengumpulkan data-data tentang kelistrikan yang ada di Universitas Indonesia. Landasan teori yang akan kami pergunakan adalah berdasarkan dari literatur-literatur yang kami kumpulkan mengenai karakteristik peralatan listrik, dan juga dari buku-buku panduan penunjang yang membahas ilmu-ilmu tentang apa yang penulis kerjakan dalam membuat Tugas Akhir ini.

2. Metode Diskusi

Yaitu dengan cara diskusi dengan teman - teman, Dosen maupun orang-orang yang lebih memahami, berpengalaman mengenai pemeliharaan system kelistrikan di Universitas Indonesia.

3. Metode Logika

Yaitu membayangkan atau memberi gambaran secara tidak langsung selama dalam proses pemeliharaan system kelistrikan.

I.5. Tujuan Penulisan

Menganalisa dan meningkatkan mutu pemeliharaan pada system kelistrikan di Universitas Indonesia Kampus Depok.

I.6. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang digunakan dalam Tugas Akhir ini dibagi dalam beberapa bab, yaitu menjelaskan latar belakang masalah, permasalahan, pembatasan masalah dan metode penulisan. Menjelaskan

tentang teori dasar dari sistem kelistrikan di Universitas Indonesia dan Pemeliharaan Eksisting di Universitas Indonesia Kampus Depok

Kemudian dilanjutkan dengan menjelaskan tentang bagaimana metode pemeliharaan sistem kelistrikan di Universitas Indonesia yang baik.

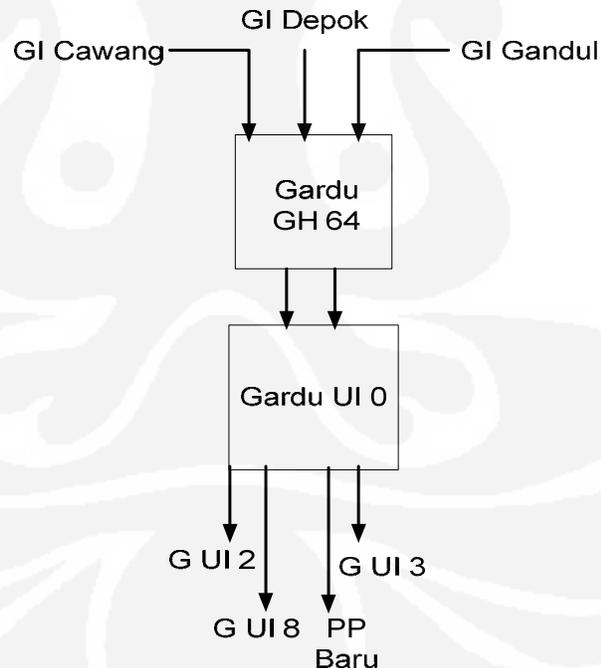
Menganalisa perbandingan pemeliharaan eksisting dan pemeliharaan yang baik dan benar ada pada bab berikutnya. Penulisan ditutup dengan penyampaian kesimpulan dan saran – saran.

BAB II DASAR TEORI

II.1 Sistem Pasokan Kelistrikan Tegangan Menengah

Kampus Universitas Indonesia merupakan salah satu pelanggan daya listrik terbesar PT. PLN (Persero) yang mengambil jaringan dari Gardu Induk Depok. Saat ini untuk Kampus UI Depok, daya yang tersambung sudah mencapai 10.300 KVA pada tegangan menengah 20 KV. Untuk memasok listrik ke Kampus UI Depok, PT. PLN (Persero) menggunakan 3 (tiga) penyulang yang di sekitar Jabodetabek yaitu GI Gandul, GI Cawang dan GI Depok Kota.

Dari ketiga Gardu Induk (GI) tersebut ditarik jaringan tegangan menengah yang didistribusikan ke Gardu PLN GH 64. Sehingga apabila terjadi gangguan pada salah satu GI, maka pasokan listrik ke Universitas Indonesia dapat dialihkan ke salah satu GI lainnya. Dengan demikian pasokan listrik untuk Universitas Indonesia tidak sampai terganggu.



Gambar 2.1 Konfigurasi Pasokan Listrik dari PT. PLN (Persero)

Dari Gardu GH 64, ditarik 2 (dua) jaringan TM yang didistribusikan ke Gardu UI 0, dari kedua jaringan tersebut, 1 (satu) jaringan aktif sebagai penyalur tegangan listrik, sedangkan 1 (satu) jaringan lagi standbey sebagai jaringan cadangan. Dan dioperasikan bila terjadi gangguan pada jaringan satunya.

Untuk pemeliharaan, PT. PLN (Persero) bertanggung jawab hingga sampai pada Gardu GH 64, karena dari GH 64 didistribusikan ke Gardu UI 0. Dimana Gardu UI 0 menjadi tanggung jawab Universitas Indonesia sebagai konsumen.

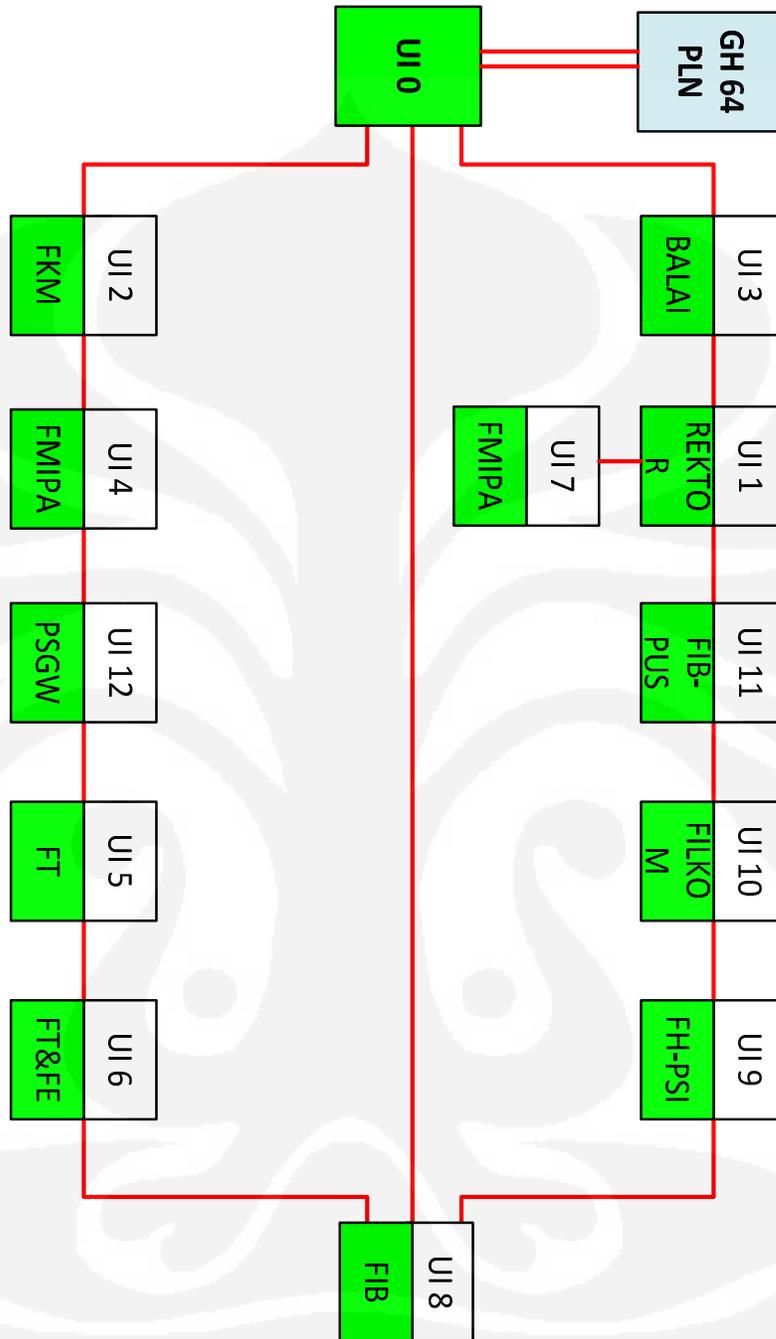
II.2 Sistem Awal Distribusi Tegangan Menengah

Pada awal perencanaan, sistem distribusi tegangan menengah di Universitas Indonesia menggunakan jaringan dengan konfigurasi ring tegangan jaringan menengah dengan 1 (satu) ekspress feeder sebagai jalur cadangan apabila terjadi gangguan pada feeder utama. Pada system jaringan listrik tegangan menengah utama menghubungkan 13 gardu Distribusi.

Jaringan Tegangan Menengah Konfigurasi Ring yang ada di Universitas Indonesia diawali dari Gardu UI 0 yang berfungsi sebagai Gardu utama. Gardu UI 0 terletak di samping Gardu GH 64 (milik PT. PLN). Gardu UI 0 ini berfungsi untuk mendistribusikan Jaringan Tegangan Menengah ke Gardu UI 2, Garu UI 3 dan Feeder ke Gardu UI 8. Selaian itu Gardu UI 0 berfungsi untuk melokalisir apabila terjadi gangguan di jaringan listrik di Universitas Indonesia tidak sampai terjadi ke Gardu GH 64 milik PT. PLN (Persero).

Untuk itu pada Gardu UI 0 selain dipasang PMS, juga dipasang PMT. Hal ini untuk melokalisir area gangguan dan mengamankan jaringan listrik di Gardu GH 64 milik PT. PLN (Persero).

Untuk lebih jelasnya konfigurasi jaringan listrik tegangan menengah yang terdapat di UI pada kondisi awal dapat dilihat pada gambar 2.2.



Gambar 2.2 Jaringan Listrik Awal di Universitas Indonesia

Namun karena adanya gangguan pada jalur antara gardu UI 5 dan UI 12 serta jalur antara UI 9 dan UI 10, maka konfigurasi jaringan listrik tegangan menengah UI kini tidak lagi berbentuk konfigurasi ring dengan satu express feeder. Jaringan TM UI kini tetap diawali dari gardu UI.0

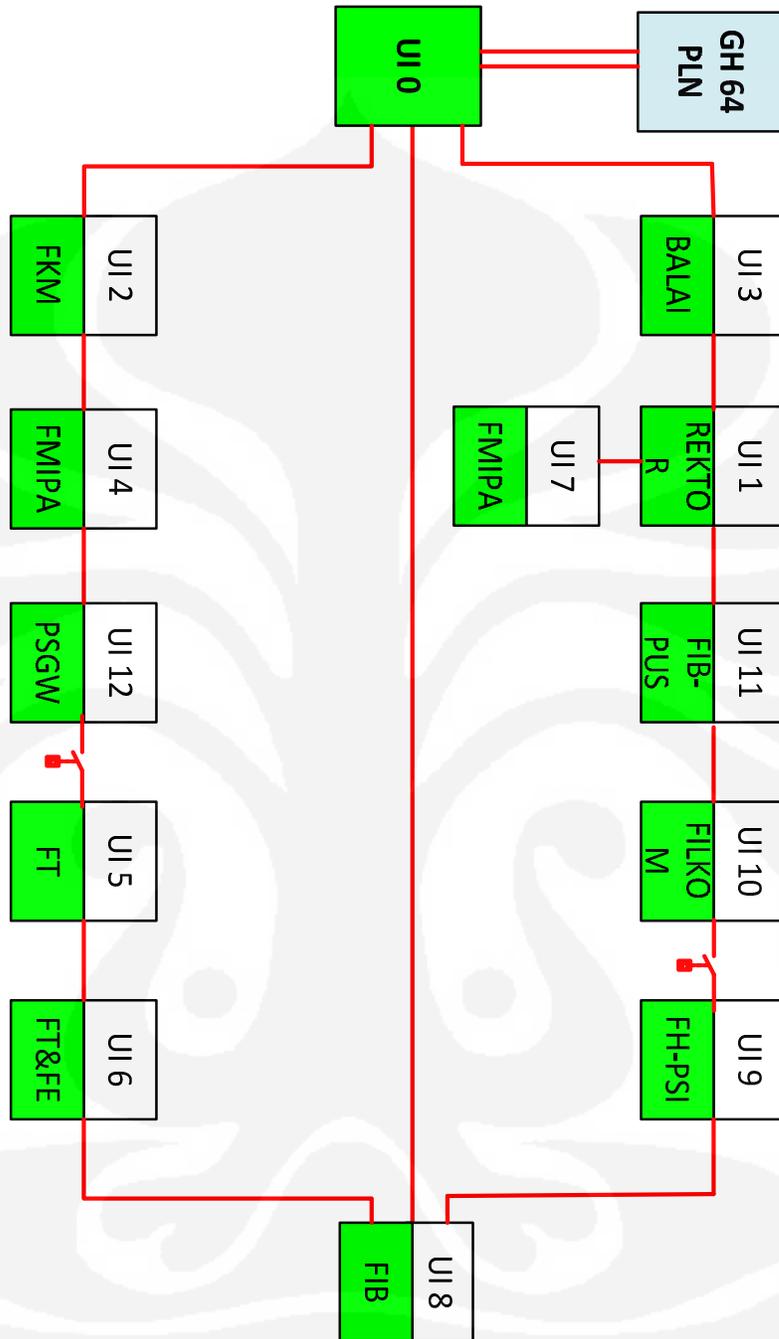
yang memiliki tiga keluaran menuju Gardu UI.2, UI.3 dan UI.8. Keluaran dari gardu UI.0 menuju UI.8 yang awalnya berfungsi sebagai express feeder kini berubah fungsi menjadi feeder utama.

