

Analisis Filterisasi Minyak Secara Online Pada Transformator 1 150/20 kV 60 MVA Di Gardu Induk Gianyar PT. PLN (Persero) ULTG Bali Selatan

Ni Ketut Sinta Fitri Yasa¹, Mochammad Mulia²

^{1,2} Sekolah Tinggi Teknologi Duta Bangsa

^{1,2} Jl. Kalibaru Timur Kel. Kalibaru Medan Satria Kota Bekasi

sintafitri19@gmail.com¹; mochammad.mulia@sttdb.ac.id²

Abstrak— Transformator merupakan salah satu komponen utama yang berfungsi untuk menyalurkan dan mengubah besaran daya. Pengambilan sampel minyak transformator merupakan salah satu preventive maintenance untuk mengetahui kualitas dan kandungan – kandungan gas dalam minyak transformator. Hasil dari pengambilan sampel minyak ini akan dituangkan dalam pengujian DGA.

Filterisasi minyak secara online merupakan salah satu *treatment* untuk mengurangi kandungan – kandungan gas dalam minyak transformator. Sehingga dapat meningkatkan kekuatan dielektrik atau isolasi minyak terhadap tegangan. Setelah dilakukan filterisasi minyak secara online pada Transformator 1 Gardu Induk Gianyar didapatkan hasil nilai *Dissolved Combustible Gas* (TDCG) mengalami penurunan dari 1212 ppm (kondisi 2) menjadi 71 ppm (kondisi 1). Kandungan gas lain Ethane (C₂H₆) sebelum filter sebesar 482 ppm (kondisi 4) dan setelah filter minyak menjadi 36 ppm (kondisi 1). Kemudian dari pengujian *Breakdown Voltage* (BDV) didapatkan hasil kekuatan dielektrik sesudah filter minyak yaitu 82,25 kV / 2,5 mm dari sebelum filter minyak hanya sebesar 60,8 kV / 2,5 mm.

Hasil tersebut membuktikan bahwa filterisasi minyak secara online akan meningkatkan isolasi minyak terhadap tegangan. Meningkatnya isolasi minyak maka dapat melindungi transformator dari gangguan – gangguan dan suhu tinggi akibat beban lebih yang terjadi. Kondisi ini akan meningkatkan kinerja dan memperpanjang *lifetime* Transformator 1 Gardu Induk Gianyar.

Keywords— Filterisasi minyak, minyak trafo, TDCG, BDV.

I. PENDAHULUAN

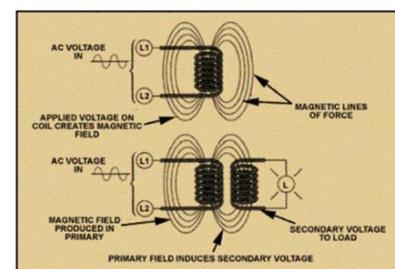
Transformator merupakan peralatan vital yang berperan untuk mentransformasikan tegangan listrik sehingga dapat didistribusikan ke pelanggan. Transformator rutin dilaksanakan *preventif maintenance* yang berpedoman pada Surat Keputusan Direksi PT PLN (Persero) No.520-2.K/DIR/2014. Dimana pemeliharaan minyak maintank ini dilakukan setiap 1 tahun sekali. Pemeliharaan periodik ini dilakukan dengan pengambilan sampel minyak dan selanjutnya dilakukan pengujian DGA. Pengujian DGA (*Dissolved Gas Analysis*) merupakan uji kualitas minyak sehingga dapat ditentukan kondisi minyak dan kandungan – kandungan yang terdapat didalam minyak. Dari hasil pengujian minyak, diperoleh hasil TDCG minyak transformator 1 GI Gianyar sudah memasuki kondisi 2 dan terdapat salah satu kandungan gas yaitu gas *Ethane* (C₂H₆) yang sudah memasuki kondisi 4. Berdasarkan hasil uji DGA dan sesuai rekomendasi dari PT. PLN dengan mengacu standar, transformator 1 di GI Gianyar harus

segera dilakukan perbaikan. Perbaikan tersebut dilakukan dengan filterisasi minyak agar minyak sebagai media isolasi transformator kondisinya tidak semakin memburuk. Dilakukan filterisasi ini diharapkan dapat memperbaiki kualitas minyak dan dapat menurunkan kandungan gas – gas yang terdapat di dalam transformator 1. Sehingga penulis mengambil suatu permasalahan dalam skripsi ini mengenai “Analisis Filterisasi Minyak Secara Online Pada Transformator 1 150/20 kV 60 MVA di Gardu Induk Gianyar PT. PLN (Persero) ULTG Bali Selatan”.

II. LANDASAN TEORI

A. Prinsip Kerja Transformator

Prinsip kerja transformator akan bekerja berdasarkan elektromagnetik. Saat lilitan primer terhubung dengan arus AC akan menghasilkan arus listrik yang berubah. Perubahan arus listrik akan mempengaruhi medan magnet dan membuat inti besi semakin kuat. Inti besi ini akan mengantarkan perubahan pada lilitan sekunder sehingga menyebabkan adanya GGL induksi yang terjadi pada



lilitan.

