

Analisis Hasil Uji PMT 150kV Pada Gardu Induk Cilegon Baru BAY KS 1

Didik Aribowo, Endi Permata, Desmira, Ratna Ekawati, Mustofa Abi Hamid, M Fatkhurrohman, M. Ilham Dharmawan, Irwanto, Khoirul Bahtiar

Abstract— *In this modern era, the need for electricity has become a primary need in both big cities and small cities, almost all of our daily life support equipment requires electrical energy. PLN as the only company engaged in the distribution of electrical energy researches in the field of maintenance, especially testing of PMT insulation prisoners. Based on IEV (International Electrotechnical Vocabulary) 441-14-20 stated that Circuit Breaker (CB) is a mechanical switching / switching equipment, which is able to close, drain and break the load current under normal conditions and is able to close, drain (within a certain time period) and break the load current under specific abnormal conditions / disturbances such as short circuits. to be used as material for the PMT analysis. The minimum PMT isolation resistance limit at the operating temperature is calculated "1 kV = 1 MΩ". with a note of 1 kv = the magnitude of the phase voltage to the ground, allowable leakage current per kV = 1mA.*

Keywords— *Analysis, PMT, Substation*

Abstrak— *Di era yang modern ini kebutuhan akan tenaga listrik sudah menjadi kebutuhan primer baik di kota kota besar maupun kota-kota kecil, hampir seluruh peralatan penunjang kehidupan sehari-hari kita memerlukan energi listrik. PLN sebagai satu-satunya perusahaan yang bergerak dalam bidang penyaluran energi listrik meneliti di bidang pemeliharaan khususnya pengujian tahanan isolasi PMT. Berdasarkan IEV (International Electrotechnical Vocabulary) 441-14-20 disebutkan bahwa Circuit Breaker (CB) atau Pemutus Tenaga (PMT) merupakan peralatan saklar / switching mekanis, yang mampu menutup, mengalirkan dan memutus arus beban dalam kondisi normal serta mampu menutup, mengalirkan (dalam periode waktu tertentu) dan memutus arus beban dalam spesifik kondisi abnormal / gangguan seperti short circuit / hubungan singkat. untuk dijadikan bahan analisis pmt tersebut. Batasan tahanan isolasi PMT minimum besarnya pada suhu operasi di hitung "1 kV = 1 MΩ". dengan catatan 1 kv = besarnya tegangan fasa terhadap tanah, kebocoran arus yang diijinkan setiap kV = 1mA.*

Kata Kunci— *Analisis, PMT, Gardu Induk*

I. PENDAHULUAN

Di era modern ini, kebutuhan akan listrik telah menjadi kebutuhan utama baik di kota maupun di kota, hampir semua peralatan pendukung kehidupan sehari-hari kita membutuhkan listrik. Oleh karena itu kita harus menyadari setidaknya secara umum bagaimana listrik bekerja dan pengiriman sistem tenaga listrik dari hulu ke hilir. Penelitian ini dilakukan mengenai uji

isolasi pada pemeliharaan Pemutus Tenaga Listrik (PMT) dan PMT secara umum.

PLN adalah satu-satunya perusahaan yang bergerak di bidang distribusi energi listrik. Ini mengilhami saya untuk mengambil topik laporan tentang kerja praktek di bidang pemeliharaan, terutama pengujian tahanan isolasi PMT. Salah satu peralatan utama ada di gardu induk ini, yaitu PMT atau dalam bahasa Inggris, *Circuit Breaker* (CB). Pemeliharaan dan pengoperasian PMT yang tidak tepat akan mempersingkat masa pakai PMT dan akan menyebabkan masalah sebelumnya.

Pemutus Tenaga (PMT)

Circuit Breaker (CB) atau Sakelar Pemutus Tenaga (PMT) adalah suatu peralatan pemutus rangkaian listrik pada suatu sistem tenaga listrik yang mampu untuk membuka dan menutup rangkaian listrik pada semua kondisi, termasuk hubungan singkat, sesuai dengan ratingnya [1]. Juga pada kondisi tenaga yang normal ataupun tidak normal



Gambar 1. Pemutus Tenaga (PMT) [1]