Keluaran listrik dari gardu UI.12 menuju ke UI.5 kini diputus, dan keluaran dari gardu UI.10 menuju UI.9 diputus juga. Hal ini dilakukan karena meningkatnya kebutuhan daya listrik di sisi beban yang akhirnya jaringan utama sudah tidak bisa lagi menahan arus beban yang tinggi. Sehingga difungsikanlah express feeder menjadi feeder utama.

Urutan suplai listrik TM dari gardu UI.0 menuju gardu-gardu listrik yang ada dilingkungan kampus UI adalah sebagai berikut :

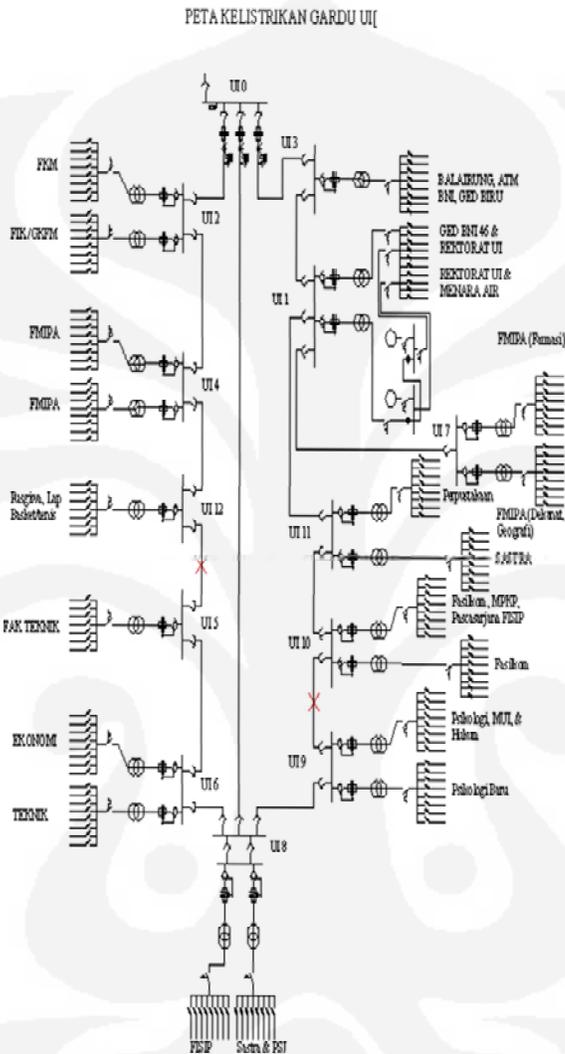
1. Listrik dari PLN mensuplai gardu listrik UI 0, dari UI 0 kemudian mensuplai UI 2, dari UI 2 mensuplai UI 4, dan dari UI 4 mensuplai UI 12.
2. Dari gardu listrik UI 0 mensuplai UI 8, dari UI 8 mensuplai UI 9 dan UI 6, dan dari UI 6 mensuplai UI 5.
3. Dari gardu listrik UI 0 mensuplai UI 3, dari UI 3 mensuplai UI 1, dari UI 1 mensuplai UI 7 dan UI 11, dan dari UI 11 mensuplai UI 10.

Untuk lebih jelasnya konfigurasi jaringan tegangan menengah UI pada saat ini bisa dilihat pada gambar 2.3.



Gambar 2.3 Konfigurasi Jaringan TM UI saat ini

Sedangkan diagram sederhana konfigurasi distribusi TM dapat dilihat pada gambar 2.4

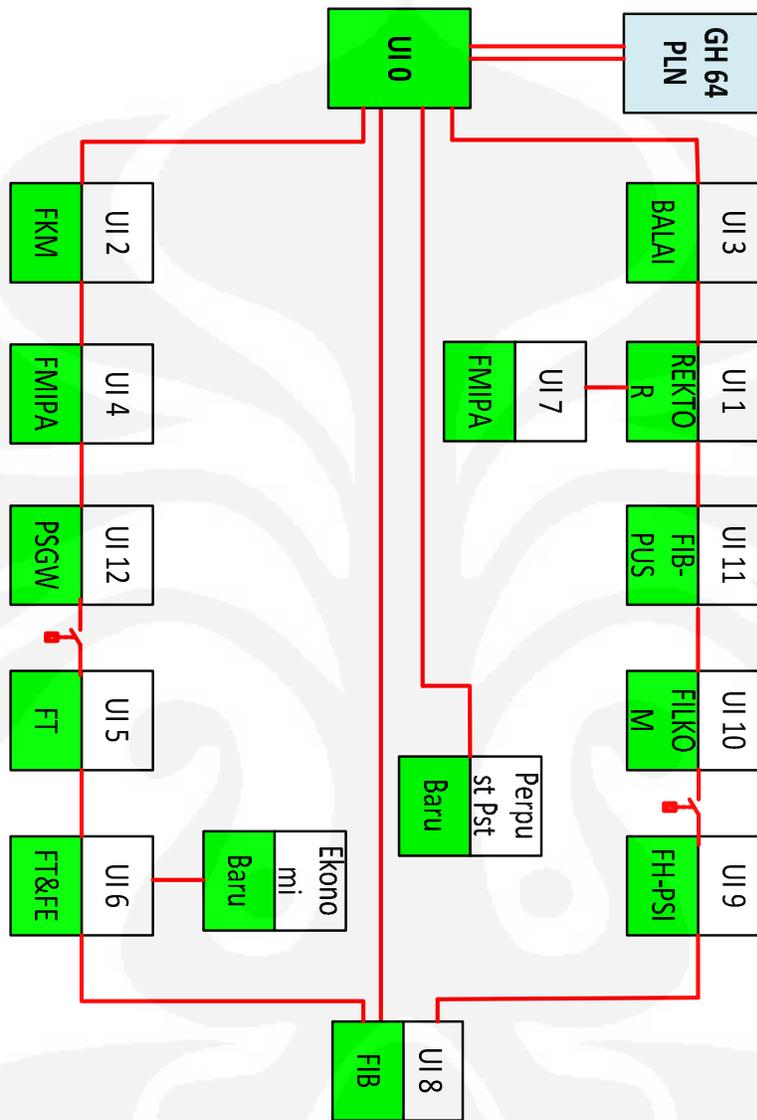


Gambar 2.4 Sistem Distribusi Jaringan TM

II.3 Sistem Distribusi Tegangan Menengah Tahun 2010

Sehubungan dengan kebutuhan akan daya listrik di lingkungan Universitas Indonesia yang semakin hari terus meningkat, maka dilakukan penambahan gardu – gardu distribusi yang baru. Hal ini dilakukan karena pada gardu – radu distribusi yang lama sudah tidak mampu lagi menyuplai daya listrik ke fakultas. Sehingga system distribusi jaringan menengah sampai tahun 2010 mengalami perubahan.

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat dilihat pada konfigurasi gambar seperti di bawah ini.



Gambar 2.5. Sistem Distribusi Jaringan Tegangan Menengah 2010

Gardu distribusi Fakultas Ekonomi dibangun dikarenakan gardu distribusi yang saat ini tersedia, dan digunakan bersama dengan Fakultas Teknik (Gardu UI 6) sudah tidak mampu lagi mensuplai kebutuhan daya listrik di Fakultas Ekonomi. Hal ini dikarenakan adanya pembangunan gedung dan untuk perencanaan pembangunan kedepannya.

Sedangkan gardu distribusi Perpustakaan Pusat Baru dibangun untuk mensuplai kebutuhan daya listrik yang ada di gedung tersebut. Mengingat kebutuhan energy listrik yang mencapai 2.500 KVA, maka suplai Gardu Perpustakaan Pusat Baru diambil langsung dari Gardu UI 0, karena kabel yang saat ini digunakan Cu 3 x 150 mm, bila diambil dari jaringan yang ada maka beban jaringan ring yang sudah dan berumur tua akan terjadi kelebihan beban. Hal ini yang bila terjadi nantinya akan menyebabkan sering terjadi gangguan berupa terbakarnya isolasi (Overhating) sehingga dapat merugikan civitas UI dan mengganggu kegiatan di Lingkungan UI Kampus Depok.

II.4 Rencana Sistem Kelistrikan UI Tahun 2010 - 2015

Berdasarkan data dari *master plan* pengembangan Kampus UI Depok, akan dilakukan pembangunan gedung-gedung baru yang disertai dengan kebutuhan daya listrik sebagaimana tampak pada table no. 1.

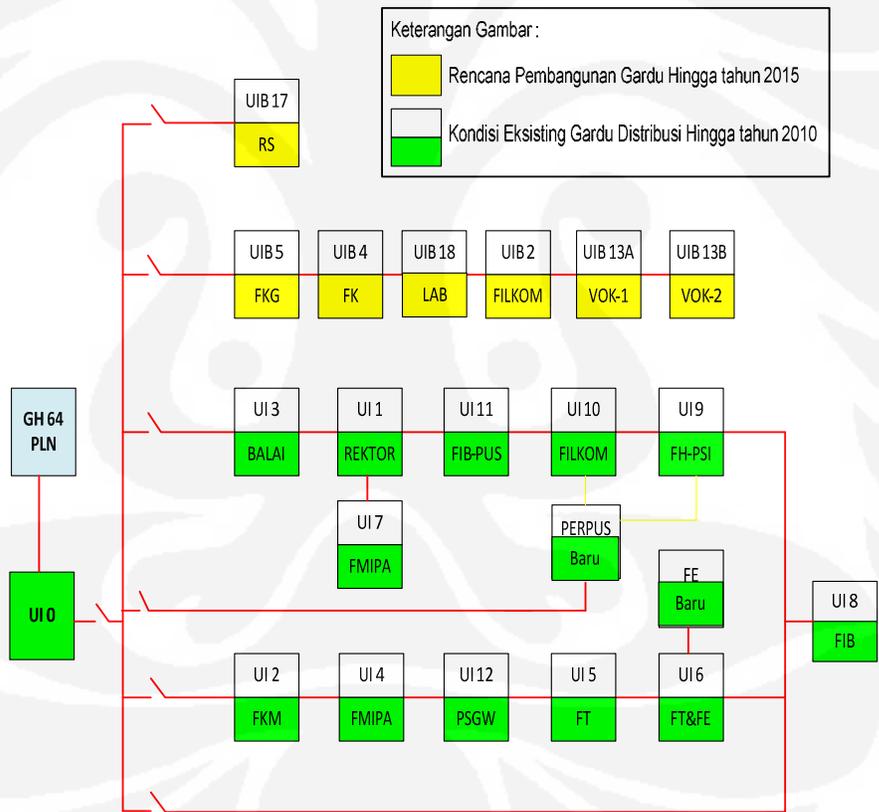
Berdasarkan table tersebut maka diperkirakan daya listrik yang dibutuhkan untuk memasok kebutuhan listrik di UI Kampus Depok sebesar 19.080 KVA, dan apabila diasumsikan dengan pemakaian 80%, maka diperkirakan beban puncak untuk seluruh bangunan baru sampai dengan tahun 2015 - 2025 mencapai 15.264 KVA.

Bila diakumulasikan dengan daya yang sudah ada saat ini, maka kebutuhan daya listrik untuk UI sampai tahun 2015 sebesar 25.564 KVA. Untuk itu, perlu dibangun gardu – gardu listrik baru untuk melayani gedung – gedung yang baru dibangun hingga tahun 2015.

Konfigurasi system distribusi tegangan menengah di UI menjadi seperti pada gambar II.6.

