

Analisis Penyebab Gangguan Pada Transformator Tenaga II -30 MVA 150 kV/20 kV Di Gardu Induk Mrica

Fitrizawati¹, Siswanto Nurhadiyono², Dwi Kresna Ariawan³

Sekolah Tinggi Teknik Wiworotomo Purwokerto

¹⁾ fitrizawati@gmail.com, ²⁾ sys_nh@yahoo.co.id, ³⁾ dcaptain13@yahoo.com

Abstract

Operation of the transformer along with age, and the level of loading is given, slowly the transformer oil and paper insulation will deterioration. Some of the cause is due to over voltage, high operating temperatures, hot spots, corona, partial discharge, contamination, mechanical damage and moisture. The chronological disorder transformer 2-30 MVA in Mrica substation was on November 1, 2011 at 02:53 with an indication differential relay phase S and T, OCR relay phase S and T, and the internal relay Bucholz, Sudden pressure, and Jansen. To determine the type of disturbances on the transformer, then do testing on transformer, transformer oil testing and shutdown measurement testing. DGA tests are known by the number of hydrogen content of more than 50% of TDCG, this indicates arching in oil and tangen delta values in excess of 1%, it can be concluded that the failure isolation transformer, causing a short circuit in the transformer. to find out how to decrease the isolation process, then do an analysis of the test data DGA, characteristics, and shutdown measurement testing before disturbance, to determine the rate of decline in the isolation transformer. From the results of the DGA test there was the increase in the value of CO₂ exceeds 50% of the gradual TDCG in each year, as well as valuable CO₂/CO ratio < 3 and > than 10, it was occurrence the deterioration in the paper cellulosa. On the characteristics testing found decreased in the value of interfacial tension less than 22 dyne / cm, and and color levels on the value of 4.8 with a yellow brown color, this conclude occurrence oxidation on oil and deterioration in the paper cellulosa.

Keywords : Transformer, disturbance, Arching, Insulation, DGA, Karakteristik.

1. Pendahuluan

Fungsi utama sistem tenaga listrik adalah untuk melayani energi listrik kepada para konsumennya secara berkesinambungan. Beroperasinya transformator dengan baik adalah merupakan wujud usaha menjaga pasokan energi listrik dengan baik, [1]. Salah satu komponen transformator yang membutuhkan perhatian adalah material isolasinya, materi isolasi terdiri dari isolasi padat pada kertas isolasi dan keramik dan isolasi cair pada minyak trafo, [2],[3]. Seiring dengan usia pengoperasian transformator serta tingkat pembebanan yang diberikan, secara perlahan – lahan minyak transformator akan mengalami *deterioration* (kemunduran kualitas). Beberapa penyebabnya adalah karena tegangan lebih, suhu operasi yang tinggi, *hotspot*, korona, *partial discharge*, kontaminasi, kerusakan mekanis maupun kelembapan, [4],[5]. Pada hari Selasa tanggal 1 November 2016, pukul 02:53 WIB terjadi gangguan pada sisi Trafo 2 Distribusi Gardu Induk Mrica, gangguan tersebut mengakibatkan kondisi Trafo 2 Distribusi Gardu Induk Mrica mengalami kerusakan,[6].

Kerusakan pada Trafo 2 Distribusi milik Mrica ini kemungkinan disebabkan oleh menurunnya kualitas isolasi trafo. Meningkatnya *dielectric losses* dan *thermal instability* mengakibatkan minyak isolasi mengalami proses kimia yang merupakan karakteristik dari minyak isolasi tersebut, muncul zat – zat kimia karena kenaikan temperatur seperti hidrogen (H₂), metana (CH₄), etana (C₂H₆), asetelin (C₂H₂) yang semuanya merupakan gas yang mudah terbakar bahkan meledak, [7],[8]. Metode yang digunakan untuk mengetahui proses

pemburukan isolasi transformator tenaga dapat dilakukan dengan pengujian tahanan isolasi, pengujian pengujian Tengen Delta, pengujian furan dan pengujian minyak isolasi, [9],[10].