Gangguan adalah setiap ketidak normalan pada suatu sistem tenaga listrik yang berakhir dengan pembukaan PMT. Dikecualikan pembukuan PMT oleh operator atau kesalahan manusia. Gangguan pada sistem tenaga listrik dapat terjadi di pembangkit, jaringan transmisi, atau jaringan distribusi. Dimanapun gangguan itu terjadi sistem proteksi yang baik harus dapat mengidentifikasi dan memisahkan bagian yang terganggu secepat

mungkin dari bagian lainnya serta dapat menghindarkan kerusakan yang dapat menimbulkan kerugian. Dalam sistem tenaga listrik sistem pengamanan di bagi dalam bagian-bagian yang dibatasi oleh PMT. Setiap bagian diamankan oleh rele pengaman dan setiap rele pengaman mempunyai daerah pengaman (*zone protection*) masing-masing yaitu daerah dimana bila terjadi gangguan di dalamnya rele ini dapat merasakan dan rele ini dengan bantuan sistem yang lainnya [2].

Daerah pengaman (*zone protection*) mempunyai daerah yang saling tumpang tindih (*overlapping*) antara daerah pengaman yang satu dengan sebelahnyanya, sebab kalau tidak akan terjadi daerah kosong (*gap*), yaitu daerah dimana tidak ada rele bekerja jika terjadi gangguan atau biasa disebut zona mati (*dead zone*) [2].

Berdasarkan IEV (*International Electrotechnical Vocabulary*) 441-14-20 dinyatakan bahwa CB adalah saklar / perangkat *switching* mekanis, yang mampu menutup, mengeringkan dan memutus arus beban dalam kondisi normal dan mampu tutup, tiriskan (dalam periode waktu tertentu) dan arus muatan memutus dalam kondisi / gangguan abnormal tertentu seperti korsleting / korsleting. Fungsi utamanya adalah sebagai alat pembuka atau penutup untuk sirkuit listrik di bawah kondisi beban, dan mampu membuka atau menutup ketika ada gangguan arus (korsleting) pada jaringan atau peralatan listrik [1].



Gambar 2. Berbagai jenis PMT [1]

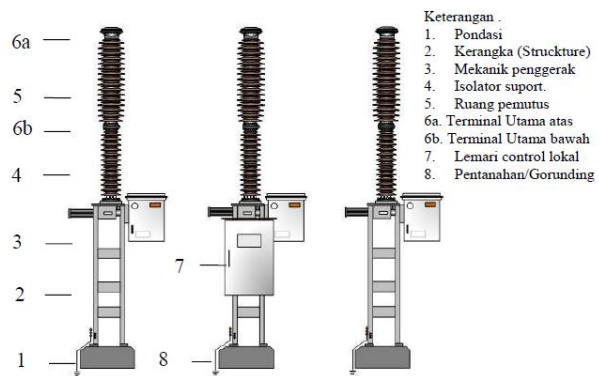
Klasifikasi Pemutus Tenaga dapat dibagi atas beberapa jenis, antara lain berdasarkan tegangan rating/nominal, jumlah mekanik penggerak, media isolasi, dan proses pemadaman busur api jenis gas SF6. Berdasarkan besar / kelas tegangan PMT dapat dibedakan menjadi :

1. CB tegangan rendah (Low Voltage) dengan *range* tegangan 0.1 s/d 1 kV (SPLN 1.1995 - 3.3).
2. CB tegangan menengah (Medium Voltage) dengan *range* tegangan 1 s/d 35 kV (SPLN 1.1995 – 3.4).
3. CB tegangan tinggi (High Voltage) dengan *range* tegangan 35 s/d 245 kV (SPLN 1.1995 – 3.5).
4. CB tegangan extra tinggi (Extra High Voltage) dengan *range* tegangan lebih besar dari 245 kVAC (SPLN 1.1995 – 3.6).

Berdasarkan jumlah mekanik penggerak (*tripping coil*) PMT dapat dibedakan menjadi :

1. PMT Single Pole

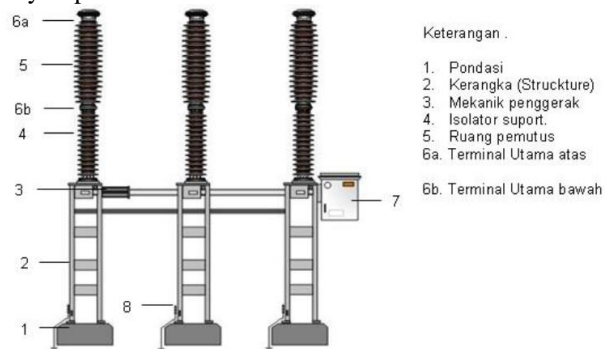
PMT tipe ini mempunyai mekanik penggerak pada masing-masing pole, umumnya PMT jenis ini dipasang pada bay penghantar agar PMT bisa *reclose* satu fasa.