Tabel 1. Kebutuhan Daya Listrik UI hingga 2015

No	Nama Bangunan	Gardu	Jumlah Trafo	Kapasitas Trafo (KVA)
1	Fak. Kedok. Gigi	FKG	2	630
2	Fak. Kedokteran	FK	2	1000
3	Lab. FK & FKG	Lab.	1	630
4	Fasilkom	Fasilkom	1	1000
5	Cukture Art Center	CAC	2	630
6	Vokasi Tahap 1	Vok. 1	2	1000
7	Vokasi Tahap 2	Vok. 2	2	1000
8	RS Pendidikan	RSP	6	1000



Gambar II.6 Sistem Jaringan TM UI Tahun 2015

II.5 Kondisi Eksisting Pemeliharaan Peralatan Utama Gardu Listrik di Universitas Indonesia

Gardu Listrik di Lingkungan Universitas Indonesia (disebut Gardu UI) mempunyai fungsi menurunkan tegangan menengah menjadi tegangan rendah. Selanjutnya mendistribusikan ke gedung-gedung yang ada di Lingkungan Universitas Indonesia Kampus Depok.

Secara garis besar, di sistem kelistrikan terdapat beberapa peralatan utama yang memerlukan perhatian khusus, yaitu :

- a. Kabel Tegangan Menengah;
- b. Cubicle Tegangan Menengah;
- c. Transformator (Trafo Tenaga);
- d. Perlengkapan Hubung Bagi Tegangan Rendah.

II.5.1 Pemeliharaan Kabel Tegangan Menengah

Kabel Tegangan Menengah adalah kabel yang menghubungkan antar Gardu Listrik yang ada di Universitas Indonesia. Kabel yang digunakan adalah kabel jenis XLPE ukuran 3 X 150 mm². Untuk bahan inti kabel ada yang terbuat dari tembaga ada juga yang terbuat dari aluminium.

Saat ini pemeliharaan terhadap Kabel TM tidak pernah dilakukan, kecuali bila ada kerusakan. Atau disebut dengan **Breackdown Maintenance**.

II.5.2 Pemeliharaan Cubicle Tegangan Menengah

A. Pengertian dan Fungsi Cubicle TM

Cubicle TM ialah peralatan yang terdapat pada pembangkit atau GI sisi TM berbentuk lemari panel (kubikel) tertutup terbuat dari bahan besi atau berbentuk gardu sel terbuka yang dilengkapi peralatan ukur dan pengaman (proteksi).

Fungsi dari cubicle TM adalah sebagai berikut :

1. Sebagai outgoing/Incoming Tegangan listrik antar Gardu;

2. Sebagai pemutus beban dari Trafo;
3. Untuk mengamankan jaringan listrik apabila terjadi gangguan di antara gardu listrik;

Di dalam cubicle TM terdapat PMT, Tabung Peredam Busur Api, NH Fuse TM yang berfungsi sebagai Pemutus Beban, lampu indicator dan Busbar.

B. Pemeliharaan Cubicle TM di UI

Untuk pemeliharaan cubicle TM di Universitas Indonesia Kampus Depok saat ini dilakukan dengan metode **Breackdown Maintenance**. Sedangkan kondisi dalam cubicle hanya dilakukan pemeliharaan pada saat terjadi gangguan.

Sehingga untuk cubicle TM yang sudah berumur tua sering mengalami kemacetan fungsi mekanik.

II.5.3 Pemeliharaan Transformator

Transformator merupakan suatu alat listrik yang dapat memindahkan dan mengubah energi listrik dari satu atau lebih rangkaian listrik ke rangkaian listrik yang lain, melalui suatu gandengan magnet dan berdasarkan prinsip induksi elektromagnet. Pada umumnya transformator terdiri atas sebuah inti, yang terbuat dari besi berlapis, dan dua buah kumparan, yaitu kumparan primer, dan kumparan sekunder. Rasio perubahan tegangan akan tergantung dari rasio jumlah lilitan pada kedua kumparan itu. Biasanya kumparan terbuat dari kawat tembaga yang dibelit seputar “kaki” inti transformator.

Transformator yang dipakai pada jaringan tenaga listrik merupakan transformator tenaga. Disamping itu ada jenis – jenis transformator lain yang banyak dipergunakan, dan yang pada umumnya merupakan transformator yang jauh lebih kecil. Misalnya transformator yang dipakai di rumah tangga untuk menyesuaikan tegangan dari lemari es dengan

tegangan yang berasal dari jaringan listrik umum. Atau transformator yang lebih kecil, yang dipakai pada lampu TL. Atau, lebih kecil lagi, transformator – transformator “mini” yang dipergunakan pada berbagai alat elektronik, seperti pesawat penerima radio, televisi, dan lain sebagainya.

II.5.3.1 Konstruksi Bagian-bagian Transformator

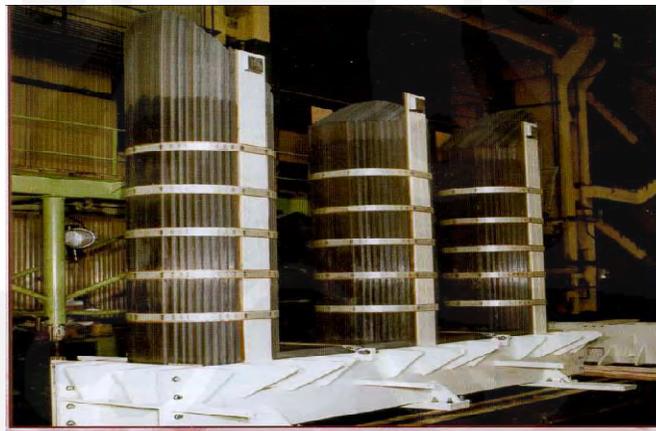
Transformator tenaga yang ada di gardu listrik Universitas Indonesia terdiri dari beberapa bagian, yaitu :

A. Bagian Utama

1. Inti Besi

Berfungsi untuk mempermudah jalan *fluksi*, yang ditimbulkan oleh arus listrik yang melalui kumparan.

Dibuat dari lempengan-lempengan besi tipis yang berisolasi, untuk mengurangi panas (sebagai rugi-rugi besi) yang ditimbulkan oleh ***Eddy Current*** (gambar 2.8).



Gambar 2.7. Inti Besi dan Laminasi yang diikat Fiber Glass

2. Kumparan

Adalah beberapa lilitan kawat berisolasi yang membentuk suatu kumparan. Kumparan tersebut terdiri dari kumparan primer dan kumparan sekunder yang diisolasi baik terhadap inti besi maupun terhadap antar kumparan dengan isolasi padat seperti karton, pertinak

dan lain-lain. Kumbaran tersebut sebagai alat transformasi tegangan dan arus.



Gambar 2.8. Kumbaran Phasa RST

3. Minyak Transformator

Sebagian besar kumbaran-kumbaran dan inti trafo tenaga direndam dalam minyak trafo, terutama trafo-trafo tenaga yang berkapasitas besar, karena minyak trafo mempunyai sifat sebagai isolasi dan media pemindah, sehingga minyak trafo tersebut berfungsi sebagai media pendingin dan isolasi.

A. Fungsi Minyak Trafo

1. Sebagai isolator dari gulungan – gulungan Transformator
2. Sebagai pendingin dimana minyak trafo berfungsi untuk menyerap panas yang kemudian panas tersebut disalurkan kedinding trafo yang akan melepas panas ke udara sekitarnya

B. Syarat – syarat minyak Trafo

Agar dapat melaksanakan sebagaimana fungsi di atas, minyak trafo harus memenuhi syarat – syarat sebagai berikut :

1. Minyak trafo harus bersih dari polutan.
2. Minyak trafo tidak mengandung uap.
3. Minyak trafo tidak mengandung karbon.
4. Kekuatan isolasi harus tinggi, sesuai IEC 296 minyak trafo harus Class 1 & 2 yaitu untuk minyak baru dan belum di Filter > 30 kV/2,5 mm dan setelah difilter yaitu > 50 kV/2,5 mm.

5. Penyalur panas yang baik, berat jenis kecil, sehingga partikel-partikel dalam minyak dapat mengendap dengan cepat.
6. Viskositas yang rendah agar lebih mudah bersirkulasi dan kemampuan pendinginan menjadi lebih baik. Pada IEC 296 Viskositas minyak class 1 saat suhu 40o C adalah < 16,5 cSt.
7. Titik nyala yang tinggi, tidak mudah menguap yang dapat membahayakan. Sesuai IEC 296 Flash point minyak trafo di atas 163oC dan Pour point adalah di bawah – 30 o C.
8. Tidak merusak bahan isolasi padat.

Tabel 2. Dielectric Strength dari Minyak untuk Tegangan Operasi (Tegangan Tembus Minyak Trafo)

Tegangan Operasi (KV)	Minyak Baru IEC 156 KV/2,5 mm	Minyak sudah terpakai IEC 156 KV/2,5 mm
>170	≥ 50	≥ 50
70 – 170	≥ 50	≥ 40
<70	≥ 50	≥ 30

Tabel 3. Beberapa Tes Lapangan Pada Minyak Trafo Yang Harus dilakukan Sebelum Operasi

Jenis Test & Metode	Hasil Test Untuk Dapat dipakai	Keterangan
Dielectric Strength (D 877 & D 1816)	≥ 30 kV	Menandakan Minyak mengandung kotoran logam
Angka Asam (D 974)	1 mg Potasium hydroxide untuk menetralisasi 1 g minyak lama	Menggambarkan jumlah asam yang terkandung
IFT (D971)	≥ 40 dynes/cm	Menandakan jumlah sludge yang menempel

		pada isolasi kertas
Arna (D 1524)	0.5 (minyak baru)	Menandai pemeriksaan kemudian
Kandungan Moisture (D1533)	<25	Menggambarkan jumlah kandungan air
Visual (D 1524)	Bagus, Jernih dan tidak keruh	Menggambarkan jumlah polutan lainnya
Sediment (D 1698)	Terang/Biasa/Berat	Menandakan kandungan lain, bahwa minyak tidak baik lagi
Power Factor (D 924)	$\leq 0.05 \%$	Minyak mengandung cairan asing (bahan bakar/pelumas) resin, oksidasi dll

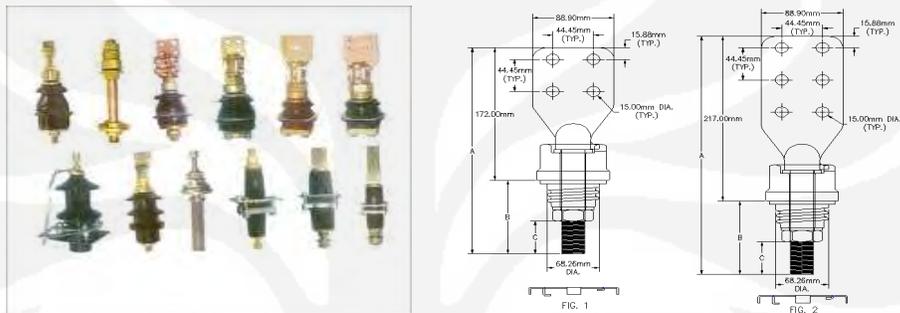
C. Sebab – sebab Rusaknya Minyak Trafo

1. Penyimpanan drum yang kurang baik.
2. Pengoperasian trafo dengan beban maksimal secara terus menerus, sehingga temperature minyak trafo menjadi tinggi dan menimbulkan uap di dalam trafo.
3. Pengopersian trafo yang tidak konstan.
4. Silica Gel yang sudah rusak tetapi tidak diganti.
5. Bocornya gas Nitrogen (N2) untuk trafo yang menggunakan N2 (Vacumm Sealed Nitrogen Type).
6. Timbulnya karbon di dalam minyak trafo.
7. Karena usia minyak trafo yang sudah tua.

Tahanan isolasi (tegangan tembus) minyak trafo sudah dibawah standar minimal. (Standar Uji PLN (SPLN) 49-1/1992 Metode IEC 158 dan 296 tegangan oli trafo adalah $> 30 \text{ K}/2.5\text{mm}$).

4. Bushing

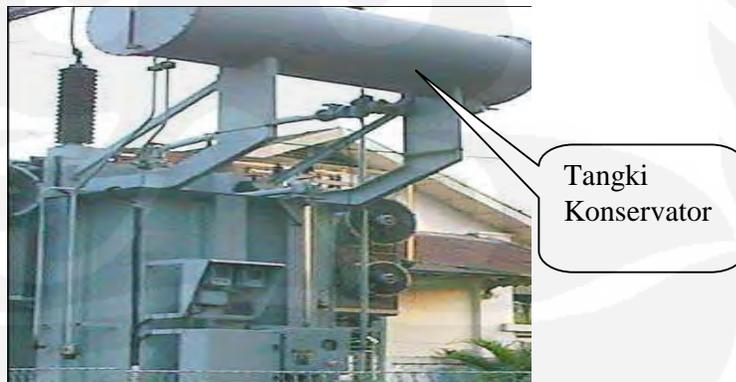
Hubungan antara kumparan trafo ke jaringan luar melalui sebuah bushing yaitu sebuah konduktor yang diselubungi oleh isolator, yang sekaligus berfungsi sebagai penyekat antara konduktor tersebut dengan tangki trafo.