2. Metodologi Penelitian

2.1 Pengujian Shut down Measurement Trafo

Untuk mengetahui bagaimana kondisi trafo, yang meliputi kondisi isolasi trafo, kondisi resistansi trafo, kondisi koneksi – koneksi trafo, kondisi posisi dari belitan trafo, harus diadakan pengujian trafo dalam kondisi trafo *off* atau pengujian *Shut Down Measurement*, [11],[12].

a. Pengujian *shut down measurement*

Pengujian *shut down measurement* terdiri dari :

1. Pengujian Tahanan Isolasi.

Pengujian Tahanan Isolasi mengacu pada

$$R = \frac{CE}{\sqrt{kVA}} \quad (2.1)$$

Dengan :

R = tahanan isolasi (M Ω)

C = 1,6 untuk *oil filled transformer* pada suhu 20° C 30°C untuk *untanked oil-impregnated transformers*

E = Rating tegangan (V) antar fasa pada koneksi delta, fasa netral pada koneksi star

kVA = rating kapasitas belitan yang diuji. (kVA)

Tabel 2.1. Nilai rekomendasi metoda Index Polaritas pada Pengujian Tahanan Isolasi

No	Hasil uji pengukuran index polaritas	Keterangan dari hasil nilai index polaritas	Tindakan yang harus dilakukan
1	< 1,0	Berbahaya	Investigasi
2	1,0 – 1,1	Jelek	Investigasi
3	1,1 – 1,25	Dipertanyakan	Uji kadar air minyak, uji tan delta
4	1,25 – 2,0	Baik	-
5	> 2,0	Sangat Baik	-

2. Pengujian Tengen Delta.

Pengujian Tengen Delta mengacu pada :

Tabel 2 . Standar evaluasi hasil pengujian Tengen Delta

No	Hasil uji tangen delta (%)	Keterangan kondisi dari hasil uji tangen delta	Tindakan yang harus dilakukan
1	< 0,5	Baik	-
2	0,5 – 0,7	Pemburukan	-
3	0,5 – 1	Periksa ulang	Periksa ulang, bandingkan dengan uji lainnya
4	> 1	Buruk	Periksa kadar air pada minyak isolasi dan kertas isolasi

3. Pengujian Ratio.

Pengujian ratio dilakukan untuk mengetahui adanya masalah antar belitan dan koneksi sistem isolasi pada trafo. Analisa hasil pengujian Ratio berdasarkan adalah

membandingkan hasil pengukuran dengan name plate ratio tegangan pada trafo, dengan batasan kesalahan sebesar 0,5% (standar IEEE C57.125), [13].

4. *Pengujian RDC.*

Pengujian RDC dilakukan untuk mengetahui kelayakan koneksi – koneksi yang ada di belitan serta mengetahui adanya kemungkinan hubung singkat atau resistansi tinggi pada koneksi. Hasil pengujian dikatakan normal apabila hasil pengujian dibandingkan dengan fasa lainnya dan nilai pengujian pabrik terdapat deviasi < 5%.

5. *Pengujian SFRA.*

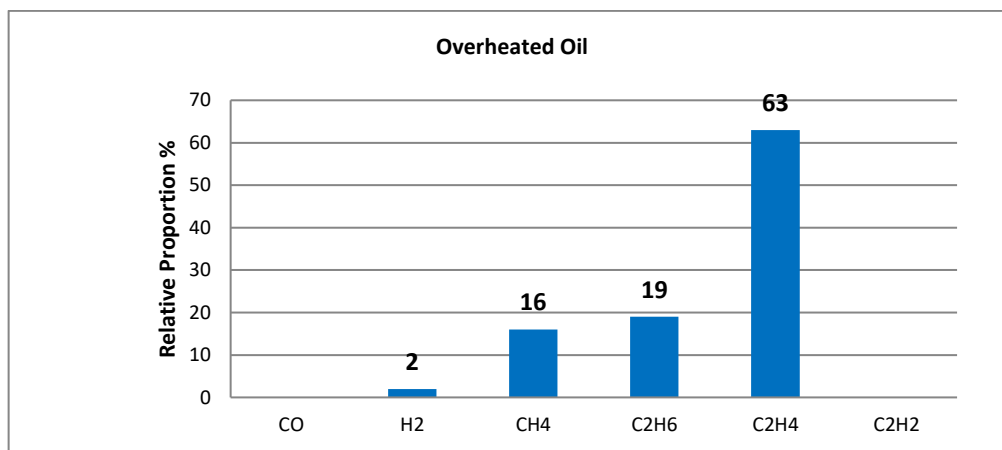
SFRA adalah suatu peralatan yang dapat memberikan informasi tentang adanya pergeseran pada inti dan belitan suatu transformator.