Gambar 3. PMT Single Pole [1]

2. PMT Three Pole

PMT jenis ini mempunyai satu mekanik penggerak untuk tiga fasa, guna menghubungkan fasa satu dengan fasa lainnya di lengkapi dengan kopel mekanik, umumnya PMT jenis ini di pasang pada bay trafo dan bay kopel serta PMT 20 kV untuk distribusi



Gambar 4. PMT Three Pole [1]

Circuit Breaker (CB) merupakan suatu alat listrik yang berfungsi untuk melindungi sistem tenaga listrik apabila terjadi kesalahan atau gangguan pada sistem tersebut, terjadinya kesalahan pada sistem akan menimbulkan berbagai efek seperti efek termis, efek magnetis dan dinamis *stability* [3]. Syarat-syarat yang harus dipenuhi oleh suatu CB agar dapat melakukan hal-hal diatas, adalah sebagai berikut :

1. Mampu menyalurkan arus maksimum sistem secara terus menerus.
2. Mampu memutuskan dan menutup jaringan dalam keadaan berbeban maupun terhubung singkat tanpa menimbulkan kerusakan pada pemutus tenaga itu sendiri.
3. Dapat memutuskan arus hubung singkat dengan kecepatan tinggi agar arus hubung singkat tidak sampai merusak peralatan sistem, sehingga tidak membuat sistem kehilangan kestabilan, dan merusak pemutus tenaga itu sendiri

Setiap CB dirancang sesuai dengan tugas yang akan dipikulnya, ada beberapa hal yang perlu dipertimbangkan dalam rancangan suatu CB [4], yaitu :

1. Tegangan efektif tertinggi dan frekuensi daya jaringan dimana pemutus daya itu akan dipasang. Nilainya tergantung pada jenis pentanahan titik netral sistem.

2. Arus maksimum continue yang akan dialirkan melalui pemutus daya. Nilai arus ini tergantung pada arus maksimum sumber daya atau arus nominal beban dimana pemutus daya tersebut terpasang.
3. Arus hubung singkat maksimum yang akan diputuskan pemutus daya tersebut.
4. Lamanya maksimum arus hubung singkat yang boleh berlangsung. hal ini berhubungan dengan waktu pembukaan kontak yang dibutuhkan.
5. Jarak bebas antara bagian yang bertegangan tinggi dengan objek lain disekitarnya.
6. Jarak rambat arus bocor pada isolatornya.
7. Kekuatan dielektrik media isolator sela kontak.
8. Iklim dan ketinggian lokasi penempatan pemutus daya.

Berdasarkan media pemadam busur api, PMT dapat di bedakan menjadi :

a. Pemadaman busur api dengan gas SF₆.

PMT ini dapat digunakan untuk memutus arus sampai 40 kA dan pada rangkaian bertegangan sampai 765 kV. Media gas yang digunakan pada tipe ini adalah gas SF₆ (Sulphur hexafluoride). Sifat gas SF₆ murni adalah tidak berwarna, tidak berbau, tidak beracun dan tidak mudah terbakar. Pada suhu diatas 150°C, gas SF₆ mempunyai sifat tidak merusak metal, plastic dan bermacam bahan yang umumnya digunakan dalam pemutus tenaga tegangan tinggi.

Sebagai isolasi listrik, gas SF₆ mempunyai kekuatan dielektrik yang tinggi (2,35 kali udara) dan kekuatan dielektrik ini bertambah dengan pertambahan tekanan. Sifat lain dari gas SF₆ ialah mampu mengembalikan kekuatan dielektrik dengan cepat, tidak terjadi karbon selama terjadi busur api dan tidak menimbulkan bunyi pada saat pemutus tenaga menutup atau membuka.