Gambar 2.9. Berbagai Model dan dimensi Bushing

5. Tangki – Konservator

Pada umumnya bagian-bagian dari trafo yang terendam minyak trafo berada (ditempatkan) dalam tangki. Untuk menampung pemuatan minyak trafo, tangki dilengkapi dengan konservator. (lihat gambar 2.11.)



Gambar 2.10. Konservator yang terpasang pada Trafo

B. Peralatan Bantu :

1. Pendingin

Pada inti besi dan kumparan-kumparan akan timbul panas akibat rugi-rugi besi dan rugi-rugi tembaga. Bila panas tersebut mengakibatkan kenaikan

suhu yang berlebihan, akan merusak isolasi (di dalam transformator). Maka untuk mengurangi kenaikan suhu transformator yang berlebihan maka perlu dilengkapi dengan alat/sistem pendingin untuk menyalurkan panas keluar transformator (gambar 2.12.).



Gambar 2.11. Susunan Motor Blower untuk Alat Pendingin Minyak Transformator secara udara dipaksakan

Media yang dipakai pada sistem pendingin dapat berupa:

1. Udara/gas
2. Minyak.
3. Air.
4. Dan lain sebagainya.

Sedangkan pengalirannya (sirkulasi) dapat dengan cara:

1. Alamiah (natural)
2. Tekanan/paksaan.

Pada cara alamiah (natural), pengaliran media sebagai akibat adanya perbedaan suhu media dan untuk mempercepat perpindahan panas dari media tersebut ke udara luar diperlukan bidang perpindahan panas yang lebih luas antara media (minyak-udara/gas), dengan cara melengkapi transformator dengan sirip-sirip (*Radiator*).

Bila diinginkan penyaluran panas yang lebih cepat lagi, cara natural/alamiah tersebut dapat dilengkapi dengan peralatan untuk mempercepat sirkulasi media pendingin dengan pompa-pompa sirkulasi minyak, udara dan air. Cara ini disebut pendingin paksa (*Forced*).

2. Tap Changer (Perubah Tap)

Tap changer adalah alat perubah perbandingan transformasi untuk mendapatkan tegangan operasi sekunder yang lebih baik (diinginkan) dari tegangan jaringan / primer yang berubah-ubah. Tap changer yang hanya bisa beroperasi untuk memindahkan tap transformator dalam keadaan transformator tidak berbeban disebut "*Off Load Tap Changer*" dan hanya dapat dioperasikan manual.

Tap changer yang dapat beroperasi untuk memindahkan tap transformator, dalam keadaan transformator berbeban disebut "*On Load Tap Changer*" dan dapat dioperasikan secara manual atau otomatis.

Untuk memenuhi kualitas tegangan pelayanan sesuai kebutuhan konsumen (PLN Distribusi), tegangan keluaran (sekunder) transformator harus dapat dirubah sesuai keinginan. Untuk memenuhi hal tersebut, maka pada salah satu atau pada kedua sisi belitan transformator dibuat tap (penyadap) untuk merubah perbandingan transformasi (rasio) trafo.

Ada dua cara kerja tap changer:

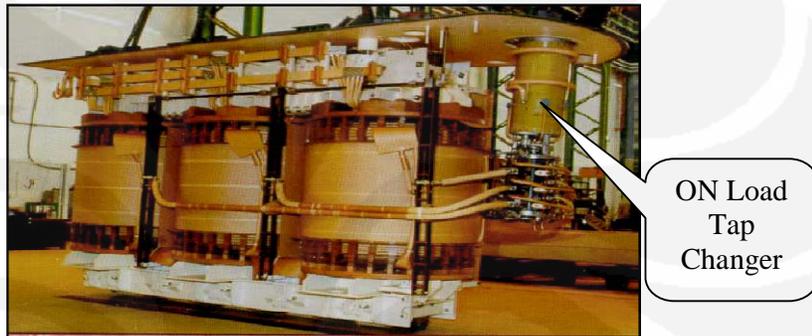
1. Mengubah tap dalam keadaan trafo tanpa beban.
2. Mengubah tap dalam keadaan trafo berbeban (On Load Tap Changer /OLTC)

Transformator yang terpasang di gardu induk pada umumnya menggunakan tap changer yang dapat dioperasikan dalam keadaan trafo berbeban dan dipasang di sisi primer. Sedangkan transformator penaik tegangan di pembangkit atau pada trafo kapasitas kecil, umumnya menggunakan tap changer yang dioperasikan hanya pada saat trafo tenaga tanpa beban..

OLTC terdiri dari :

1. Selector Switch,
2. diverter switch, dan
3. transisi resistor.

Untuk mengisolasi dari bodi trafo (tanah) dan meredam panas pada saat proses perpindahan tap, maka OLTC direndam di dalam minyak isolasi yang biasanya terpisah dengan minyak isolasi utama trafo (ada beberapa trafo yang compartemennya menjadi satu dengan main tank). Karena pada proses perpindahan hubungan tap di dalam minyak terjadi fenomena elektrik, mekanis, kimia dan panas, maka minyak isolasi OLTC kualitasnya akan cepat menurun, tergantung dari jumlah kerjanya dan adanya kelainan di dalam OLTC.



Gambar 2.12. Perubah Tap Tegangan Tinggi (ON Load) pada Transformator Tenaga 3 fasa 50 Hz

3. Alat Pernapasan (Silicagel).

Karena pengaruh naik turunnya beban transformator maupun suhu udara luar, maka suhu minyak pun akan berubah-ubah mengikuti keadaan tersebut.

Bila suhu minyak tinggi, minyak akan memuai dan mendesak udara di atas permukaan minyak keluar dari tangki, sebaliknya apabila suhu minyak turun, minyak menyusut maka udara luar akan masuk ke dalam tangki. Kedua proses di atas disebut pernapasan transformator.

Akibat pernapasan transformator tersebut maka permukaan minyak akan selalu bersinggungan dengan udara luar. Udara luar yang lembab akan menurunkan nilai tegangan tembus minyak transformator, maka untuk mencegah hal tersebut, pada ujung pipa penghubung udara luar dilengkapi dengan alat pernapasan, berupa tabung berisi kristal zat *hygroskopis* (gambar 2.15).

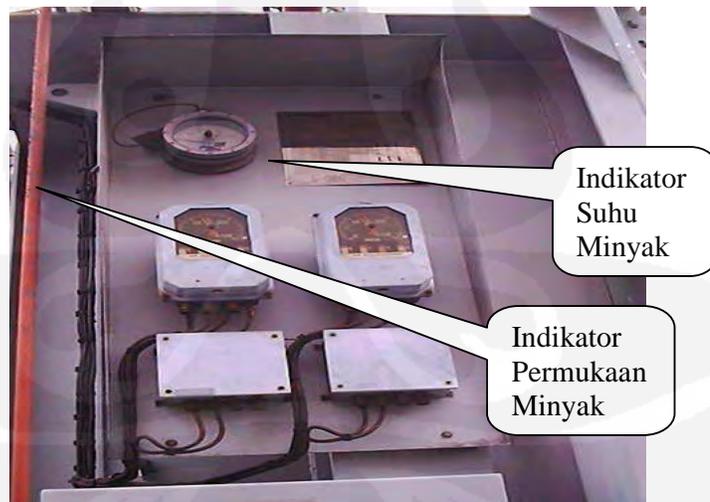


Gambar 2.13 Silicagel pada Trafo yang berisi Kristal

4. Indikator.

Untuk mengawasi selama transformator beroperasi, maka perlu adanya indicator pada transformator sebagai berikut:

- Indikator suhu minyak (Gambar 2.13.).
- Indikator permukaan minyak. (Gambar 2.13.)
- Indikator sistem pendingin.
- Indikator kedudukan tap.
- Dan sebagainya



Gambar 2.14. Alat Pengukur Suhu dan Indikator Permukaan Minyak

II.5.3.2 Pemeliharaan Transformator Saat ini

Pemeliharaan Transformator (Trafo Tenaga) di Universitas Indonesia Kampus Depok saat ini dilakukan berdasarkan pada perkiraan waktu

pemeliharaan terakhir. Selain itu juga dilakukan berdasarkan hasil cek kondisi bodi trafo.

Untuk pemeliharaan saat ini hanya berfokus pada perawatan Minyak Trafo, yaitu dilakukan Treatment setiap 1 (satu) tahun sekali kemudian setelah 5 (lima) tahun dilakukan penggantian Minyak Trafo.

Pembersihan bodi trafo juga dilakukan hanya pada saat dilakukan treatment atau ganti minyak trafo saja, sehingga banyak debu dan polutan – polutan yang menempel pada bodi trafo.

II.5.4 Perlengkapan Hubung Bagi Tegangan Rendah

A. Pengertian Perlengkapan Hubung Bagi TR

Yang dimaksud dengan PHB TR adalah Perlengkapan Hubung Bagi yang dipasang pada sisi TR atau sisi sekunder Trafo sebuah gardu Distribusi baik Gardu beton, Gardu kios, Gardu portal maupun Gardu cantol.

PHB TR yang terpasang pada Gardu Trafo Pasangan Dalam yang berada di Lingkungan Universitas Indonesia berbentuk lemari besi yang di dalamnya terdapat komponen-komponen antara lain :

1. Kerangka / Rak TR
2. Saklar Utama
3. NH Fuse Utama
4. Rel Tembaga
5. NH Fuse jurusan
6. Isolator penumpu Rel
7. Sirkuit Pengukuran
8. Alat ukur Ampere & Volt meter
9. Trafo Arus (CT)
10. Sistem Pembumian

11. Lampu Kontrol / Indikator

B. Fungsi PHB TR

Fungsi atau kegunaan PHB TR adalah sebagai penghubung dan pembagi atau pendistribusian tenaga listrik dari out put trafo sisi tegangan rendah TR ke Rel pembagi dan diteruskan ke Jaringan Tegangan Rendah (JTR) melalui kabel jurusan (*Opstyg Cable*) yang diamankan oleh NH Fuse jurusan masing-masing.

Untuk kepentingan efisiensi dan penekanan susut jaringan (*loses*) saat ini banyak unit PLN yang mengambil kebijaksanaan untuk melepas atau tidak memfungsikan rangkaian pengukuran maupun rangkaian kontrolnya, hal ini dimaksudkan agar tidak banyak energi listrik yang mengalir ke alat ukur maupun kontrol terbuang untuk keperluan kontrol dan pengukuran secara terus menerus, sedangkan untuk mengetahui besarnya beban maupun tegangan, dilakukan pengukuran pada saat di perlukan saja dan bisa menggunakan peralatan ukur portable seperti AVO atau Tang Ampere saja.

C. Pemeliharaan PHB TR

Pemeliharaan PHB TR di Gardu Listrik Universitas Indonesia Kampus Depok saat ini dilakukan hanya pada saat terjadi gangguan pada PHB TR tersebut, misalnya penggantian NH Fuse saat telah terjadi putus, penggantian MCCB menjadi lebih besar kapasitasnya bila sudah terjadi overload.

Sedangkan menyangkut kebersihan kondisi dalam PHB TR tidak pernah tertangani atau dilakukan perawatan.