2.2. *Metode analisa kerusakan*

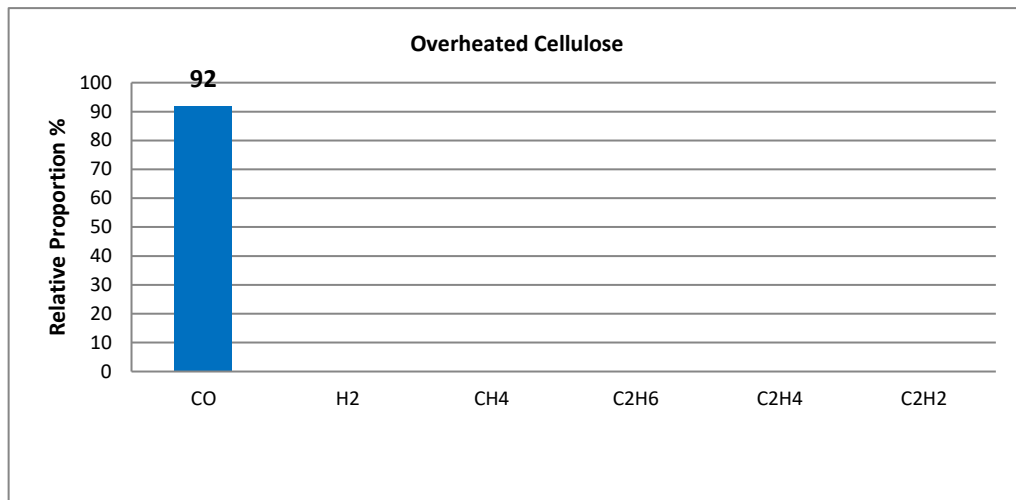
Dalam mendiagnosa kondisi minyak trafo, dilakukan beberapa metode analisa. Berikut adalah beberapa metode yang dilakukan untuk mengetahui kondisi trafo melalui hasil uji DGA. Diagnosis Transformator Menggunakan Konsentrasi Individual Gas dan *Total Dissolved Combustible Gas* (TDCG). Sulit untuk menentukan apakah kondisi transformator dalam kondisi normal atau tidak, bila tidak terdapat data hasil uji DGA sebelumnya. Kriteria 4 level kondisi telah dikembangkan untuk mengklasifikasikan kondisi transformator apabila tidak terdapat data pengujian DGA sebelumnya. *Kondisi 1* TDCG pada level ini mengindikasikan bahwa operasi transformator memuaskan. Bila salah satu gas nilainya melebihi batasan level harus diinvestigasi dengan cepat. *Kondisi 2* TDCG pada kondisi ini menandakan komposisi gas sudah melebihi batas normal. Bila salah satu gas nilainya melebihi batasan level harus diinvestigasikan dengan cepat. Lakukan tindakan untuk mendapatkan trend dikarenakan gangguan mungkin akan terjadi. *Kondisi 3* TDCG pada level ini mengindikasikan pemburukan tingkat tinggi. Bila salah satu gas nilainya melebihi batasan level harus diinvestigasi dengan cepat. Lakukan tindakan untuk mendapatkan trend dikarenakan gangguan kemungkinan besar akan terjadi. *Kondisi 4* TDCG pada level ini mengindikasikan pemburukan yang sangat tinggi. Melanjutkan operasi transformator dapat mengarah pada kerusakan transformator.

1. *Diagnosis Tipe Gangguan Transformer Menggunakan Metode Key Gasses.*

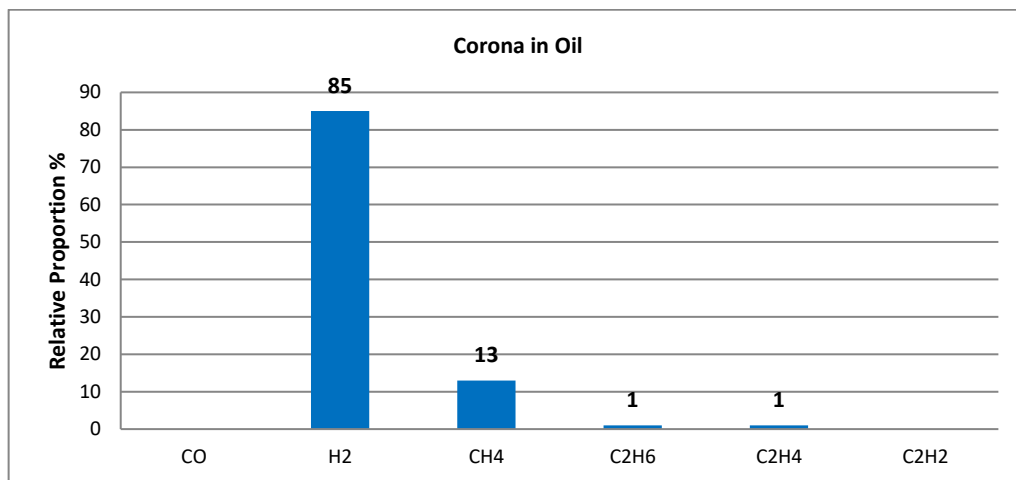
Menggunakan metode *Key Gasses* adalah mendiagnosa sesuatu yang terjadi pada transformer metode melihat dominasi dari beberapa gas.



