

Jurnal Ilmiah

ENERGI & KELISTRIKAN



SEKOLAH TINGGI TEKNIK - PLN

STUDI ANALISIS PENGARUH PARTIAL DISCHARGE PADA SKTM TERHADAP KEHANDALAN PENYULANG

Supriadi Legino; Firman Jurjani

PENGUJIAN KONDISI ISOLASI MAIN TRANSFORMATOR GTG 1.1 DENGAN METODE DIELECTRIC RESPONSE ANALYSIS (DIRANA)

Erlina; Muhlas

PEMODELAN KONTROL FREKUENSI BEBAN DAN STRATEGI PEMUTUSAN BEBAN PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA GAS

Erick Sutjiadi; Soetjipto Soewono

STUDI ANALISIS SISTEM MONITORING TEMPERATUR RUANG BEARING

Tri Joko Pramono; Adang Maksus

PERANCANGAN SOLAR CELL SYSTEM OFFGRID PADA DAERAH RAWAN GEMPA YANG TERDAPAT SITUS BERSEJARAH (Studi Kasus : Kawasan Candi Prambanan)

Kukuh Aris Santoso; Tri Wahyu Kuningsih

PEMANFAATAN SAMPAH MENJADI SUMBER ENERGI

Isworo Pujotomo

KAJIAN POTENSI ENERGI SURYA DI PROVINSI NUSA TENGGARA BARAT (NTB)

Heri Suyanto

ANALISIS SISTEM DISTRIBUSI KABEL BERCABANG DENGAN KABEL KONVENSIONAL DI APARTEMEN ANCOL MANSION

Eko Sawiji; Juara Mangapul Tambunan

SISTEM PROTEKSI PADA PESAWAT BOEING 737 – CLASSIC

Retno Aita Diantari; Shulli Alifiannisa Putri

STUDI EVALUASI PEMADAMAN PADA JARINGAN DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK 20 kV

Tony Koerniawan

ISSN 1979-0783



9 771979 078352

SEKOLAH TINGGI TEKNIK - PLN (STT-PLN)

ENERGI & KELISTRIKAN

VOL. 8

NO. 2

HAL.67 - 136

JUNI - DESEMBER 2016

ISSN 1979-0783

PENGUJIAN KONDISI ISOLASI MAIN TRANSFORMATOR GTG 1.1 DENGAN METODE DIELECTRIC RESPONSE ANALYSIS (DIRANA)

Erlina¹, Muhlas²

Teknik Elektro, Sekolah Tinggi Teknik PLN

email : erlina@sttpln.ac.id

Abstract : One Way to Maintain reliability review namely with a transformer maintenance how to operate good. transformer maintenance operations can be done online or hearts operational state and operates offline or exit network. Operates offline transformer testing can be done with condition assessment method used to review assessing the costs kos transformer. Testing DIRANA (Dielectric Response Analysis) is a prayer one condition assessment method for isolation of review helps predict conditions like oil conductivity and moisture content of the paper on country isolation transformer. Writing tests DIRANA singers perform, so that can be give the next follow-up recommendations should taken against the main transformer at PLTGU. On moisture testing method CHL dry category because value <2.2%, thus by Main Transformer (MT) 1.1 GT hearts normal conditions. Transformer oil conductivity values From the findings of Measurement worth 290 fs / m, the value of the conductivity of the transformer oil SIGN categories Good hearts.

Keywords: transformer, DIRANA, PLTGU

Abstrak : Salah satu cara untuk menjaga kehandalan suatu transformator yaitu dengan cara pemeliharaan transformator secara baik. Pemeliharaan transformator dapat dilakukan secara online atau dalam keadaan beroperasi maupun secara offline atau keluar jaringan. Pengujian transformator secara offline dapat dilakukan dengan metode Condition Assessment yang digunakan untuk menilai kinerja transformator. Pengujian DIRANA (Dielectric Response Analysis) adalah salah satu metode Condition Assessment untuk membantu memprediksi kondisi isolasi seperti oil conductivity dan kadar moisture pada kertas isolasi transformator. Penulisan ini melakukan pengujian DIRANA, sehingga dapat memberikan rekomendasi tindak lanjut berikutnya yang harus diambil terhadap main transformer yang ada di PLTGU. pada pengujian metode CHL Moisture category dry karena nilainya <2,2%, dengan demikian Main Transformator (MT) GT 1.1 dalam kondisi normal. Nilai konduktivitas minyak trafo dari hasil pengukuran bernilai 290 fS/m, nilai konduktivitas minyak trafo masuk dalam katagori baik.