II.6 Peralatan Pendukung Gardu Listrik di Universitas Indonesia

Untuk mendukung kinerja sistem kelistrikan di dalam Gardu Listrik, perlu didukung sarana pendukung sebagai berikut :

a. Sirkulasi Udara

Sirkulasi udara ini sangat penting fungsinya, karena dapat mensirkulasi udara panas yang dihasilkan oleh trafo yang sedang beroperasi. Untuk itu dalam pemeliharaan system kelistem tidak boleh diabaikan, sehingga kondisi baik akan tetap terjaga. Selain sirkulasi permanen yang menyatu dengan bangunan gardu, biasanya untuk mengurangi suhu panas di dalam gardu dipasang exhaust fan.

b. Penerangan

Lampu penerangan harus dipasang baik di dalam maupun di luar gardu listrik, hal ini sangat penting apabila dilakukan perawatan yang berlangsung hingga malam hari. Juga untuk memudahkan pemeriksaan peralatan yang ada di dalam gardu yang suasananya cukup gelap. Sedangkan lampu penerangan luar untuk menjaga keamanan sisi luar gardu.

c. Alat Pemadam Api Ringan (APAR)

APAR adalah alat pemadam kebakaran portable yang dilengkapi oleh pengukur tekanan yang setiap saat dapat menunjukkan adanya tekanan sehingga memudahkan dalam control kinerja. APAR harus tersedia di dalam gardu listrik, hal ini untuk proses pemadaman awal bila terjadi kebakaran.

d. Metering

Alat metering yang terpasang biasanya berupa KWh meter. Alat ini terpasang disetiap gardu, yang berfungsi untuk menunjukkan besar pemakaian pada setiap gedung. Sehingga dapat digunakan sebagai data untuk mentukan kebutuhan daya listrik di Universitas Indonesia setiap bulannya. Selain itu juga ada Amperemeter, Voltmeter dan Wattmeter yang penempatannya terpasang di PHB TR.

e. Akses Jalan

Akses jalan disini adalah akses jalan yang khusus menuju ke Gardu. Akses jalan sangat penting karena untuk memudahkan akses pemeliharaan yang menggunakan alat transfortasi baik jalan kaki.

BAB III

METODE PEMELIHARAAN PERALATAN UTAMA KELISTRIKAN DI UNIVERSITAS INDONESIA KAMPUS DEPOK

III.1 Metode Pemeliharaan Kabel TM

Untuk meningkatkan kualitas kabel Tegangan Menengah di Universitas Indonesia Kampus Depok, seharusnya digunakan 2 (dua) metode pemeliharaan, yaitu :

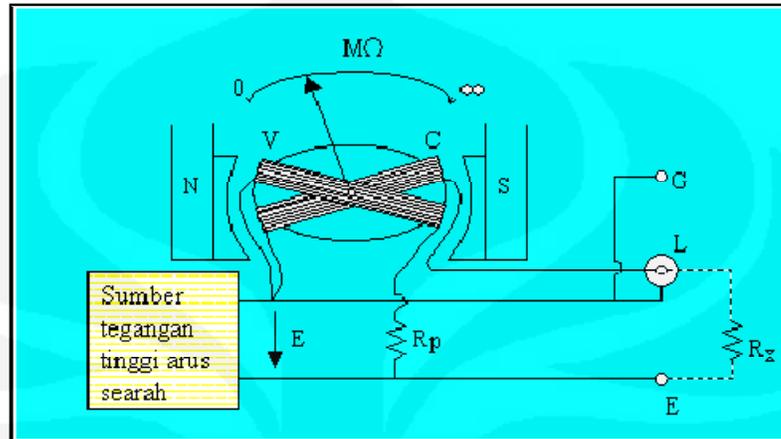
1. **Corrective Maintenance** adalah pemeliharaan yang dilakukan dengan berencana pada waktu-waktu tertentu ketika peralatan listrik mengalami kelainan atau unjuk kerja rendah pada saat menjalankan fungsinya dengan tujuan untuk mengembalikan pada kondisi semula disertai perbaikan dan penyempurnaan instalasi. Pemeliharaan ini disebut juga Curative Maintenance, yang bisa berupa Trouble Shooting atau penggantian part/bagian yang rusak atau kurang berfungsi yang dilaksanakan dengan terencana.
2. **Breakdown Maintenance** adalah pemeliharaan yang dilakukan setelah terjadi kerusakan mendadak yang waktunya tidak tertentu dan sifatnya darurat. Hal ini sudah dilakukan sampai dengan saat ini.

Dengan metode *Corrective Maintenance*, maka akan didapat atau diketahui hal – hal sebagai berikut :

1. Mengetahui kualitas isolasi kabel
2. Mengetahui jenis kerusakan pada kabel
3. Sebagai bahan untuk merencanakan pemeliharaan jaringan instalasi.

Selain itu, pengukuran tahanan isolasi digunakan untuk memeriksa status isolasi rangkaian dan perlengkapan listrik, sebagai dasar pengendalian keselamatan. Secara prinsip penguji tahanan isolasi adalah dua kumparan V dan C yang ditempatkan secara menyilang gambar 5 -1. Kumparan V besarnya arus yang mengalir adalah E/Rp dan kumparan C besarnya arus yang mengalir adalah E/Rx. Rx adalah tahanan yang akan diukur. Jarum

akan bergerak disebabkan oleh perbandingan dari kedua arus, yaitu sebanding dengan R_p/R_x atau berbanding terbalik terhadap tahanan yang akan diukur.



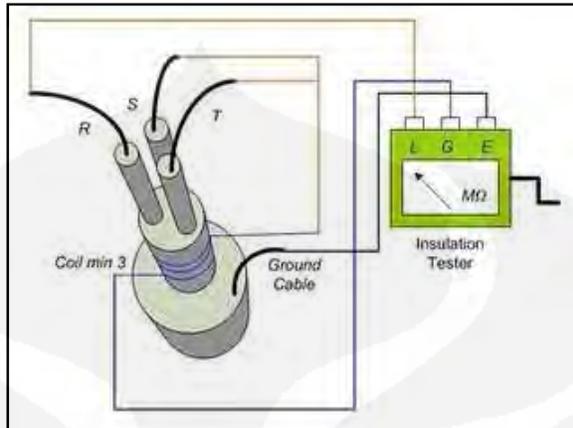
Gambar 3.1 Diagram alat pengukur Tahanan Isolasi Kabel

Variasi tegangan tidak akan berpengaruh banyak terhadap harga pembacaan, karena hasilnya tidak ditentukan dari sumber tegangan arus searah.

Sumber tegangan arus searah adalah sumber tegangan tinggi, yang dihasilkan dari pembangkit yang diputar dengan tangan. Umumnya tegangannya adalah 100, 250, 500, 1000 atau 2000 V. Sedangkan daerah pengukuran yang efektif adalah 0,02 sampai 20 MO dan 5 sampai 5.000 MO.

Tetapi sekarang pengujian tahanan isolasi menggunakan sumber tegangan tinggi dari tegangan tetap sebesar 100 sampai 1.000 V yang didapat dari baterai sebesar 8 sampai 12 V dan disebut alat pengujian tahanan isolasi dengan baterai. Alat ini membangkitkan tegangan tinggi lebih stabil dibanding dengan yang menggunakan generator diputar dengan tangan.

Untuk melakukan pengujian tahan kabel listrik, dapat dilihat pada gambar 3.2 seperti di bawah ini.



Gambar 3.2. Instalasi Pengukuran Tahanan Isolasi Kabel

Misalkan kabel yang akan dilakukan pengukuran tahan isolasi adalah kabel N2XSEFGBY 3 X 150 mm² 20 KV.

Pemilihan Megger (insulation Tester) menurut rumus Empiris PUIL (Peraturan Umum Instalasi Listrik)/ PECPS (Petroleum Elektro Code Pertamina Standar) = 3 X E Kerja. Dalam Kasus Tegangan Kerja 6000V maka 6000X3=18000, maka dipakai Hipot Tester atau jika menggunakan Insulation Tester menggunakan range yang tertinggi (10000V atau 15000V).

3 Langkah pengukuran :

S-T dijumpet lewat coil mendapatkan Guard

L dihubungkan ke R

E dihubungkan ke Ground

R-S dijumpet lewat coil mendapatkan Guard

L dihubungkan ke RT

E dihubungkan ke Ground

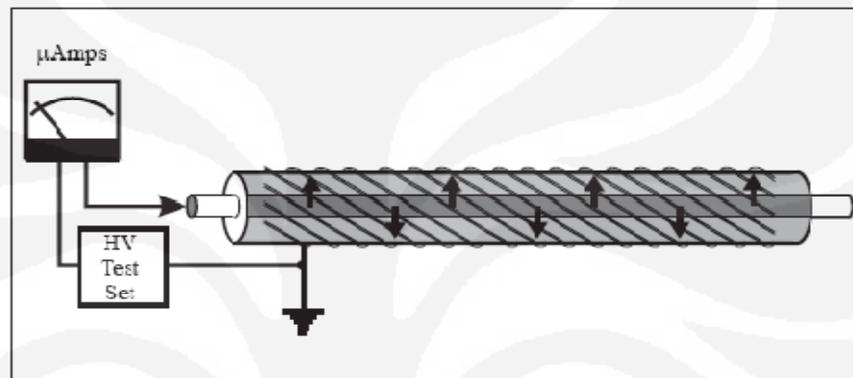
R-T dijumpet lewat coil mendapatkan Guard

L dihubungkan ke RS

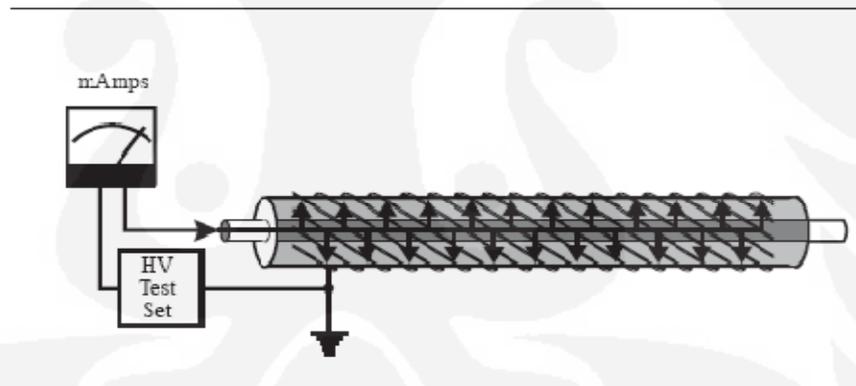
E dihubungkan ke Ground R

Isolasi Minimal = $1000 \times E$ Kerja, maka jika hasil pengukuran menunjukkan 1000M Ohm, maka memenuhi syarat, karena $1000 \times 6000 = 6$ M Ohm, jadi masih di atasnya.

Hasil pengujian isolasi kabel TM dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 3.3 Hasil Pengujian Isolasi Kabel Yang Baik



Gambar 3.4 Hasil Pengujian Isolasi kabel Yang Kurang Baik/Buruk

III.2 Metode Pemeliharaan Cubicle TM

Dalam melakukan pemeliharaan Cubicle TM, di Universitas Indonesia Kampus Depok seharusnya menggunakan metode sebagai berikut :

- A. *Preventive maintenance*, dalam pemeliharaan untuk menghindari kerusakan lebih parah, hal - hal yang harus dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Cek Gas (Gas SF6) Peredam Busur Api (Posisi Indikator Gas SF6 dapat dilihat pada Gambar 3.5)



Gambar 3.5 Indikator Gas SF6 pada Cubicle TM

2. Pengukuran tahanan isolasi,
3. Cek kebersihan operating mechanism,
4. Cek keberadaan busbar compartement dan cable compartement,
5. Cek mur/baut terminal cable,
6. Cek heater dan capasitor voltage divider,
7. Cek mechanism earthing switch,
8. Cleaning atau membersihkan bagian dalam cubicle,



Gambar 3.6 Proses Pembersihan Corona dalam Cubicle

9. Masalah lain yang sering timbul adalah "*mechanism*" yang macet, hal ini disebabkan adanya karat & debu, karena jarang dibersihkan dan tidak diberi greese.
10. Jika busbar tersebut mempunyai relay maka sebaiknya di test, apakah relay tersebut bekerja sesuai dengan fungsinya. Tetapi di Gardu Universitas Indonesia Kampus Depok belum ada Cubicle TM yang menggunakan Relay.

B. Breackdown Maintenance, hal ini dilakukan bila terjadi hal – hal sebagai berikut :

1. NH Fuse Tegangan Menengah yang terpasang pada Cubicle TM Pemutus Beban putus akibat terjadi short pada tegangan rendah,
2. Gas SF6 terlihat berkurang akibat tabung bocor, bila gas SF6 berkurang atau habis, cubicle TM tidak dapat dioperasikan dalam keadaan bertegangan.
3. Mekanik macet atau tidak dapat difungsikan.

Jika medium voltage tidak terawat akibatnya akan timbul "corona" yaitu percikan bunga api yang akan berbunyi mendesis saat kita mendekati cubicle medium tersebut, bunyi desisan tersebut tidak terlalu jelas sehingga bagi orang yang tidak pernah mendengar desisan tersebut tidak akan tahu jika sudah timbul "corona". Jika sudah timbul "corona", cubicle medium tersebut harus diganti yang harganya sangat mahal, jika tidak diganti dapat menimbulkan kebakaran atau ledakan pada medium voltage, hal inilah yang sangat ditakutkan dan harus kita hindari.