Selama pengisian, gas SF₆ akan menjadi dingin jika keluar dari tangki penyimpanan dan akan panas kembali jika dipompakan untuk pengisian kedalam bagian/ruang pemutus tenaga. Oleh karena itu gas SF₆ perlu diadakan pengaturan tekanannya beberapa jam setelah pengisian, pada saat gas SF₆ pada suhu lingkungan. Sakelar PMT SF₆ ada 2 tipe, yaitu:

1. PMT Tipe Tekanan Tunggal (Single Pressure Type)

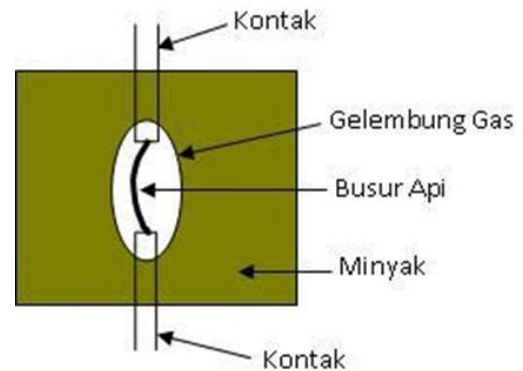
PMT SF₆ tipe ini diisi dengan gas SF₆ dengan tekanan kira-kira 5 Kg/cm². Selama pemisahan kontak-kontak, gas SF₆ ditekan kedalam suatu tabung yang menempel pada kontak bergerak. Pada waktu pemutusan kontak terjadi, gas SF₆ ditekan melalui nozzle dan tiupan ini yang mematikan busur api.

2. PMT Tipe Tekanan Ganda (Double Pressure Type)

Dimana pada saat ini sudah tidak diproduksi lagi. Pada tipe ini, gas dari sistem tekanan tinggi dialirkan melalui nozzle ke gas sistem tekanan rendah selama pemutusan busur api. Pada sistem gas tekanan tinggi, tekanan gas SF₆ kurang lebih 12 Kg/cm² dan pada sistem gas tekanan rendah, tekanan gas SF₆ kurang lebih 2 kg/cm². Gas pada sistem tekanan rendah kemudian dipompakan kembali ke sistem tekanan tinggi.

b. Pemadaman busur api dengan minyak.

PMT ini dapat digunakan untuk memutus arus sampai 10 kA dan pada rangkaian bertegangan sampai 500 kV. Pada saat kontak dipisahkan, busur api akan terjadi didalam minyak, sehingga minyak menguap dan menimbulkan gelembung gas yang menyelubungi busur api, karena panas yang ditimbulkan busur api, minyak mengalami dekomposisi dan menghasilkan gas hydrogen yang bersifat menghambat produksi pasangan ion. Oleh karena itu, pemadaman busur api tergantung pada pemanjangan dan pendinginan busur api dan juga tergantung pada jenis gas hasil dekomposisi minyak.



Gambar 5. Pemadaman busur api pada pemutus daya minyak

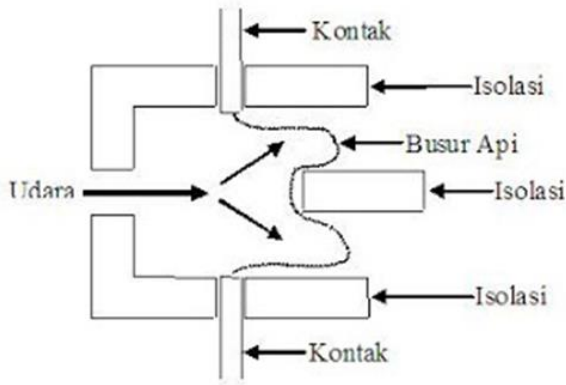
Gas yang timbul karena dekomposisi minyak menimbulkan tekanan terhadap minyak, sehingga minyak terdorong ke bawah melalui leher bilik. Di leher bilik, minyak ini melakukan kontak yang intim dengan busur api. Hal ini akan menimbulkan pendinginan busur api, mendorong proses rekombinasi dan menjauhkan partikel bermuatan dari lintasan busur api. Minyak yang berada diantara kontak sangat efektif memutuskan arus. Kelemahannya dari PMT ini adalah minyak mudah terbakar dan kekentalan minyak memperlambat pemisahan kontak, sehingga tidak cocok untuk system yang membutuhkan pemutusan arus yang cepat.

Sakelar PMT minyak terbagi menjadi 2 jenis, yaitu:

1. Sakelar PMT dengan banyak menggunakan minyak (*Bulk Oil Circuit Breaker*), pada tipe ini minyak berfungsi sebagai peredam loncatan bunga api listrik selama terjadi pemutusan kontak dan sebagai isolator antara bagian-bagian yang bertegangan dengan badan, jenis PMT ini juga ada yang dilengkapi dengan alat pembatas busur api listrik.
2. Sakelar PMT dengan sedikit menggunakan minyak (*Low oil Content Circuit Breaker*), pada tipe ini minyak hanya dipergunakan sebagai peredam loncatan bunga api listrik, sedangkan sebagai bahan isolator dari bagian-bagian yang bertegangan digunakan porselen atau material isolasi dari jenis organic.
- c. Pemadaman busur api dengan udara hembus / air blast