Kata Kunci : transformator, DIRANA, PLTGU

PENDAHULUAN

Salah satu penyebab yang dapat mengurangi tingkat kinerja dari sebuah transformator adalah gangguan *internal incipient* transformator. Gangguan ini biasanya berkembang dengan lambat, dan bisa berakibat pemburukan dari isolasi baik minyak transformator maupun kertas selulosa. Lokasi penyebab gangguan ini sangat sulit diketahui karena desain dan komponen dari sebuah transformator yang kompleks. Untuk mencegah kemungkinan hal buruk yang mungkin terjadi pada transformator tersebut, maka perlu mendeteksi gangguan yang terjadi di dalam transformator.

Metode yang dapat digunakan untuk membantu memprediksi kondisi isolasi transformator adalah DIRANA (*Dielectric Response Analysis*). DIRANA (*Dielectric Response Analysis*) ini adalah sebuah peralatan diagnosa yang bisa digunakan mengetahui kondisi isolasi transformator serta memperkirakan kemungkinan gangguan di dalam internal transformator dengan membandingkan respon dielektrik dengan pemodelan berbasis kurva pada konstruksi sistem isolasi. DIRANA menggunakan dua metode pengukuran yaitu FDS (*Frequency Domain Spectroscopy*) dan PDC (*Polarization and Depolarization Current*). Metode ini merupakan cara

yang paling efektif untuk mengetahui kondisi isolasi dan kadar moisture pada Transformator.

Tujuan penulisan ini adalah untuk mengetahui kondisi isolasi dan kadar moisture pada minyak isolasi transformator tanpa membuka perangkat transformator dengan menggunakan alat DIRANA. Adapun manfaat dari hasil penulisan yang diperoleh adalah dapat mendeteksi adanya gangguan internal transformator yang tidak dapat diketahui pada perawatan rutin dan mengoptimalkan *life time* dari transformator sehingga menunda penggantian transformator baru. Masalah penelitian dirumuskan cara menggunakan alat uji DIRANA (*Dielectric Response Analysis*) dan prosedur atau langkah kerja pada pengujian DIRANA (*Dielectric Response Analysis*).

TEORI PENUNJANG

Pengertian Transformator

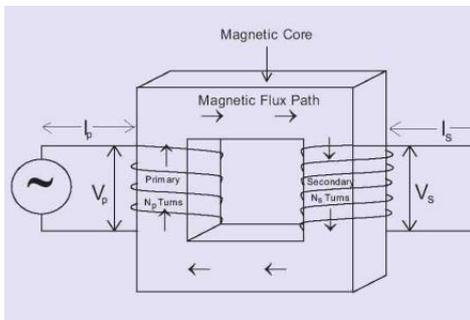
Transformator daya (tenaga) adalah suatu peralatan tenaga listrik yang berfungsi untuk menyalurkan energi listrik dari tegangan tinggi ke tegangan rendah atau sebaliknya. Transformator bekerja berdasarkan induksi elektromagnetik diantara dua lilitan yang terdapat didalamnya.

Fungsi transformator dalam sistem tenaga listrik adalah untuk menaikkan atau menurunkan

tegangan sehingga daya yang dikirim dari suatu pembangkit tidak mengalami susut daya karena rugi – rugi yang signifikan. Sehingga penggunaan transformator dalam sistem tenaga listrik sangat diperlukan. Berdasarkan tegangan operasinya dapat dibedakan menjadi transformator 500/150 kV dan 150/70 kV biasa disebut Interbus Transformator (IBT). Transformator 150/20 kV dan 70/20 kV disebut juga trafo distribusi. Titik netral transformator ditanahkan sesuai dengan kebutuhan untuk sistem pengamanan / proteksi, sebagai contoh transformator 150/70 ditanahkan secara langsung di sisi netral 150 kV dan transformator 70/20 kV ditanahkan dengan tahanan rendah atau tahanan tinggi atau langsung di sisi netral 20 kV nya. Transformator dapat dibagi menurut fungsi / pemakaian seperti transformator mesin (pembangkit), transformator gardu induk dan transformator distribusi. Transformator dapat juga dibagi menurut kapasitas dan tegangan seperti transformator besar, sedang dan kecil.