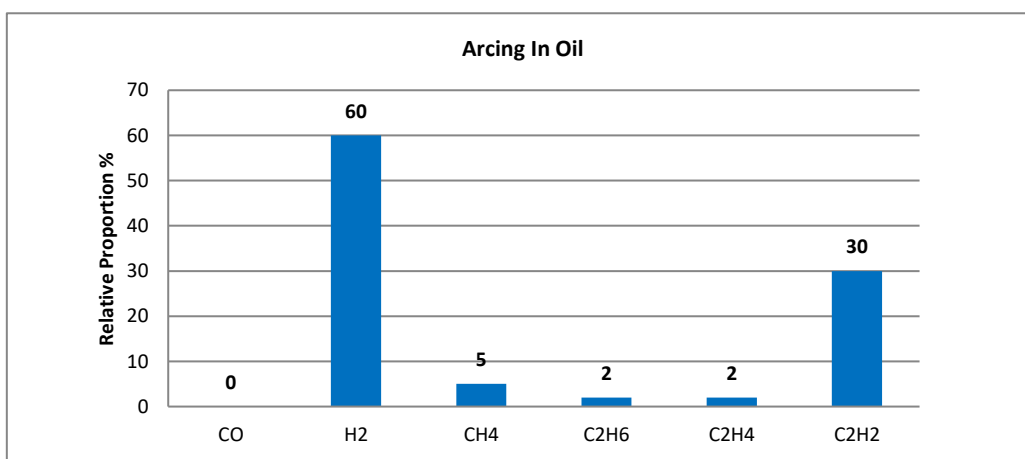
Gambar 2.1. Indikasi Overheated in Oil



Gambar 2.2. Indikasi *Overheated in Cellulosa*



Gambar 2.3 Indikasi *Corona in Oil*



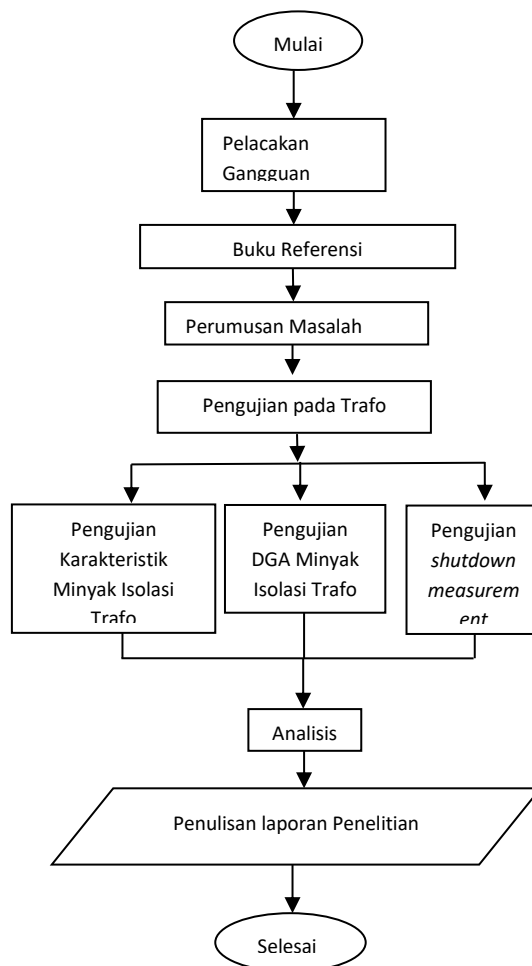
Gambar 2.4. Indikasi *Arcing in Oil*

2. Diagnosis Kelainan Transformator Menggunakan *Rogers Ratios*.
Pengujian *Rogers Ratios* menggunakan metode dengan membandingkan kuantitas suatu gas kunci terhadap gas kunci lainnya. Nilai dan diagnosa gangguan dengan *Rogers Ratio* berdasarkan standar IEC 60599.
3. Diagnosis Kondisi Kertas Menggunakan Rasio CO/CO₂. Berdasarkan hasil pengujian DGA menurut IEEE C57.104, ratio gas CO₂ dan CO menggambarkan kondisi kertas yang dibedakan ke dalam 4 status.