Sakelar PMT ini dapat digunakan untuk memutus arus sampai 40 kA dan pada rangkaian bertegangan sampai 765 kV. PMT udara hembus dirancang untuk mengatasi kelemahan pada PMT minyak, yaitu dengan membuat media isolator kontak dari bahan yang tidak

mudah terbakar dan tidak menghalangi pemisahan kontak, sehingga pemisahan kontak dapat dilaksanakan dalam waktu yang sangat cepat. Saat busur api timbul, udara tekanan tinggi dihembuskan ke busur api melalui *nozzle* pada kontak pemisah dan ionisasi media diantara kontak dipadamkan oleh hembusan udara tekanan tinggi itu dan juga menyingkirkan partikel-partikel bermuatan dari sela kontak, udara ini juga berfungsi untuk mencegah restriking *voltage* (tegangan pukul ulang).

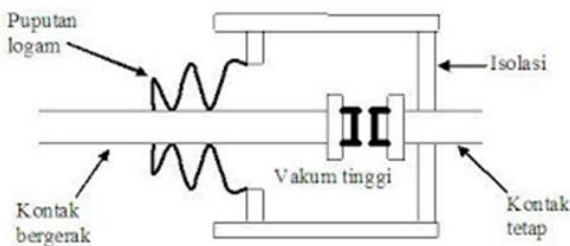


Gambar 6. Pemadaman busur api pada pemutus daya udara hembus

Kontak pemutus ditempatkan didalam isolator, dan juga katup hembusan udara. Pada sakelar PMT kapasitas kecil, isolator ini merupakan satu kesatuan dengan PMT, tetapi untuk kapasitas besar tidak demikian halnya.

d. Pemadaman busur api dengan hampa udara (*Vacuum*)

Sakelar PMT ini dapat digunakan untuk memutus rangkaian bertegangan sampai 38 kV. Pada PMT vakum, kontak ditempatkan pada suatu bilik vakum. Untuk mencegah udara masuk kedalam bilik, maka bilik ini harus ditutup rapat dan kontak Bergeraknya diikat ketat dengan perapat logam.



Gambar 7. Kontak pemutus daya vakum

Jika kontak dibuka, maka pada katoda kontak terjadi emisi termis dan medan tegangan yang tinggi yang memproduksi elektron-elektron bebas. Elektron hasil emisi ini bergerak menuju anoda, elektron-elektron bebas ini tidak bertemu dengan molekul udara sehingga tidak terjadi proses ionisasi. Akibatnya, tidak ada penambahan elektron bebas yang mengawali pembentukan busur api. Dengan kata lain, busur api dapat dipadamkan.

Evaluasi hasil pemeliharaan

Metode evaluasi untuk pemeliharaan PMT secara umum meliputi 3 (tiga) tahapan evaluasi pemeliharaan, yaitu:

A. Evaluasi Level – 1

Pelaksanaan tahap awal ini berdasarkan pada hasil *In service / Visual Inspection* yang sifatnya berupa harian, mingguan, bulanan atau tahunan, serta dapat juga dengan menambahkan hasil *on line monitoring*. Tahapan ini menghasilkan kondisi awal (*early warning*) dari PMT.

B. Evaluasi Level – 2

Hasil akhir serta rekomendasi pada tahap pertama menjadi inputan untuk dilakukannya evaluasi level – 2, ditambah dengan pelaksanaan *In Service Measurement*. Tahapan ini menghasilkan gambaran lebih lanjut untuk justifikasi kondisi PMT, serta menentukan pemeliharaan lebih lanjut.

C. Evaluasi Level – 3

Merupakan tahap akhir pada metode evaluasi pemeliharaan. Hasil evaluasi level – 2 ditambah dengan hasil *shutdown measurement* dan *shutdown function check*, menghasilkan rekomendasi akhir tindak lanjut yang berupa *life extension program* dan *asset development plan*, seperti *retrofit*, *refurbish*, *replacement* atau *reinvestment*.

II. METODOLOGI

Menurut Rooney dan Heuvel (2004), RCA adalah proses empat langkah yang meliputi:

1. Pengumpulan data

Tanpa lengkap informasi dan pemahaman tentang kejadian tersebut, faktor-faktor penyebab dan akar penyebab yang terkait dengan kejadian tersebut tidak dapat diidentifikasi. Sebagian besar waktu yang dihabiskan dalam menganalisis suatu peristiwa akan dihabiskan dalam pengumpulan data.