Prinsip Kerja Transformator

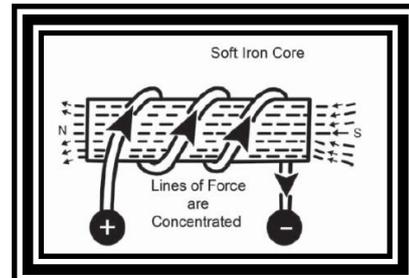
Pada dasarnya transformator terdiri dari dua atau lebih kumparan yang dihubungkan oleh medan magnetik bersama. Bila satu diantara kumparan primer ini dihubungkan dengan sumber tegangan bolak balik, maka akan timbul fluks yang amplitudonya tergantung pada tegangan primer dan jumlah lilitan.



Gambar 1. Prinsip Dasar Transformator

Lilitan yang dihubungkan dengan sumber biasanya disebut dengan lilitan primer sedangkan lilitan yang dihubungkan dengan beban disebut dengan lilitan sekunder. Dengan demikian transformator merupakan peralatan yang dapat memindahkan energi listrik dari satu sirkuit ke sirkuit yang lain tanpa merubah frekuensi. Pada gambar 1, lilitan 1 dihubungkan pada sumber tegangan sehingga lilitan tersebut dilalui I_p yang akan menginduksikan fluks pada setiap lilitan. Bila lilitan 2 dihubungkan ke beban maka akan mengalir arus I_s .

Dalam keadaan tidak berbeban bila kumparan primer suatu transformator dihubungkan dengan sumber V_1 yang sinusoidal, maka akan mengalir arus primer I_0 yang juga sinusoidal.



Gambar 2. Suatu arus listrik mengelilingi inti besi maka besi itu menjadi magnet.

Apabila ada arus listrik bolak-balik yang mengalir mengelilingi suatu inti besi maka inti besi itu akan berubah menjadi magnet (seperti gambar 2.) dan apabila magnet tersebut dikelilingi oleh suatu belitan maka pada kedua ujung belitan tersebut akan terjadi beda tegangan mengelilingi magnet, maka akan timbul gaya gerak listrik (GGL).

Konstruksi Utama Transformator

Komponen utama transformator adalah sebagai berikut :

1. Inti besi
Berfungsi untuk mempermudah jalannya fluksi yang ditimbulkan oleh arus listrik yang melalui kumparan. Inti besi ini terbuat dari lempengan–lempengan besi tipis yang berisolasi untuk mengurangi panas yang ditimbulkan oleh Eddy Current
2. Kumparan Transformator
adalah lilitan kawat berisolasi yang membentuk suatu kumparan. Kumparan tersebut terdiri dari kumparan primer dan kumparan sekunder yang diisolasi baik terhadap inti besi maupun antar kumparan dengan isolasi padat seperti karton, kertas, pertinak dan sebagainya.
3. Minyak transformator
Sebagian besar kumparan – kumparan dan inti trafo tenaga direndam dalam minyak, terutama trafo tenaga yang berkapasitas besar. Minyak trafo ini mempunyai tiga fungsi utama yaitu sebagai isolator, pendingin dan pelindung.
 - a. Sebagai isolator yaitu mengisolasi kumparan dengan bodi di dalam trafo agar tidak terjadi loncatan listrik akibat tegangan tinggi.
 - b. Sebagai pendingin yaitu menyerap panas yang ditimbulkan pada saat trafo dibebani dan melepaskannya melalui radiator.
 - c. Sebagai pelindung yaitu melindungi komponen – komponen di dalam trafo dari korosi dan oksidasi.



Gambar 3. Minyak Transformator

Pada gambar 3. dapat dilihat perbedaan minyak transformator, menurut sifat fisik dari minyak trafo yang baik adalah berwarna bening dengan indikasi skala warna – warna minyak transformator. Semakin pekat maka semakin jelek kualitas dari minyak trafo, tetapi sebaliknya semakin jernih minyak transformator maka semakin bagus kualitas minyak tersebut.