Tabel 11 Akumulasi gas CO₂ dan CO

Kondisi	CO ₂ (ppm)	CO (ppm)
Kondisi 1	0 – 2500	0 – 350
Kondisi 2	2501 – 4000	351 – 570
Kondisi 3	4001 – 10000	571 – 1400
Kondisi 4	>10000	>1400

2.3. Flowchart Penelitian

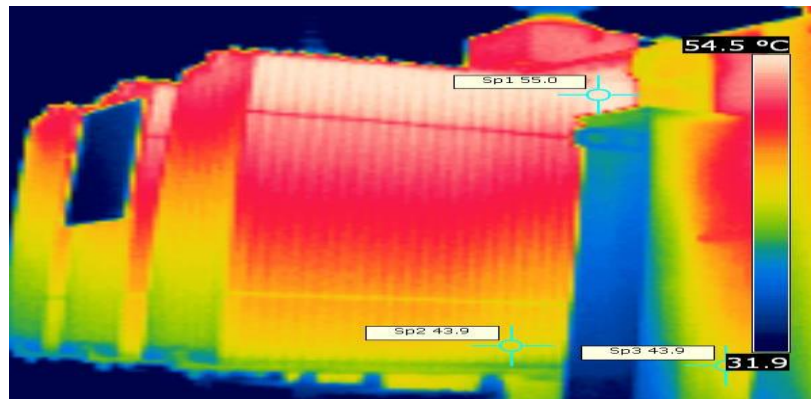


Gambar 2.5. Diagram aliran penelitian

3. Hasil Penelitian dan Pembahasan

3.1 Analisis Pola Pembebanan

Selama beroperasi pembebanan Trafo II – 30 MVA Gardu Induk Mrica mengalami tingkat pembebanan trafo dengan rata – rata 60% - 70%. Berdasarkan data operasi beban selama operasi dari Januari sampai dengan Oktober 2011, suhu tertinggi yang pernah dicapai adalah 55° C.



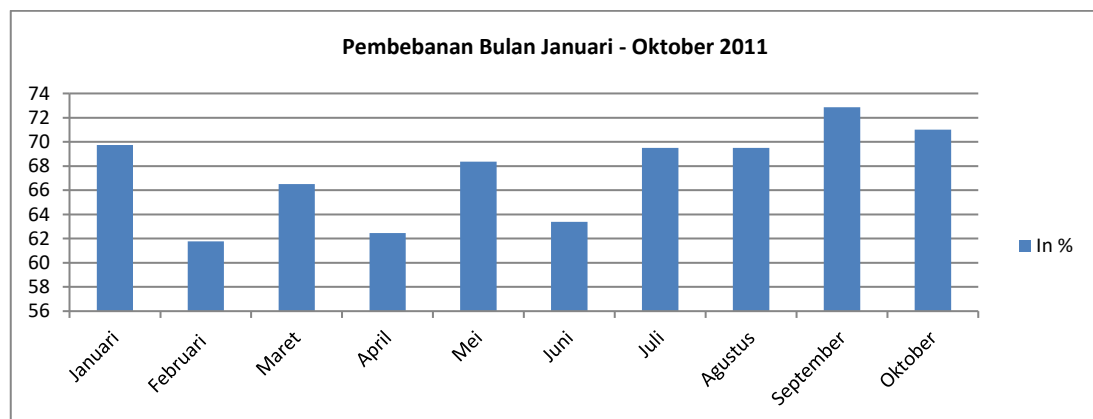
Gambar 3.1. Hasil *thermoimage* Trafo 2 – 30 MVA GI Mrica

Menurut data pemeliharaan, *setting* dari *fan* Trafo II Gardu Induk Mrica adalah :

Tabel 3.1. *Setting* suhu untuk kerja fan, alarm dan PMT trip

Trafo	Suhu Pada Saat Fan Kerja		Suhu pada saat Alarm		Suhu pada PMT Trip	
	Suhu Belitan (°C)	Suhu Minyak (°C)	Suhu Belitan (°C)	Suhu Minyak (°C)	Suhu Belitan (°C)	Suhu Minyak (°C)
Trafo 2-30 MVA	75	65	87	97	95	105