2. Pembuatan diagram faktor penyebab.

Dimulai dengan fishbone chart yang dimodifikasi setiap kali fakta yang lebih relevan terungkap. Faktor penyebab adalah semua hal yang berkontribusi (kesalahan manusia dan kegagalan komponen) pada kejadian, yang jika dihilangkan, akan mampu mencegah terjadinya atau mengurangi keparahan. Dalam banyak analisis tradisional, semua perhatian akan dicurahkan pada faktor penyebab yang paling terlihat.

3. Identifikasi akar penyebab.

Langkah ini melibatkan penggunaan diagram keputusan untuk mengidentifikasi alasan yang mendasari atau alasan dari setiap faktor penyebab. Struktur diagram menunjukkan proses penalaran dari para peneliti dengan membantu mereka menjawab pertanyaan tentang mengapa faktor penyebab tertentu ada atau terjadi. Identifikasi akar penyebab membantu penyidik menentukan alasan mengapa peristiwa itu terjadi sehingga masalah di sekitar kejadian dapat diatasi.

4. Pencarian Rekomendasi dan implementasi.

Langkah berikutnya adalah pencarian rekomendasi. Setelah identifikasi akar penyebab untuk faktor penyebab tertentu, rekomendasi yang dapat dicapai untuk mencegah kekambuhan

III. ANALISA DAN PEMBAHASAN

a. Pengukuran Tahanan Isolasi

Pengukuran tahanan isolasi pemutus tenaga (PMT) ialah proses pengukuran dengan suatu alat ukur *Insulation Tester (megger)* untuk memperoleh hasil (nilai/besaran) tahanan isolasi pemutus tenaga antara bagian yang diberi tegangan (fasa) terhadap badan (*case*) yang ditanahkan maupun antara terminal masukan (I/P terminal) dengan terminal keluaran (O/P terminal) pada fasa yang sama.

Hal yang mengakibatkan kerusakan alat ukur adalah bilamana alat ukur tersebut dipakai untuk mengukur obyek pada isolasi yang tegangan induksi listrik disekitarnya sangat tinggi untuk mengukur obyek pada lokasi yang tegangan induksi listrik disekitarnya sangat tinggi atau masih adanya muatan residual pada belitan atau kabel. Langkah untuk menetralkan tegangan induksi maupun muatan residual adalah menghubungkan bagian tersebut ke tanah beberapa saat sehingga induksinya hilang.

Untuk mengamankan alat ukur terhadap pengaruh tegangan induksi maka peralatan tersebut perlu dilindungi dengan sangkar faraday dan kabel-kabel penghubung rangkaian pengujian sebaiknya menggunakan kabel yang dilengkapi pelindung (*Shield Wire*). Jadi untuk memperoleh hasil yang valid maka obyek yang di ukur harus betul-betul bebas dari pengaruh induksi.

b. Cara penggunaan / Cara pengukuran tahanan isolasi

Persiapan

1. Persiapan alat ukur dan asesoris lainnya serta yakinkan semuanya dalam kondisi baik



Gambar 8. Persiapan jika menggunakan megger kyoritsu

2. Periksa sumber tegangan / batrenya



Gambar 9. Mengecek sumber tegangan / batrei

3. Persiapkan tool set yang diperlukan
4. Persiapkan blanko pengukuran
5. Catat spesifikasi PMT yang akan diukur
6. Letakkan alat ukur pada tempat yang aman dan terjangkau
7. Referensi hasil pengukuran tahanan isolasi adalah $1 \text{ M}\Omega/\text{kV}$ & $\text{PI} = 1,25 - 2$ (SE PLN No.032/PST/1984 dan Suplemennya serta Buku Panduan Pemeliharaan Trafo Tenaga)

Pelaksanaan

1. Masukan pangkal kabel tester pada terminal alat ukur.
2. Hubungkan kabel LINE dan kabel EARTH ke objek uji seperti pada tabel dibawah untuk beberapa variasi pengukuran.