Pengujian yang dilakukan terhadap Cubicle Tegangan Menengah biasanya dilakukan beberapa komponen dibawah ini :

1. Pengujian fungsi mekanik cubicle; dilakukan untuk mengetahui bahwa cubicle dapat dioperasikan dengan baik atau tidak.
2. Pengujian urutan fasa R – S – T; urutan fasa R-S-T sangan penting dilakukan untuk jarngan dengan system ring. Hal untuk untuk

menghindari tabrakan tegangan antar phase karena tidak sinkronnya antar phase. Selain itu juga untuk beban yang menggunakan sumber listrik 3 phase, bila urutan terbalik maka peralatan/motor 3 phase tidak dapat berfungsi.

3. Pengujian sambungan antar busbar; pengujian ini untuk mengetahui tingkat kekencangan baut, bila sampai kurang kencang maka akan terjadi overheating pada busbar tersebut. Dimana bila hal ini terjadi lama kelamaan akan menyebabkan cubicle terbakar dan meledak.
4. Pengujian pembumian/grounding; adalah pengujian untuk mengetahui besar tahanan grounding yang dihasilkan oleh grounding yang tersambung dengan bodi cubicle, bila nilai tahanan kurang baik maka sangat berbahaya karena saat grounding terpasang, sisa – sisa tegangan menengah tidak dapat dinetralkan dengan maksimal.

III.3. Metode Pemeliharaan Transformator

Untuk pemeliharaan Transformator, seharusnya di Universitas Indonesia menggunakan metode - metode sebagai berikut :

1. **Predictive Maintenance (Conditional Maintenance)** adalah pemeliharaan yang dilakukan dengan cara memprediksi kondisi suatu peralatan listrik, apakah dan kapan kemungkinannya peralatan listrik tersebut menuju kegagalan. Dengan memprediksi kondisi tersebut dapat diketahui gejala kerusakan secara dini. Cara yang biasa dipakai adalah memonitor kondisi secara online baik pada saat peralatan beroperasi atau tidak beroperasi. Untuk ini diperlukan peralatan dan personil khusus untuk analisa. Pemeliharaan ini disebut juga pemeliharaan berdasarkan kondisi (Condition Base Maintenance).
2. **Preventive Maintenance (Time Base Maintenance)** adalah kegiatan pemeliharaan yang dilaksanakan untuk mencegah terjadinya kerusakan peralatan secara tiba-tiba dan untuk mempertahankan unjuk kerja peralatan yang optimum sesuai umur teknisnya. Kegiatan ini dilaksanakan secara berkala dengan berpedoman kepada : Instruction Manual dari pabrik, standar-standar yang ada (IEC, CIGRE, dll) dan

pengalaman operasi di lapangan. Pemeliharaan ini disebut juga dengan pemeliharaan berdasarkan waktu (Time Base Maintenance).

3. **Corrective Maintenance** adalah pemeliharaan yang dilakukan dengan berencana pada waktu-waktu tertentu ketika peralatan listrik mengalami kelainan atau unjuk kerja rendah pada saat menjalankan fungsinya dengan tujuan untuk mengembalikan pada kondisi semula disertai perbaikan dan penyempurnaan instalasi. Pemeliharaan ini disebut juga Curative Maintenance, yang bisa berupa Trouble Shooting atau penggantian part/bagian yang rusak atau kurang berfungsi yang dilaksanakan dengan terencana.
4. **Breakdown Maintenance** adalah pemeliharaan yang dilakukan setelah terjadi kerusakan mendadak yang waktunya tidak tertentu dan sifatnya darurat.

III.3.1 Pemeliharaan Minyak Trafo

1. Minyak Trafo Baru

Minyak trafo baru adalah minyak trafo yang belum pernah digunakan dan masih dalam kemasan asli, yaitu dalam drum. Adapun hal – hal yang perlu diperhatikan dalam penanganan minyak trafo baru, yaitu :

- a. Drum minyak tarfo dibiarkan dulu agar temepratur drum tersebut menyamai temperature udara sekitar.
- b. Ambil sample minyak trafo dari drum, kemudian tes tegangan tembusnya, apabila tegangan tembusnya memenuhi syarat maka bisa langsung dimasukkan ke dalam trafo.
- c. Apabila tegangan tembus tidak memenuhi syarat, maka harus dilakukan treatment terlebih dahulu terhadap minyak yang akan dimasukkan ke dalam trafo.

2. Minyak Trafo Lama

Minyak trafo lama adalah minyak trafo yang sudah ada di dalam trafo dan trafo tersebut sudah dioperasikan, untuk itu penanganannya sebagai berikut :

- a. Minyak trafo harus diperiksa secara periodic minimal 1 (satu) tahun sekali.
- b. Dalam pengambilan minyak trafo ada hal – hal yang perlu diperhatikan, adalah sebagai berikut :
 - Minyak diambil dari kran bawah yang ada pada trafo.
 - Contoh minyak trafo yang diperlukan dalam pengetesan ± 800 cc dan disimpan di dalam botol yang telah disterilkan.



Gambar 3.7. Kran Trafo

- c. Contoh minyak trafo dikirim ke laboratorium dengan dilampiri data – data trafo untuk diuji tegangan tembusnya.
- d. Minyak trafo dimasukkan ke dalam tabung pengujian. (Gambar 3.8)



Gambar 3.8 Alat Tes tegangan tembus minyak trafo

- e. Pengetesan minyak trafo dimaksudkan untuk mengetahui Besar Tegangah tembus minyak trafo

- f. Hasil tes akan dikirim kembali ke pemilik trafo, dengan disertai data – data hasil pengetesan dan rekomendasi sesuai kondisi minyak trafo.
- g. Berdasarkan hasil pengetesan tersebut maka minyak trafo lama dapat dipertimbangkan untuk diganti atau masih dapat digunakan terus dan perlunya dilakukan treatment terhadap minyak trafo.
- h. Data Trafo yang akan diuji harus dilampirkan sebagaimana tabel 3.

Tabel 4. Data Trafo yang akan dilakukan Pengujian Minyak Trafonya

No	Lokasi Gardu	Merk Trafo	Daya Trafo	Tahun dibuat	No. Seri	Teg. Kerja	Vol. Oli
1	UI 1	Unindo	1000 KVA	2003	76287	20KV / 400 V	625 lt
2	UI 2	Unindo	800 KVA	2005	85245	20KV / 400 V	580 lt

- i. Tes Pengujian Minyak Trafo biasanya diambil secara periodic sebanyak 3 (tiga) kali, hasilnya dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 5. Hasil Pengujian Tegangan Tembus Minyak Trafo Sebelum ditreatment

No	Tes ke 1	Tes Ke 2	Tes Ke 3	RataRata	Keterangan
1	35,3 KV	32,6 KV	34,7 KV	34,2 KV	Terjadi Perubahan warna, busa uap udara
2	35,8 KV	39,9 KV	37,8 KV	37,8 KV	Tidak ada perubahan bentuk fisik

- j. Pengujian Tegangan Tembus Minyak Trafo

Untuk mengetahui Trafo masih bekerja dengan baik atau tidak, perlu dilakukan pengujian tegangan yang dihasilkan oleh trafo tersebut.

Berdasarkan hasil pengujian terhadap Minyak trafo, maka selanjutnya dilakukan pemeliharaan Minyak Trafo dengan Oil treatment plant adalah alat yang dirancang khusus untuk melakukan treatment terhadap minyak trafo.

1. Fungsi dari peralatan tersebut adalah sebagai berikut :
 - a) Menghilangkan kandungan uap air pada minyak trafo.
 - b) Meningkatkan nilai tegangan tembus pada minyak trafo agar sesuai standar PLN No. : 49/1982/unit Kv/2,5 mm dan metode IEC 158 dan 296 yaitu minimal 50 KV/2,5 mm setelah dilakukan treatment.
 - c) Menghilangkan atau mengurangi karbon yang terkandung dalam minyak trafo.
 - d) Menselaraskan suhu minyak trafo baru dengan trafo yang akan diganti
 - e) Sebagai alat bantu flushing atau pencucian trafo.
2. Peralatan Oil Treatment Plant
 - a) Spesifikasi alat yang digunakan :
 - Merk : Fuji
 - Kapasitas : 3000 liter/jam
 - Sistem : Off Line dan On Line
 - Metode : Vacuum Hearing Circulation
 - Power Supply : - Gear Pump motor : 2 Kw
 - Vacuum Pump Motor :2 Kw
 - Heater Sistem Transfer Oil: 23.5 Kw
 - Total Power Supply : 27.5 Kw



Gambar 3.9. Mesin Treatment saat sedang Operasi

b) Sistem Operasional

1. Sistem Off Line : Pekerjaan Treatment minyak trafo dilakukan dengan memutus aliran listrik atau stop operasi
2. Sistem On Line : Pekerjaan Treatment minyak trafo dilakukan dengan keadaan trafo masih berbeban atau masih beroperasi.

c) Prinsip Kerja Alat

1. Pemanasan (*Heating*)

Minyak trafo dipanaskan secara terus menerus dari proses awal hingga akhir dengan temeperatur yang konstan. Proses ini untuk memisahkan air dengan minyak, dimana air akan berubah menjadi uap, sedangkan minyak trafo tetap pada komposisi semula dan juga untuk menguraikan asam yang terkandung di dalam minyak trafo.

2. Pengkabutan

Setelah minyak trafo dalam kondisi panas maka minyak trafo akan dikabutkan. Hal ini untuk memisahkan minyak dan uap air. Setelah itu di vacuum dengan tekanan minimal 0,8 bar, sehingga uap air dan kandungan asam dapat terurai dan terpisahkan dari minyak.

3. Penyaringan (*Filtering Press*)

Setelah minyak trafo terpisah dari uap asam, minyak trafo tersebut disaring dan dipadatkan dengan kepadatan 158-17 PSI, hal ini untuk mencegah adanya gelembung udara.

III.3.2 Jadwal dan Macam Pemeliharaan Komponen Trafo Lainnya

1. Pemeliharaan Mingguan

Pemeriksaan kondisi trafo yang dilakukan minimal 1 kali dalam seminggu, antara lain :

- a. Badan Trafo : pastikan tidak ada kebocoran minyak trafo
- b. Terminal utama rel/terminasi kabel : dibersihkan dari kotoran debu/bangkai binatang dan benda asing lainnya.
- c. Pastikan permukaan minyak pada tabung konservator stabil, tidak di bawah minimum.
- d. Bushing tidak ada yang retak, pecah dan kebocoran minyak.
- e. Periksa temperature minyak dan kumparan transformator tidak melebihi batas maksimal.
- f. Beban trafo : ukur beban trafo untuk mengetahui rata-rata beban dan pastikan untuk tidak melebihi batas beban trafo.
- g. Periksa tekanan gas nitrogen, hal ini untuk trafo tanpa konservator.

2. Pemeliharaan Bulanan

Pemeriksaan terhadap kondisi trafo yang dilakukan minimal sekali dalam satu bulan, antara lain :

- a. Periksa Lemari Kontrol/Proteksi dari kotoran / bangkai binatang atau benda asing lainnya
- b. Periksa warna silica gel/system pernafasan
- c. Periksa jumlah OLTC apakah sudah melampau jumlah kerja untuk penggantian minyaknya atau minyaknya sudah kotor.

3. Pemeliharaan Tahunan

Sedang pemeriksaan terhadap kondisi trafo yang dilakukan minimal sekali dalam satu tahun dapat dijelaskan seperti dibawah ini :

- a. Periksa kondisi diafragma, pastikan masih menutup dengan rapat, tidak tertutup cat atau karat.
- b. Pemeriksaan terhadap kondisi tahanan isolasi pentanahan, apakah nilai tahanan masih maksimal atau sudah berkurang.
- c. Ratio transformator apakah sudah terjadi perubahan.

- d. Pengujian terhadap dielektrik minyak (Tes tegangan tembus minyak trafo).
- e. Pemeriksaan terhadap Kadar air, kadar asam, kadar viscositas dan warna minyak : apakah masih sesuai dengan standar yang digunakan atau sudah dibawah standar.
- f. Peralatan Pengaman Transformator (untuk trafo yang menggunakan relay) : dibersihkan dari debu, kondisi seal pada kabel tripping dan alarm, lalu dilakukan pengujian seluruh alarm dan trippingnya.
- g. Kondisi Packing, mur/baut pada Bushing, harus dicekangkan kembali dan diganti bila rusak.
- h. Periksa dan bersihkan roda gigi OLTC dan beri pelumas.
- i. Spark Gap Bushing Primer maupun sekunder apakah masih memenuhi syarat.
- j. Baut terminal pada panel control, apakah ada yang kendur atau tidak.
- k. Periksa control mekanik, limit switch apakah masih bekerja sesuai fungsinya dan indicator OLTC masih sesuai dengan posisinya.
- l. Pondasi dudukan trafo, apakah ada keretakan atau tidak, hal ini untuk memastikan kekokohan trafo pada tempatnya
- m. Periksa arus beban sirkulasi masih sesuai dengan arus nominal yang tertera atau tidak.