METODE PENELITIAN

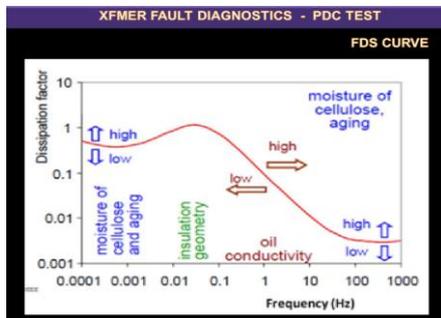
Metode pengukuran kondisi isolasi transformator

Jenis isolasi pada transformator terbagi menjadi dua yaitu cair dan padat. Pada trafo isolasi cair yang digunakan yaitu isolasi cair minyak. Isolasi cair minyak pada trafo mempunyai dua fungsi utama yaitu sebagai isolasi listrik dan sebagai media pendingin. Sebagai isolasi listrik, minyak harus mampu menahan medan listrik tinggi. Sebagai media pendingin, maka sifat-sifat transfer panas, viskositas, titik bakar dan beberapa sifat thermal lainnya penting untuk diperhatikan. Sedangkan untuk isolasi padat pada trafo, terdapat pada belitan. Tujuan isolasi pada belitan yaitu untuk mengisolasi masing-masing belitan terhadap belitan yang lainnya, sehingga tidak terjadi flashover antar belitan. Metode pengukuran kondisi isolasi pada transformator menggunakan metode *Frequency Domain Spectroscopy*, *Polarization and depolarization current*, dan *Dielectric Response Analysis*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

FDS (*Frequency Domain Spectroscopy*)

Dengan menggunakan *Frequency Domain Spectroscopy* faktor disipasi pada sistem isolasi terukur dengan sweep frequency. Pada skala frekuensi tinggi FDS dapat mengukur secara cepat, tetapi ketika menggunakan pengukuran dibawah 0.1 mHz pengukuran akan berjalan lama. Di bawah ini merupakan contoh hasil FDS curve.

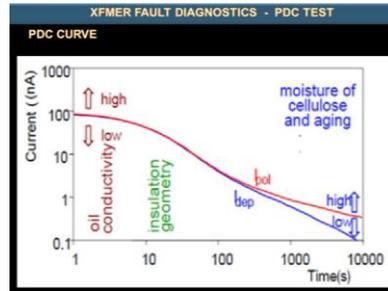


Gambar 4. Hasil pengukuran dari metode FDS test

PDC (*Polarization and Depolarization Current*)

Menggunakan metode *Polarization and depolarization current*, tegangan DC diinjeksikan pada sistem isolasi, dengan cara ini arus polarisasi dapat terukur. Setelah itu arus depolarisasi yang dialirkan pada sistem isolasi pun terukur. Dari arus polarisasi dan depolarisasi respon dielektrik dievaluasi dan karakteristik faktor disipasi dihitung. Metode PDC lebih cepat dari pada metode

FDS ketika di set pada pengukuran frekuensi rendah. Di bawah ini merupakan contoh hasil pengukuran dari metode PDC.



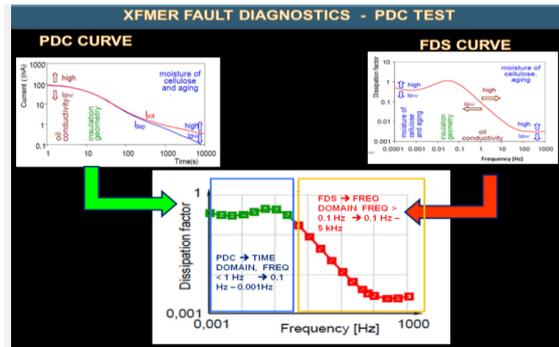
Gambar 5. Hasil pengukuran dari metode PDC test

Dirana (*Dielectric Response Analysis*)

Dengan membandingkan respon dielektrik dengan pemodelan berbasis kurva pada konstruksi sistem isolasi, dirana menyediakan indikasi kondisi isolasi seperti:

1. Kandungan moisture pada minyak ataupun kertas isolasi
2. Kegagalan OIP, RBP dan RIP pada bushing tegangan tinggi
3. Kegagalan pada generator, motor dan isolasi pada kabel

Berikut gambar yang menjelaskan tipe faktor disipasi dan karakteristik frekuensi pada sebuah trafo yang digunakan untuk mendiagnosa sistem isolasi.