Tabel 1. Variasi Pengukuran yang di lakukan

No	Pengukuran	Kabel line	Kabel earth	Kabel guard
1	Fasa R atas – Fasa R bawah	Fasa atas	Fasa R bawah	Ground / body
2	Fasa R atas – Ground	Fasa / atas	Ground / body	Fasa R bawah
3	Fasa R bawah – Ground	Fasa / bawah	Ground / body	Fasa R atas
4	Fasa S atas – Fasa S bawah	Fasa atas	Fasa S bawah	Ground / body
5	Fasa S atas – Ground	Fasa / atas	Ground / body	Fasa S bawah
6	Fasa S bawah – Ground	Fasa / bawah	Ground / body	Fasa S atas
7	Fasa T atas – Fasa T bawah	Fasa atas	Fasa T bawah	Ground / body
8	Fasa T atas – Ground	Fasa / atas	Ground / body	Fasa T bawah
9	Fasa T bawah – Ground	Fasa / bawah	Ground / body	Fasa T atas

3. Pada saat pengukuran yakinkan bahwa semua probe terhubung dengan baik.
4. Pindahkan posisi selector tegangan ke 5000 Volt
5. Setting waktu pengukuran dengan menekan tombol *TIME SET*:
 - a) Time 1 = 1 menit
 - b) Time 2 = 10 menit
6. Tekan dan putar sesuai arah panah tombol *PRESS TO TEST* hingga posisi *LOCK*
7. Amati hasil petunjukkan pada alat ukur dan catat pada blanko yang telah disediakan
8. Tekan dan putar berlawanan arah panah pada tombol *PRESS TO TEST* ke posisi semula
9. Tunggu sejenak untuk memberikan waktu ke alat ukur melakukan *self discharge* atau dapat juga dilakukan dengan menghubungkan singkat terminal ukur ke *ground*

10. Pindah selector tegangan ke posisi OFF

Finishing

1. Lepas rangkaian kabel alat ukur
2. Simpan pada kotak penyimpanan bersama dengan kabel atau accessoriesnya
3. Lakukan pengecekan ulang untuk meyakinkan sambungan konduktor / kabel pada terminal telah terpasang dengan baik dan benar

Tabel 2. Hasil Pengukuran yang di dapat dari beberapa variasi

No	Titik Ukur	Acuan	R	S	T
1	Tahanan Isolasi				
	Atas – Bawah PMT Off		7290	2400	7910
	Atas – Tanah PMT Off	1KV/ 1 MΩ	5100	4880	4750
	Bawah – Tanah PMT Off		4230	3420	15800
2	Tahanan Kontak				
	Atas – Bawah PMT On	< 50 micro Ohm	36	13	34
3	Tekanan Gas SF6		7.8 Bar	7.8 Bar	7.8 Bar
4	Tahanan Pentanahan	< 1Ω	0.07	0.07	0.07

Dari tabel di atas di dapat bahwa PMT tersebut masih baik karena batasan tahanan isolasi PMT sesuai Buku Pemeliharaan Peralatan SE.032/PST/1984 dan menurut standar VDE (catalogue 228/4) minimum besarnya tahanan isolasi pada suhu operasi dihitung “1 Kilo Volt = 1MΩ (Mega Ohm)”.

Dengan catatan 1 kV = besarnya tegangan fasa terhadap tanah, kebocoran arus yang diijinkan setiap kV = 1 mA. Bila dilihat dari hitungan teori standard minimal tahanan isolasi dapat dihitung dengan rumus :

$$R = ((1000.U))/Q.U.2,5$$

contoh:

$$R = ((1000.20000 V))/(5000 V).20000 V.2,5 \\ = 200 M\Omega$$

Dimana :

R = Tahanan isolasi minimal

U = Tegangan kerja

Q = Tegangan Megger

1000 = Bilangan tetap

2,5 = Faktor Keamanan (apabila baru)

Megger ini banyak digunakan petugas dalam mengukur tahanan isolasi pada :

- Kabel instalasi pada rumah-rumah / bangunan
- Kabel tegangan rendah
- Kabel tegangan tinggi
- Transformator, OCB dan peralatan listrik lainnya.

c. Pengukuran Keserempakan

Pengukuran keserempakan pemutus tenaga untuk mengetahui waktu kerja PMT secara individu serta untuk mengetahui keserempakan PMT pada saat menutup ataupun membuka.

Pengukuran keserempakan PMT perlu dimonitor secara rutin dan berkala karena apabila PMT tidak trip secara serempak hal ini akan dapat menyebabkan gangguan bahkan ledakan yang tidak di inginkan, untuk itu pemutus tenaga biasanya dilengkapi dengan sistem proteksi, yakni semacam proteksi relai yang memberikan order trip kepada fasa PMT.