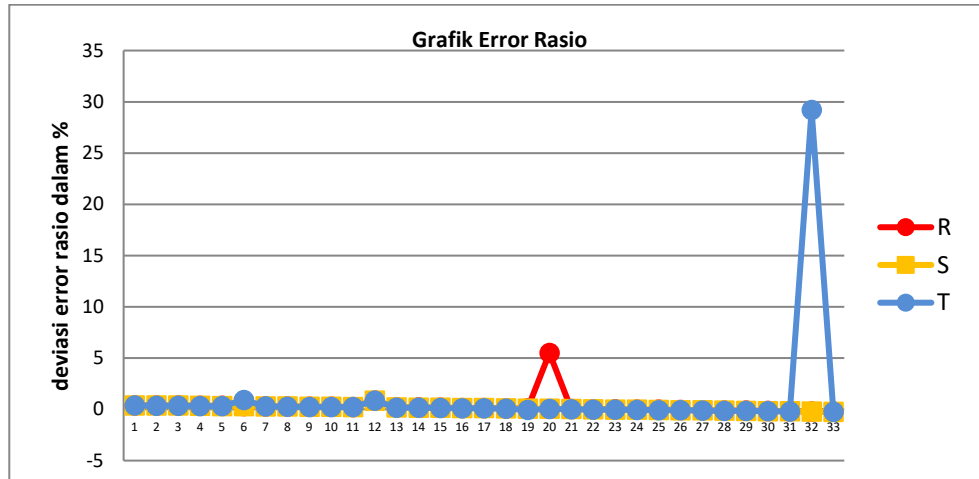
Dari data *setting* fan berikut dan pembuktian rekaman suhu dari hasil pengujian *thermoimage* Trafo beroperasi relatif pada suhu rendah, walaupun beban mencapai 70% dari kapasitas Trafo.



Gambar 3.2. Grafik pembebanan Trafo II Mrica bulan Januari – Oktober

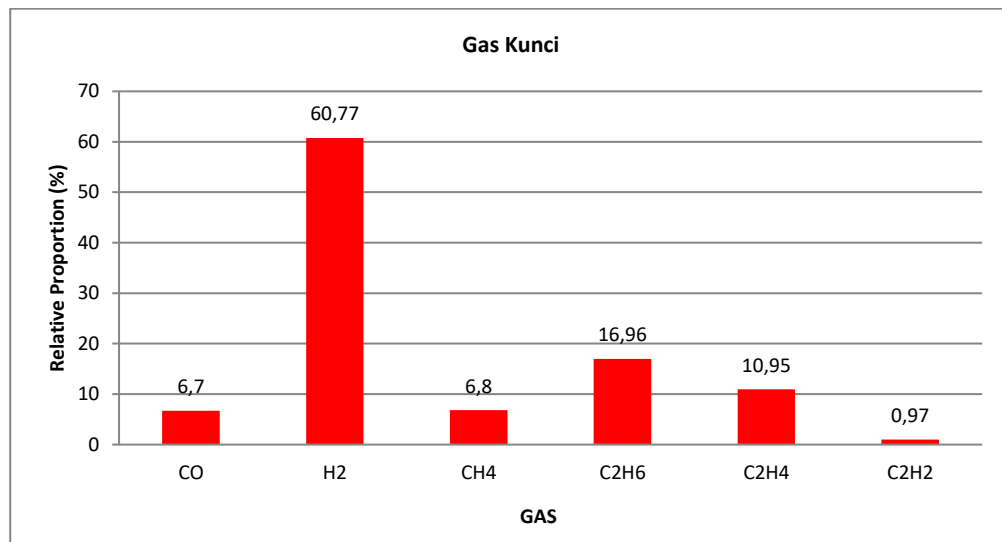
Dari grafik diatas terlihat bahwa, pembebanan Trafo sebelum terjadi gangguan tertinggi mencapai 72,86 % dari kapasitas Trafo atau sebesar 19,8 MW dan 631 Ampere pada arus, terendah 61,77 % dari kapasitas Trafo atau sebesar 16,5 MW dan 535 Ampere.