Gambar 6. Tipikal karakteristik faktor disipasi pada trafo

Pengertian DIRANA (*Dielectric Response Analysis*)

Dirana atau disebut juga *Dielectric Response Analysis* merupakan salah satu tools atau alat yang digunakan untuk menganalisa kondisi isolasi pada trafo dan kadar moisture pada trafo. Dirana menggabungkan dua metode pengukuran FDS (*Frequency Domain Spectroscopy*) dan PDC (*Polarization and Depolarization Current*)



Gambar 7. Alat ukur Dirana (Dielectric Response Analysis)

Isolasi pada trafo perlu dianalisa dan diketahui kondisinya karena isolasi menjadi subjek yang penting untuk dibahas karena selama proses beroperasinya isolasi rentan terhadap pengaruh temperatur, vibrasi, medan elektrik, oksigen, asam, perubahan moisture serta kontaminasi kimia. Menurunnya kualitas isolasi pada trafo dapat menyebabkan terjadinya aging atau penuaan pada trafo serta dapat menyebabkan terjadinya breakdown.

Sistem isolasi pada trafo dapat dimodelkan dalam bentuk pemodelan dielektrik yang berisikan resistansi dan kapasitansi secara seri dan parallel. Direpresentasikan dalam bentuk polarisasi dan rugi-rugi konduktif pada isolasi. Meningkatnya kadar moisture pada isolasi menghasilkan perubahan model dielektrik, konsekuensinya merubah respon dielektrik, dengan mengukur respon dielektrik pada trafo dengan range frekuensi yang lebar kadar moisture dapat diketahui serta kondisi isolasi dapat didiagnosa.

Main Transformator (MT) Gas Turbine 1.1

Unit pembangkitan Muara Karang merupakan salah satu pembangkit yang dikelola oleh PT. Pembangkitan Jawa Bali (PJB) yang merupakan anak perusahaan dari PT. PLN (Persero) yang terletak dibarat sungai karang yaitu PLTGU blok 1 dan sebelah timur sungai karang yaitu PLTU 45 dan PLTGU blok 2 dengan total daya terpasang 1614 MW yang melayani kebutuhan listrik disebagian daerah ibukota Jakarta dan Tangerang.

Tabel 1. Daya terpasang di Unit Pembangkitan Muara Karang

No	Unit	Daya Terpasang	Tahun Beroperasi
1	GTG # 1.1	107 MW	26 Oktober 1992
2	GTG # 1.2	107 MW	27 Oktober 1992
3	GTG # 1.3	107 MW	13 Nopember 1992
4	STG # 1.0	180 MW	8 Juni 1995
5	PLTU # 4	200 MW	26 Nopember 1981
6	PLTU # 5	200 MW	7 Juni 1982
7	GTG # 2.1	250 MW	5 Februari 2010
8	GTG # 2.2	250 MW	11 Februari 2010
9	STG # 2.1	71 MW	20 Januari 1979
10	STG # 2.2	71 MW	28 Januari 1979
11	STG # 2.3	71 MW	28 Juni 1979

Unit Pembangkitan Muara Karang memproduksi sekitar 7900 GWh per tahun yang kemudian disalurkan ke system saluran tegangan tinggi 150 KV. Unit pembangkit ini sangat berpengaruh dalam melayani kebutuhan listrik di DKI Jakarta termasuk Istana Negara, Kawasan senayan termasuk gedung MPR / DPR, dan kawasan perkantoran di Thamrin selain itu juga melayani objek vital nasional di Tangerang.

Prosedure pengukuran DIRANA Main Transformator (MT) GTG 1.1

Persiapan

- Ijin ke operator Unit Pembangkit setempat

- Pastikan area yang akan diuji aman (*safety area*)
- Lapor ke K3 untuk pemberian *safety line* pada daerah disekitar generator
- Pastikan transformator yang akan diuji dalam tidak keadaan bertegangan (*unit shut down*)
- Disconnect sisi *high voltage* dan *low voltage transformer*
- Siapkan Power Supply 220 Volt AC yang sudah diground *bodynya*
- Buka tas peralatan dan keluarkan setiap masing-masing komponen alat

Prosedur pengoperasian peralatan disisi software

- Klik tombol monitor untuk mengecek pengaruh noise dari luar, jika noise terlalu besar maka gunakan CH-L saja untuk melakukan pengukuran (karena apabila menggunakan Gstg hasilnya akan negative value), jika noisenya sedang maka gunakan CH-L dan Gstg
- Klik tombol Konfigurasi pengukuran toolbar atau pengukuran konfigurasi pada menu pengukuran untuk membuka pengukuran jendela konfigurasi
- Pada tab connections, pilih transformer power (2 winding) benda uji, kemudian pilih kotak centang untuk CHL menentukan isolasi utama (H - L)
- Klik tab Settings, kemudian masukkan frekuensi dan tegangan output untuk pengukuran FDS dan PDC seperti yang ditunjukkan dalam gambar berikut.
- Pada tab Setting, klik Tampilkan Pengaturan Lanjutan. Pengukuran menampilkan jendela Konfigurasi default pengaturan lanjutan (Anda tidak perlu mengubahnya).
- Klik tombol OK untuk menutup Konfigurasi Pengukuran
- Urutan pengukuran anda dikonfigurasi