Pada pengujian keserempakan akan di dapat closing time dan open time. *Closing Time* yaitu waktu yang di butuhkan oleh PMT untuk menutup kontak. Sedangkan *Opening Time* adalah waktu yang di butuhkan oleh PMT untuk membuka kontak. Langkah – langkah pengujian keserempakan pada PMT :

1. Pasang kabel *grounding* pada konektor ground, kabel harus dipasang paling pertama dan dilepas paling akhir.
2. Pasang kabel *main contacts set* dari alat uji kontak fasa R, S, T yaitu 1 di pole atas dan 2 di pole bawah pada PMT.
3. Hubungkan kabel *coil control* ke *channel coil control* lalu ke terminal *close / open coil* pada PMT.
4. Aktifkan alat uji *Breaker Analyzer* dengan menekan saklar *on*.
5. Catat hasil yang di dapat

Tabel 3. Hasil uji Breaker Analyzer

No	Uraian kegiatan	Acuan	Kondisi	
			Close	Open
	Phase R (ms)		66.4	40.9
	Phase S (ms)	Disesuaikan manual	65.5	40.4
	Phase T (ms)	book	65.1	41.4

Dari tabel di atas pengukuran di lakukan dalam kondisi tidak bertegangan. Batasan pengukuran untuk sistem 150 kV ≤ 120 ms. Pada pengujian keserempakan dilakukan pengujian waktu close. Hasil pengujian waktu *close* di dapat delta time 0,7 ms. Kemudian pengujian keserempakan dilakukan pengujian waktu *open*. Hasil pengujian waktu open di dapat delta time 0.5 ms. Pada sistem standar maksimal PLN untuk perbedaan kecepatan antar fasa PMT baik waktu *open* maupun *close (delta time)* maksimal adalah 10 ms. *Delta time* ini lah yang menunjukkan keserempakan dari suatu PMT. Semakin kecil nilainya maka PMT semakin serempak. Apabila dari hasil pengujian tidak sesuai standar yang di terapkan maka PMT perlu dilakukan perbaikan.

IV. KESIMPULAN

Setelah melaksanakan penelitian dengan judul Analisis Pengujian Tahanan Isolasi PMT 150kV Pada Gardu Induk Cilegon Baru. Maka dapat kesimpulan sebagai berikut :

1. Pengukuran tahanan isolasi PMT ialah proses pengukuran dengan suatu alat ukur Insulation Tester (megger) untuk memperoleh hasil (nilai/besaran) tahanan isolasi pemutus tenaga antara bagian yang diberi tegangan (fasa) terhadap badan (case) yang di tanahkan maupun antara terminal masukan (I/P terminal) dengan terminal keluaran (O/P terminal) pada fasa yang sama.
2. Dalam melakukan pengukuran tahanan isolasi PMT harus sesuai dengan buku instruksi kerja ataupun buku manual untuk meminimalisir kerusakan alat uji dan mendapatkan hasil uji maksimal sehingga akurat untuk dijadikan bahan analisis pmt tersebut.
3. Batasan tahanan isolasi PMT sesuai Buku Pemeliharaan Peralatan SE.032pst/1984 dan menurut standard VDE (catalogue 228/4) minimum besarnya tahanan isolasi pada suhu operasi di hitung "1 kV = 1 MΩ". dengan catatan 1 kv = besarnya tegangan fasa terhadap tanah,kebocoran arus yang diijinkan setiap kV = 1 mA.

V. REFERENSI

- [1] Dr.S Kuahara. Dr.A.Arismunandar, 1997, Teknik Tenga Listrik Jilid III, PT. Pradnya Paramita.
- [2] Hazairin, 2004, Dasar-dasar sistem proteksi tenaga listrik, UNSRI
- [3] Ir. Kadir Abdul. 1998, Transmisi Tenaga Listrik. Universitas Indonesia.
- [4] PT. PLN (Persero), 2014. Sistem Proteksi, Udiklat Palembang
- [5] Zuhail, 1991, Dasar tenaga listrik. Penerbit ITB. Bandung..
- [6] William D. Stevenson, 1994. Analisa sistem tenaga listrik.
- [7] PLN PUSDIKLAT. 2011. BUKU PETUNJUK PEMUTUS TENAGA (PMT) Jakarta, Penerbit PLN PUSDIKLAT.
- [8] PLN P3B JB.2010. INSTRUKSI KERJA TAHANAN ISOLASI. Jakarta, Penerbit PLN P3B