3.2. Pengujian Rasio Trafo



Gambar 3.3. Grafik deviasi error rasio belitan

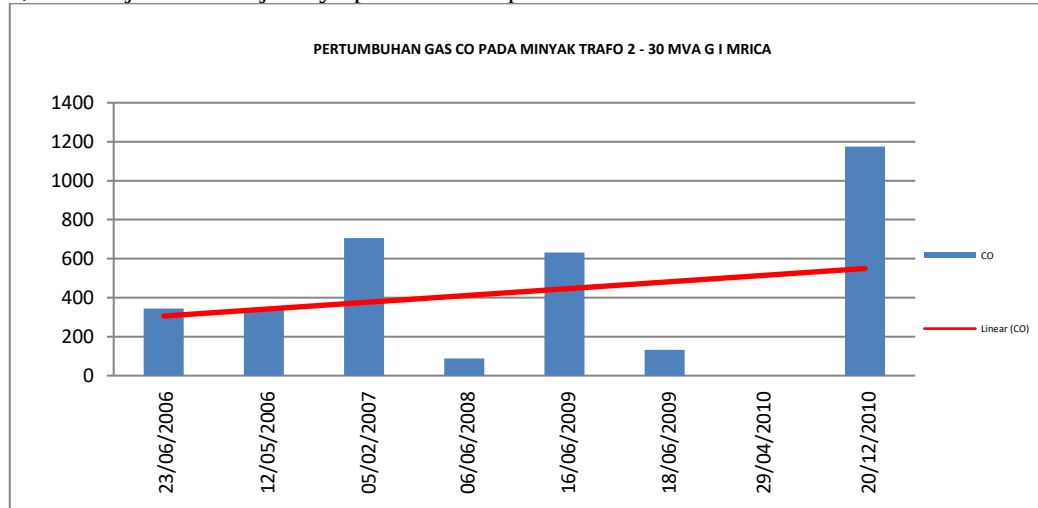
Dari hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa kondisi belitan terjadi perubahan bentuk, dan hubung singkat, nilai deviasi kesalahan nilai uji dengan nilai pada *name plate* sebesar 5,48% pada fasa R di tap 20, dan 29,19% pada fasa T pada tap 32. Hasil Pengujian DGA, pada pengujian DGA dilihat dari hasil analisis pada nilai TDCG, sudah masuk kondisi 4 dengan nilai gas H₂:7340 ppm, N₂:829,267 ppm, CH₄:84,5 ppm, CO:789,9 ppm, CO₂:537 ppm, C₂H₆:112,6, C₂H₂:2049 ppm, TDCG: 11653 ppm. Melalui *Key Gasses* diketahui terdapat *arching* pada minyak dengan nilai H₂ lebih besar 50% dari nilai TDCG.



Gambar 3.4. Grafik penunjukkan gas – gas kunci pengujian DGA

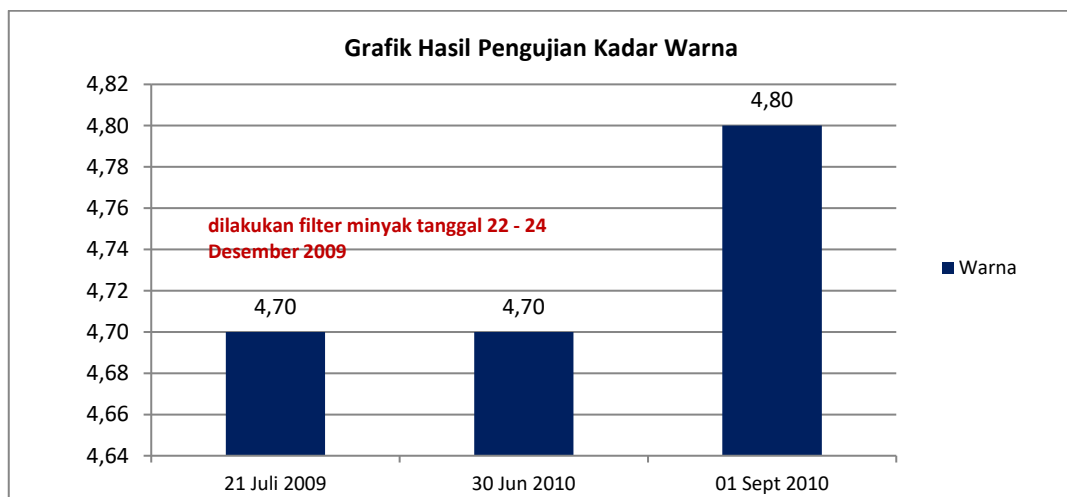
3.3. Analisis Penurunan Isolasi

Hasil pengujian DGA selama trafo beroperasi ditemukan terjadi peningkatan pada kadar CO, ini menjelaskan terjadinya pemburukan pada isolasi kertas trafo.



Gambar 3.5. Grafik peningkatan gas CO pada minyak trafo

Dari nilai ratio antara CO₂ dan CO, nilai menunjukkan indikasi degradasi pada kertas *cellulosa*. Dari hasil pengujian didapat nilai ratio CO₂ dan CO didominasi dengan nilai kurang 3 dan lebih dari 10, dimana ditandai dengan baris yang diberi tanda biru. Pada pengujian karakteristik minyak ditemukan kelainan yang didominasi dari hasil uji kadar warna minyak.