Pelaksanaan Prosedur disisi Hardware

- Hubungkan DIRANA ke transformator daya yang akan diuji
- Hubungkan kabel grounding pada panel belakang dari DIRANA, dan penjepit ujung lainnya untuk transformator tangki.
- Hubungkan DIRANA ke komputer menggunakan kabel USB
- Tekan power DIRANA sehingga DIRANA dalam posisi "ON"

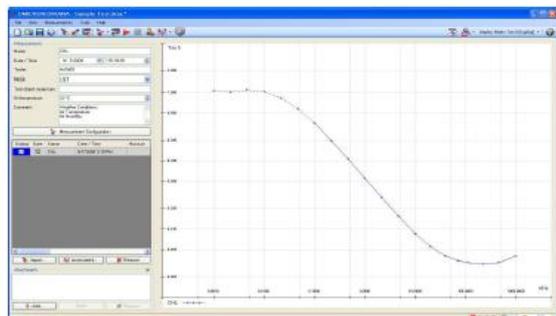
Cara mengkoneksikan DIRANA ke terminal transformator

- Hubungkan kabel triaksial kuning ke salah satu terminal bushing (U, V, W) di sisi transformator high voltage menggunakan klem pengukuran.
- Jumper rangkaian U,V,W, pada sisi high voltage dengan menggunakan kabel tembaga
- Hubungkan guard sisi high voltage pada body transformator
- Hubungkan kabel triaksial merah ke salah satu terminal bushing (u, v, w) di sisi transformator low voltage menggunakan klem pengukuran

- e. Hubungkan guard sisi low voltage pada body transformator
- f. Jumper rangkaian u,v,w, pada sisi low voltage dengan menggunakan kabel tembaga.

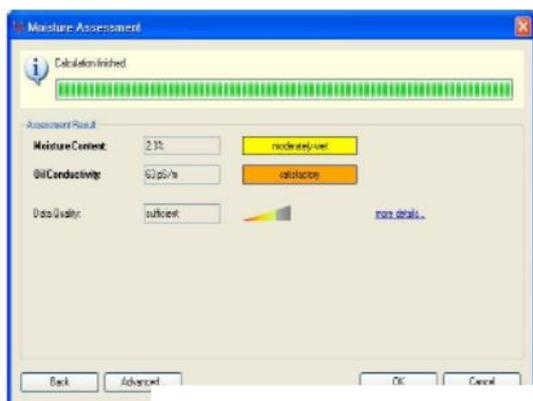
Cara melakukan pengukuran

- a. Klik tombol Start Pengukuran ▶



Gambar 8. Hasil Pengukuran DIRANA

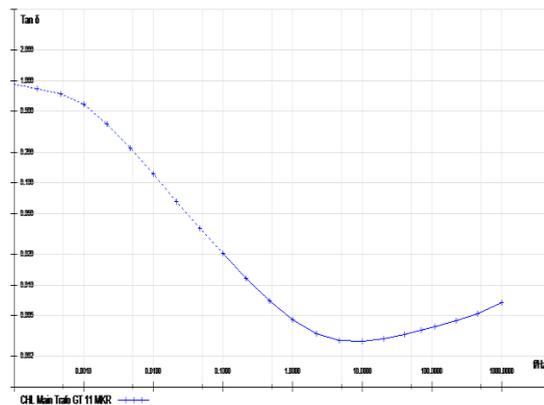
- b. Selama proses pengukuran berlangsung, hasil pengukuran akan terus ditampilkan dalam bentuk grafik
- c. Setelah proses pengukuran dinyatakan cukup maka segera hentikan proses pengukuran
- d. Lakukan assesment dengan cara KLIK tombol assesment untuk mengetahui kadar air isolasi transformator dan konduktivitas minyak
- e. Pengukuran selesai, bersihkan area kerja