III.4 Pemeliharaan PHB TR

Dalam melakukan pemeliharaan PHB TR dilakukan dengan beberapa metode, selain itu juga penting diketahui kapan waktu yang tepat untuk dilakukan pemeliharaan dan apa saja yang harus dilakukan dalam proses pemeliharaan PHB TR.

III.4.1 Metode Pemeliharaan

Dalam melakukan pemeliharaan terhadap PHB TR, di gunakan metode pemeliharaan antara lain :

- a. **Predictive Mainenance**, yaitu dengan cara mengamati kondisi PHB TR dengan salah caranya menggunakan Infrared Thermography. Setelah didapat hasilnya, kemudian dilakukan analisa PHB TR mana yang akan segera dilakukan pemeliharaan dan mana PHB TR yang mempunyai ketahanan fungsi lebih lama.
- b. **Breackdown Maintenance**, yaitu pemeliharaan bila terjadi kerusakan pada peralatan pada PHB TR. Misalnya bila terjadi kerusakan pada MCCB atau Motoris MCCB macet, maka saat itu pemeliharaan harus segera dilakukan.

III.4.2 Jadwal dan macam pemeliharaan PHB TR

- a. Pemeliharaan Mingguan
 1. Periksa kondisi sambungan kabel pada terminal indicator.
 2. Periksa fungsi Amperemeter, Voltmeter dan Lampu Indicator
 3. Periksa kotoran yang menempel pada busbar.
 4. Periksa beban tiap MCCB, apakah masih sesuai dengan batas maksimal pembebanan yang tertera pada MCCB
- b. Pemeliharaan Bulanan
 1. Periksa kondisi lemari control/proteksi, bersihkan dari kotoran dan bangkai binatang serta benda asing lainnya.
 2. Periksa warna sambungan kabel ke MCCB atau Busbar, apakah ada perubahan sesuai warna aslinya atau tidak, misalnya coklat atau pudar,
 3. Periksa sambungan kabel ada korona yang menempel.
 4. Periksa fungsi mekanik pada tiap MCCB, baik yang manual atau yang Motoris.
- c. Pemeliharaan Tahunan
 1. Pemeriksaan terhadap nilai tahanan pentanahan.
 2. Pemeriksaan terhadap temperature sambungan kabel.

Untuk pemeriksaan temperatur PHB TR, dilakukan dengan menggunakan *Infrared Thermography*.

Infrared Thermography adalah suatu system pemeriksaan NDT (Non Destructive Test) yang menggunakan kamera infra merah untuk memeriksa kondisi peralatan listrik dan mekanik pada panel listrik.

Dengan memonitor suhu / temeperatur pada saat peralatan Mekanikal Listrik yang sedang beroperasi, kemudian membandingkan dengan suhu operasi normalnya, maka akan didapat hasil yang menggambarkan ada tidaknya penyimpangan (Overheating) yang umumnya merupakan gejala awal kerusakan pada suatau peralatan listrik.

Penyebab overheating / temperature berlebih pada peralatan Mekanikal Elektrikal antara lain oleh :

- a. sambungan kabel / busbar / komponen listrik yang kendor akibat panas secara terus menerus,
- b. Pembebanan yang tidak seimbang antara fasa R – S – T,
- c. Terjadinya Induksi Elektromagnetik,
- d. Overloading Capacity.

Pemeriksaan infrared thermography hanya bisa dilakukan pada saat peralatan sedang beroperasi, sehingga tidak mengganggu kelangsungan pasokan listrik. Frekuensi pemeriksaan dilakukan setiap 6 (enam) bulan sekali untuk instalasi dengan beban yang berubah rubah. Dan minimal 1 (satu) tahun sekali untuk beban yang relative stabil.

Dalam melakukan Infrared thermographi, hasil pengukuran didasarkan pada skala prioritas pada warna hasil pemotretan. Adapun skala prioritas sebagaimana table di bawah ini.

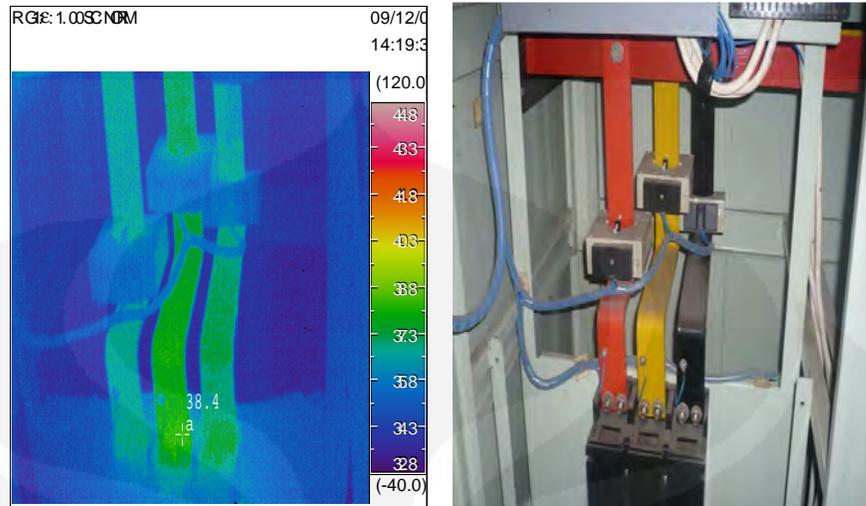
Tabel 9. Skala prioritas perbaikan berdasarkan suhu

Perbedaan suhu terhadap Referensi	Prioritas perbaikan
A. Lebih besar dari 50 °C	<u>Overheating Akut</u> Segera perbaiki
B. 30°C ... 50°C	<u>Overheating Serius</u> Perbaiki < 7 hari
C. 10°C ... 30°C	<u>Overheating Sedang.</u> Perbaiki < 14 hari.
D. Lebih kecil dari 10°C	<u>Normal, atau hanya indikasi awal overheating</u> Periksa ulang di periode pemeriksaan berikutnya

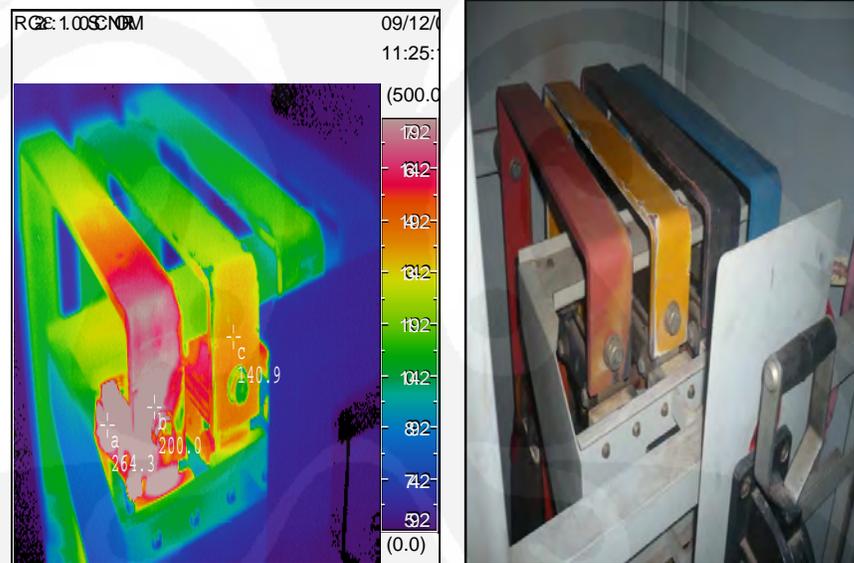
Manfaat / keuntungan menggunakan pemeriksaan infrared thermography antara lain :

- a. Kondisi setiap peralatan dapat dimonitor dan didokumentasikan dengan baik.
- b. Pemeriksaan berlangsung tanpa mengganggu kelangsungan pasokan listrik.
- c. Kerusakan/permasalahan dapat langsung dideteksi, sehingga mudah untuk merencanakan penanganan kerusakan yang akan terjadi.
- d. Dengan pemeriksaan yang seksama, sehingga dapat diketahui kerusakan atau dideteksi secara dini kerusakan yang akan terjadi, maka pemeborosan untuk pembelian peralatan baru dapat diminalisir.

Sebagai contoh, hasil Infrared Thermography dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 3.10 Hasil Foto dengan Infrared Thermography
(PHB TR yang baik)



Gambar 3.11 Kondisi PHB TR yang bermasalah

BAB IV

ANALISA PERMASALAHAN

IV.1 Analisa Pemeliharaan Intalasi Kabel TM

Bila pemeliharaan kabel TM hanya dilakukan dengan metode **Breckdown Maintenance**, maka tidak didapat data mengenai kondisi kabel TM yang ada di UI, sehingga tidak ada rencana kapan harus dilakukan pemeliharaan terhadap kabel TM tersebut.

Sedangkan bila dilakukan dengan metode **Corrective Maintenance**, maka didapat data kelaianan pada kabel TM tersebut, sehingga dapat ditentukan kapan waktu yang tepat untuk dilakukan pemeliharaan sebelum paralatan tersebut mengalami kerusakan yang lebih parah.

Sebagai contoh yaitu sebelum kita mengaktifkan suatu jaringan kabel tegangan menengah maka perlu dilakukan pengujian untuk mengetahui data adanya hal-hal berikut :

- a. Kegagalan isolasi kabel, yang menyebabkan arus mengalir dari penghantar ke tanah/earth atau selubung kabel.
- b. Kegagalan antar isolasi kabel, biasanya terjadi terjadi pada kabel penghantar lebih dari satu (*multy core*).
- c. Kerusakan pada penghantar kabel.
- d. Kombinasi dari kerusakan keruasakan yang ada.



Gambar 4.1 Pengujian Isolasi Kabel TM

Kabel TM yang diuji akan digunakan untuk jaringan 20 KV, maka kabel sebelum digunakan perlu diuji dengan tegangan minimal 30 KV, jika saat pengujian tidak terjadi kerusakan pada isolasi, maka dapat dinyatakan bahwa isolasi baik dan layak untuk dipergunakan.

IV.2 Analisa Pemeliharaan Cubicle TM

Dalam pemeliharaan Cubicle Tegangan Menengah, hal yang harus dilakukan secara periodic adalah pengecekan gas SF₆, dimana gas SF₆ berfungsi untuk memutus busur api yang timbul apabila PHB TM tersebut dioperasikan.

Bila Gas SF₆ tersebut pada indicator terlihat berkurang, maka PHB TM tidak dapat dioperasikan dalam konsisi bertegangan, karena bila hal ini dilakukan, maka busur api yang timbul akan menyebabkan ledakan pada tabung pemutus tegangan tersebut.

Selanjutnya pengetesan suara desisan di dalam PHB TM untuk mengetahui ada tidaknya korona pada sambungan kabel TM ke PHB TM, bila terdengar desisan, maka sudah dapat dipastikan bahwa telah terjadi korona pada sehingga harus segera dibersihkan korona tersebut. Hal ini bila tidak dilakukan, maka lama kelamaan akan terjadi pans berlebih pada sambungan kabel TM, sehingga dapat menyebabkan kerusakan pada PHB TM.

Kebersihan mekanik pengoperasian harus rutin dicek, karena bila kotor mekanik dapat dengan cepat rusak, sehingga PHB TM tidak dapat dioperasikan, baik di Off atau On kan.