Gambar 3.6. Grafik hasil pengujian kadar warna selama operasi

kadar warna menunjukkan terjadinya endapan yang dapat menimbulkan oksidasi dan dapat pula terjadi pada kertas *cellulosa*, dilihat dari kandungan warna yang melebihi 4,5. Kondisi warna tidak mengalami perubahan walau dilakukan filter minyak. Penurunan isolasi PMT diakibatkan pula dari kelainan fisik pada Trafo 2-30 MVA GI Mrica, yang berupa adanya kebocoran pada bushing sekunder pada *mounting flange*.



Gambar 3.7. Bushing sekunder yang mengalami rembesan, Gambar 13 Kerusakan pada belitan bagian *head winding*

Kelainan tersebut dapat menimbulkan resiko berupa masuknya air dan timbulnya oksigen pada belitan, dan tentunya meningkatnya *moisture* pada minyak isolasi dan kertas isolasi. Pada saat terjadinya gangguan telah menimbulkan perubahan – perubahan fisik dari Trafo 2 – 30 MVA Gardu Induk Mrica. Maka dari itu dilakukan pemantauan pada fisik trafo. Kerusakan berikut dibuktikan dengan hasil pengujian Ratio, nilai Kapasitansi pada Tangen Delta dan hasil pengujian SFRA. Upaya Mengatasi Penurunan Tahanan Isolasi Trafo Beberapa tindakan dilakukan untuk mengatasi penurunan isolasi trafo, seperti filter, reklamas.

Tabel 3.2. Upaya mengatasi penurunan tahanan isolasi trafo

Kelainan pada isolasi minyak trafo	Upaya Mengatasi penurunan tahanan isolasi trafo	Waktu Pelaksanaan
1. Nilai TDCG masuk pada level 2. 2. Nilai IFT dan warna melampaui batas yang ditentukan	Filter minyak hingga 7 kali sirkulasi	22 – 24 Desember 2016

4. Kesimpulan

- Gangguan pada Trafo 2 – 30 MVA Gardu Induk Mrica adalah terjadinya *internal short circuit* yang disebabkan oleh kegagalan isolasi kertas.
- Upaya pencegahan dengan mengoperasikan peralatan pendinginan pada trafo, melaksanakan filter dan penggantian minyak isolasi tidak bisa memperbaiki kerusakan yang telah terjadi pada kertas isolasi, melainkan hanya menunda proses pemburukan isolasi kertas trafo yang merupakan penyebab utama terjadinya kegagalan trafo.

=====

5. Daftar Pustaka

- [1] M. Solikhudin, 2010, “Studi Gangguan Interbus Transformer (IBT-1) 500/150 kV Di GITET 500 kV Kembangan – Jakarta Barat” Universitas Indonesia.
- [2] Bonggas L. Tobbing, 2003, “Peralatan Tegangan Tinggi”, halaman 191, PT Gramedia Pustaka Utama.
- [3] Hydroelectric Research And Technical Servicer Group, 2000, “Transformer Maintenance”, United States Department Of The Interior Bureau Of reclamation Denver Colorado.
- [4] Working Group, 2000, “Power Transformer Application Guide”. Australian Standar.
- [5] Working Group, 2011, “Guide for Transformer Maintenance”, CIGRE.
- [6] Tim PLN, 2011, “Operation and Maintenance Transformer”, PT PLN (Persero) SK DIR 114.
- [7] Kelly J.J., Myers S.D., M Horning, 2001, “Transformer Maintenance Guide” Transformer Maintenance Institute Division, S. D. Myers, Inc Akron Ohio.
- [8] M. Duval, 1989, “Dissolved Gas Analysis : It Can Save Your Transformer”, IEEE Electrical Magazine.
- [9] Tampubolon Barry, 2007, “Pengaruh Tingkat Pembebanan Transformator terhadap Karakteristik Dielektrik dan Gas Terlarut Minyak Isolasi Transformator” , ITB Bandung
- [10] Irwan Iryanto, 2009, “Studi Pengaruh Penuaan (Aging) Terhadap Laju Degradasi Kualitas Minyak Isolasi Tranformator Tenaga”, Universitas Diponegoro.
- [11] Sidnar Shenoy, 2011, “Power Transformer Diagnosis Training”, PT PLN (Persero) UPT Bogor Region Jakarta dan Banten.
- [12] Ross Willoughby, 2011, “Power Transformer Training”, ALSTOM training.
- [13] IEEE, 1991, “IEEE Guide for the interpretation of Gases Generated in Oil – Immersed Transformer” , IEEE Std. C57.104-1991