Gambar 9. Hasil pengujian kandungan moisture

Data hasil pengukuran DIRANA Main Transformator (MT) GT 1.1

- 1. Grafik Pengukuran CHL



Gambar 10. Grafik pengukuran CHL

3. Hasil Pengukuran

CHL Main Trafo GT 11 MKR		11/2/2015 14:24:58
Test Object:	9171890101	
Tester:	DIRANA	
Mode:	UST	Switch Frequency: 100 pHz
FDS Voltage:	100 V	PDC Voltage: 200 V
Comment:	Weather Conditions: sunny Air Temperature: Air Humidity: Tap Changer Position: 3 Test Object Manufacturing Year:	
Calculated Moisture:	0.9 %	Moisture Category: dry
Moisture Saturation:	1.3 %	Bubbling Inception 177 °C / 350 °F Temp.:
Oil Temperature:	31 °C / 88 °F	
Oil Conductivity:	290 pS/m	Oil Category: very good
Capacitance @ 50Hz:	17,8758 nF	Tan delta @ 50Hz: 0.340 %
Capacitance @ 60Hz:	17,8717 nF	Tan delta @ 60Hz: 0.349 %
Barriers:	45 %	Spacers: 24 %
Polarization Index:	2,283	DAR:

Analisa hasil pengukuran

Berdasarkan data diatas bisa dianalisa bahwa nilai kandungan moisture kertas isolasi transformator 0,9% sehingga masuk dalam moisture category dry karena nilainya <2,2%. Nilai konduktivitas minyak trafo dari hasil pengukuran bernilai 290 fS/m, nilai konduktivitas minyak trafo masuk dalam katagori baik menurut standarkriteria kandungan moisture pada kertas isolasi berdasarkan IEC 60422 yaitu **0.1 pS/m – 1.0 pS/m**. Dengan demikian Main Transformator (MT) GTG 1.1 dalam kondisi normal dan hasil pengujian ini dijadikan sebagai baseline (referensi) untuk pengujian berikutnya. Pengujian di MT GT 1.1 menggunakan Strategi DIRANA baseline sebagai referensi untuk pengujian DIRANA berikutnya. Hasil-hasil pengukuran ini perlu ditindaklanjuti untuk prediksi perawatan agar gejala kerusakan pada kertas isolasi transformator tidak memburuk.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pembahasan dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

- 1. DIRANA merupakan salah satu tools atau alat yang digunakan untuk menganalisa kondisi isolasi pada trafo dan kadar moisture pada trafo. Dirana mengabungkan dua metode pengukuran FDS (*Frequency Domain*)

- Spectroscopy*) dan PDC (*Polarization and Depolarization Current*)
2. Hasil pengujian DIRANA ini yang terdiri dari :
 - a. pada pengujian metode CHL Moisture category dry karena nilainya <2,2%. Dengan demikian Main Transformator (MT) GT 1.1 dalam kondisi normal.
 - b. Nilai konduktivitas minyak trafo dari hasil pengukuran bernilai 290 fS/m, nilai konduktivitas minyak trafo masuk dalam katagori baik menurut standar kriteria kandungan moisture pada kertas isolasi berdasarkan IEC 60422 yaitu **0.1 pS/m – 1.0 pS/m**.

DAFTAR PUSTAKA

- M. Koch, S. Tenbohlen, M. Krüger and M.Puetter. 2011, “*Advanced Insulation Diagnostic by Dielectric Spectroscopy*”, Ljubljana, Slovenia.
- M. Koch, M. Krüger, 2008, “*Moisture Determination by Improved On-Site Diagnostics*”, TechConAsia Pacific, Sydney, download at www.omicron.at.
- MuljoAdji, A.G. 2013, *Pedoman Operasional Baku Remaining Life Assessment (RLA)Pembangkitan*. Surabaya.
- IEC 60422, 2005, “*Mineral insulating oils in electrical equipment – Supervision and maintenance guidance*”, Third edition, Switzerland.
- DIRANA (Dielectric Response Analysis),2010, user manual book,Omicron Electronic Asia,Hong Kong.
- PanduanPemeliharaanTrafoTenaga PT PLN (Persero) P3B,2013, Jakarta.
- IK Pengujian kondisi isolasi dengan metode DIRANA, PT PJB UPHB (Unit Pelayanan Pemeliharaan Wilayah Barat), 2012, Jakarta.
- Rakhman,A, 2014, *Dilectric Response Analysis*. Tersedia
: <http://rakhman.net/2014/09/dielectric-response-analysis.html>
- DIRANA Aplication Guide,2008, “*Measuring and Analyzing the Dielectric Response of a Power Transformer*”.