IV.3 Analisa Pemeliharaan Transformator

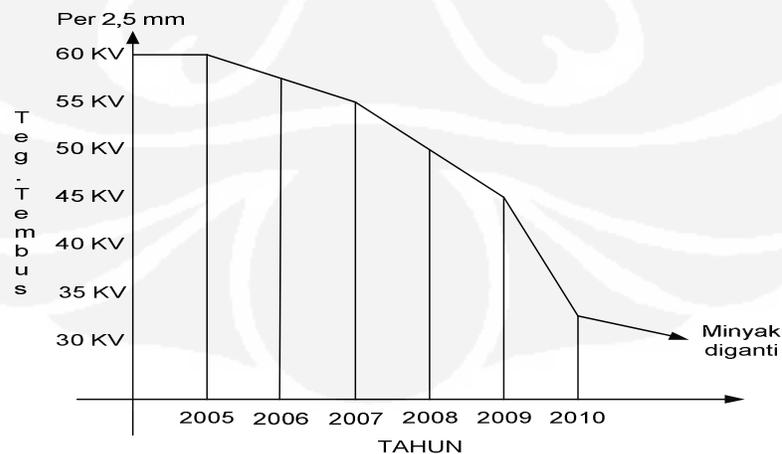
Data Minyak Trafo

No. Trafo	Tes ke 1	Tes Ke 2	Tes Ke 3	RataRata	Keterangan
1	35,3 KV	32,6 KV	34,7 KV	34,2 KV	Terjadi Perubahan warna, busa uap udara
2	35,8 KV	39,9 KV	37,8 KV	37,8 KV	Tidak ada perubahan bentuk fisik

Berdasarkan data diatas dapat diketahui bahwa trafo 1 harus dilakukan penggantian minyak trafo, karena selain tes tegangan tembus yang mendekati minimum, ada perubahan fisik pada minyak trafo tersebut.

Sedangkan pada minyak trafo 2, nilai tes tegangan tembus masih di atas nilai minimum, dan tidak ada perubahan fisik yang mencolok, sehingga pada pemeliharaan hanya perlu dilakukan treatment saja.

Berikut kurva penggantian minyak trafo berdasarkan nilai ekonomisnya



Berdasarkan kurva di atas dapat dianalisa bahwa :

- Pada tahun 2005 : minyak baru digunakan, jadi tes tegangan tembus minyak masih maksimal 60 KV/2,5 mm, berarti nilai ekonomisnya masih $60/60 \times 100 \% = 100$ persen
- Tahun 2006 dilakukan perawatan dan setelah ditreatment tegangan tembus mencapai 57,5 KV/2,5 mm, nilai ekonomisnya menjadi $57,5/60 \times 100 \% = 95 \%$
- Tahun 2007 dilakukan perawatan dan setelah ditreatment tegangan tembus mencapai 55 KV/2,5 mm, nilai ekonomisnya menjadi $55/60 \times 100 \% = 91 \%$
- Tahun 2008 dilakukan perawatan dan setelah ditreatment tegangan tembus mencapai 50 KV/2,5 mm, nilai ekonomisnya menjadi $50/60 \times 100 \% = 83 \%$
- Tahun 2009 dilakukan perawatan dan setelah ditreatment tegangan tembus mencapai 45 KV/2,5 mm, nilai ekonomisnya menjadi $45/60 \times 100 \% = 75 \%$
- Tahun 2010 dilakukan perawatan dan setelah ditreatment tegangan tembus mencapai 32,5 KV/2,5 mm, nilai ekonomisnya menjadi $32,5/60 \times 100 \% = 40 \%$
- Maka pada tahun 2010 minyak trafo harus diganti, karena sudah dibawah 50 % untuk nilai ekonomisnya.

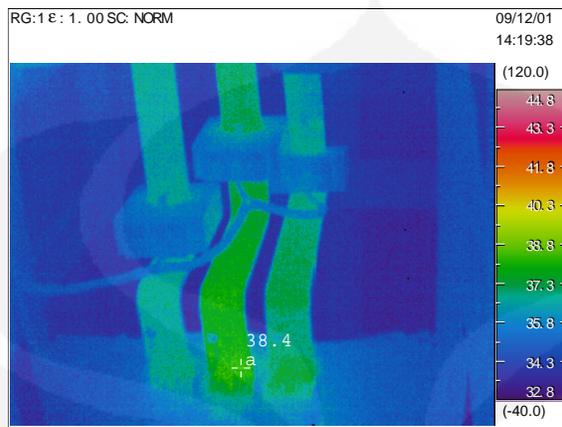
IV.4 Analisa Pemeliharaan PHB TR

Untuk analisa ini akan dilakukan terhadap hasil Infrared Thermographi pada peralatan yang ada pada PHB TR dan peralatan lainnya yang ada di dalam gardu.

Didalam menganalisa digunakan keterangan sesuai pada hasil foto sebagai berikut :

1. a, b dan c : Lokasi titik overheating (obyek foto)
2. T. Spot : Suhu Te
3. rukur (Suhu yang terekam oleh kamera pada bagian peralatan yang bermasalah).

4. T. Ref : Batasan umum nilai suhu operasi normal
 5. ΔT : Perbedaan suhu antara T. Spot – T. Ref



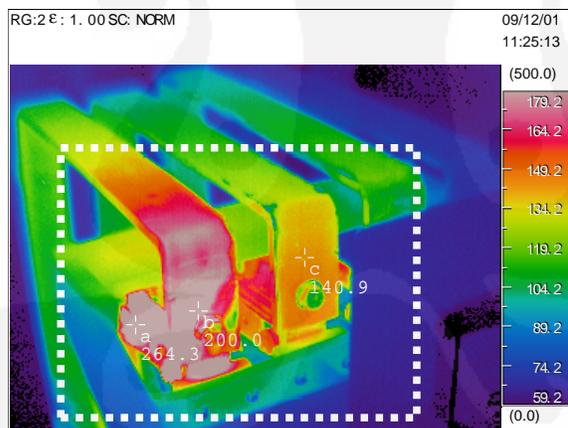
Berdasarkan gambar visual di atas dapat diketahui bahwa :

TSpot : 38,4 °C

TRef : <50 °C

ΔT : 0

Keterangan : Tidak ditemukan indikasi panas berlebih hasil Foto tersebut, jadi dapat disimpulkan bahwa suhu kerja normal.



Berdasarkan gambar visual di atas dapat diketahui bahwa :

TSpot : 264,8 °C

TRef : 60 °C

ΔT : TSpot – TRef = 204.8

Keterangan : Ditemukan indikasi panas berlebih (overheating) seperti pada kotak putih dari hasil Foto tersebut, jadi dapat disimpulkan bahwa suhu kerja tidak normal, sehingga harus segera diperbaiki.

Penyebab dari overheating adalah koneksi baut yang sudah tidak kencang lagi (kendor).

IV.5 Perhitungan Biaya pemeliharaan

Dalam hal pemeliharaan tidak mungkin terlepas dari biaya yang akan dikeluarkan. Berikut analisa biayanya.

IV.5.1 Pemeliharaan Kabel TM

Sewa peralatan : - Megger = Rp. 500.000,- / minggu
- Mobil Deteksi = Rp. 2.500.000,- / Hari
Biaya Jointing : - uk. 3 x 150 mm² = Rp. 3.500.000,- / titik
Biaya Remunirasi : - Staf Ahli = Rp. 7.500.000 / orang / kegiatan
- Staf Pelaksana = 2.000.000,- / orang / kegiatan

Jadi untuk pemeliharaan kabel TM yang dilakukan 1 (satu) kali dalam setahun, dengan staf ahli 1 orang dan staf pelaksana 3 orang, maka biaya untuk pemeliharaan kabel tegangan menengah sekitar Rp. 14.000.000,- / tahun (Biaya sewa Megger + Honor Staf Ahli + Honor Pelaksasan).

Untuk keadaan gangguan maka biaya tersebut ditambah dengan Sewa Mobil Deteksi, Biaya Jointing dan pengadaan kabel TM ± 3 meter.

IV.5.2 Pemeliharaan Cubicle TM

Untuk pemeliharaan Cubicle TM tidak terlalu banyak item pekerjaan karena Cubicle TM tidak banyak terdapat komponen peralatan. Biasanya untuk untuk biaya pemeliharaan rutin hanya berupa biaya pembersihan mekanik dan sambungan kabel TM dari korona.

Untuk biaya pemeliharaan tersebut sebesar Rp. 3.500.000 / unit / tahun. Kecuali bila terjadi kebocoran gas SF₆, maka sebaiknya Cubicle TM diganti, jadi biaya lebih besar.

IV.5.3 Pemeliharaan Transformator

Untuk lebih detailnya biaya pemeliharaan trafo pada lampiran halaman ini

IV.5.4 Pemeliharaan PHB TR

Untuk pemeliharaan biaya pemeliharaan yang bisa diprediksi adalah biaya untuk infrared thermographi. Untuk biaya tersebut dihitung pertitik. Rata-rata untuk biaya infrared thermographi sebesar Rp.1.500.000,-/titik.

IV.6 Contoh Kasus

- Meledaknya PHB TR di Gardu UI 6, hal ini akibat dari kurangnya pemeliharaan/pengawasan pada gardu listrik. Pada kasus ini terjadi short antar phase yang dimulai dari adanya kabel indikator lampu yang menempel pada busbar utama, karena busbar mengalami temperatur yang tinggi, maka isolasi kabel lama kelamaan kering sehingga pada saat isolasi mengelupas, maka kabel yang terbuka dan menyebabkan short antar phase pada busbar utama.
- Gas Nitrogen berlebih pada Trafo Gedung IASTH, hal ini akibat dari terlalu lamanya minyak trafo tidak dilakukan perawatan (> 5 tahun) baru ditreatment, setelah ditreatment ternyata minyak telah mengalami kerusakan pada kondisi fisik, akhirnya diputuskan untuk diganti. Karena kondisi dalam trafo yang tadinya sudah kurang bagus, maka timbul gas nitrogen, akibatnya relay sering bekerja dan tegangan trafo sering mati. Sehingga dipasang tangki konservator untuk mengalirkan gas nitrogen.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

V.1 Kesimpulan

1. Dengan menggunakan metode *Predictive Maintenance*, dapat mengurangi biaya pemeliharaan yang lebih besar dibanding *Breakdown Maintenance*.
2. Pemeliharaan sistem kelistrikan dapat meningkatkan nilai ekonomis dan memperpanjang umur dari suatu peralatan tersebut.
3. Peralatan utama yang sangat harus dilakukan pemeliharaan rutin adalah sebagai berikut :
 - a. Kabel Tegangan Menengah
 - b. Cubicle Tegangan Menengah
 - c. Transformator
 - d. Peralatan Hubung Bagi Tegangan Rendah (PHB TR)
4. Sebelum mengoperasikan PHB TM, harus terlebih dahulu dilakukan pengecekan kondisi Gas SF₆, karena gas SF₆ bila terindikasi berkurang, maka tidak diperbolehkan mengoperasikan PHB TM dalam kondisi bertegangan.
5. Semakin besar beban pada transformator, maka harus sering dilakukan perawatan berupa treatment minyak trafo, karena dengan tingginya beban trafo gas/uap lebih banyak dihasilkan.
6. Untuk menghindari terjadi kebakaran pada Peralatan Hubung Bagi Tegangan Rendah (PHB TR) maka harus dilakukan Infrared Thermographi minimal 2 kali dalam satu tahun. Hal ini untuk mengetahui suhu pada sambungan – sambungan yang terdapat pada PHB TR tersebut.
7. Bila terindikasi suhu pada sambungan telah melewati batas normal, maka sambungan pada PHB TR harus segera dilakukan perawatan.

V.2 Saran

1. Untuk menjaga kehandalan sistem kelistrikan di Universitas Indonesia, perlu dilakukan pembuatan dan penetapan Master Plan kelistrikan, hal ini dapat dijadikan acuan kebutuhan energi yang dibutuhkan di Universitas Indonesia.
2. Disediakan nemplet/tabel perawatan yang ditempel pada setiap gardu, sehingga setiap dilakukan pemeliharaan dapat ditulis di nemplet tersebut.
3. Dilakukan pengecekan kondisi peralatan listrik pada setiap gardu minimal 1 bulan sekali, dan dilakukan pencatatan setiap ada perubahan kondisi peralatan listrik yang ada di dalam gardu.
4. Untuk menghindari corona pada Cubicle TM, yang biasanya sering terjadi pada Cubicle TM lama, maka dipasang heater di dalam Cubicle TM tersebut, hal ini untuk menghindari kelembaban pada sisi dalam Cubicle TM tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

1. Konsep Buku Masterplan Energi Listrik UI, Tim Masterplan Energy Listrik Universitas Indonesia
2. Pembangkitan Energi Listrik, Djiteng Marsudi
3. Operasi Sistem Tenaga Listrik, Djiteng Marsudi
4. Bahan Kuliah Pengukuran Besaran Listrik, Budi Sudiarto
5. <http://lightningbuster.blogspot.com/2008/12/mengukur-tahanan-isolasi-kabel-dengan.html>
6. Data pemeliharaan kelistrikan Universitas Indonesia, Direktorat Umum dan Fasilitas UI.
7. Panduan Pemeliharaan Trafo, PT. PLN (Persero) No. Dokumen :P3B/O&M Trafo/001.01