Gambar 1. Prinsip Hukum Elektromagnetik

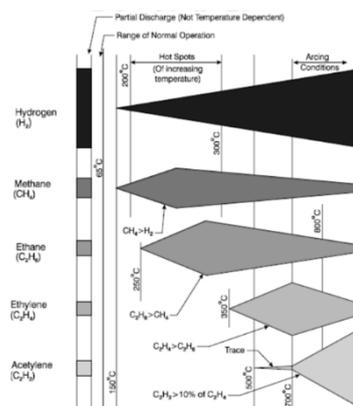
Sumber : SKDIR PT. PLN (Persero) No. 0520-2.K/DIR/2014

B. Minyak Transformator

Minyak Transformator sebagai isolasi minyak harus memiliki kemampuan untuk menahan tegangan tembus, sedangkan sebagai pendingin minyak transformator harus mampu meredam panas yang timbul sehingga dengan kedua kemampuan ini maka diharapkan akan mampu melindungi transformator dari gangguan [1]. Fungsi minyak transformator adalah sebagai berikut [2]:

- Menahan terhadap tegangan tembus (semakin tinggi nilai tegangan tembusnya maka kualitas isolasinya akan semakin baik).

- b. Sebagai bahan pendingin yang harus mampu meredam panas yang ditimbulkan, untuk mengurangi kenaikan suhu yang berlebih perlu dilengkapi dengan sistem pendinginan untuk menyalurkan panas dari transformator.
- c. Sebagai media untuk memadamkan busur api karena pada saat beroperasi transformator dapat menghasilkan senyawa gas sebagai hasil dari proses penuaan dan adanya dampak gangguan, kenaikan suhu yang berlebih akan memungkinkan terjadinya loncatan bunga api didalam belitan transformator tersebut.
- d. Melindungi belitan dan *body* transformator dari terjadinya oksidasi dan korosi. Minyak transformator adalah minyak mineral yang diperoleh dengan pemurnian minyak mentah.



Gambar 2. Proses terbentuknya minyak mudah terbakar pada minyak Transformator

Sumber : Amalia Devita dan Murdiafri (2017)

C. Gas Terlarut Mudah Terbakar Pada Minyak

Gas terlarut mudah terbakar yang terbentuk dalam minyak transformator biasanya merupakan hasil dari degradasi termal atau gangguan dalam transformator. Proses terbentuknya gas-gas ini melibatkan reaksi kimia dan fisika yang terjadi dalam minyak dan isolasi transformator. Faktor umum yang dapat menyebabkan terbentuknya gas terlarut mudah terbakar dalam minyak transformator adalah sebagai berikut :

- a. Degradasi Termal
Indikasi gas : C₂H₄, CH₄, H₂, C₂H₆
Pada minyak transformator, pada temperatur tinggi menyebabkan timbulnya gas etilen (C₂H₄), hidrogen (H₂) dan gas metana (CH₄) dan etana (C₂H₆).
- b. Gangguan Busur Listrik (*Arching*)
Indikasi gas : H₂, C₂H₂
Pada minyak transformator menyebabkan timbulnya gas hidrogen (H₂) dan asetilen (C₂H₂).
- c. Degradasi Bahan
Isolasi dalam transformator, seperti kertas dan papan isolasi, dapat mengalami degradasi akibat penuaan, panas, atau kelembaban.
- d. Transformasi *Discharge (Partial Discharge)*
Indikasi gas : Hidrogen (H₂)
Pada minyak transformator menyebabkan timbulnya gas hidrogen (H₂). Sedangkan pada selulosa menyebabkan timbulnya gas (H₂), (CO), (CO₂).

III. METODE PENELITIAN

A. Objek Penelitian

Penelitian dilakukan di PT. PLN (Persero) Unit Layanan Transmisi dan Gardu Induk (ULTG) Bali Selatan, tepatnya di Gardu Induk Gianyar. Gardu Induk Gianyar berlokasi di Jalan Serongga, Kecamatan Gianyar, Kabupaten Gianyar, Bali 80515. Penelitian ini dilaksanakan pada semester ganjil, tahun ajaran 2023/2024. Pengambilan data dilakukan antara bulan September – Oktober 2023. Objek penelitian yang akan dibahas yaitu minyak transformator merk Nynas pada Transformator 1 Gardu Induk Gianyar setelah dilakukan pengujian minyak trafo secara rutin.

B. Pengumpulan Data

Dalam menyusun skripsi ini penulis mendapat informasi data dan referensi dari berbagai macam sumber dengan beberapa metode penggalan informasi yang dilakukan penulis sebagai berikut beberapa metode pengumpulan data yang penulis gunakan yaitu sebagai berikut:

a. Metode Observasi

Diperoleh data dengan cara pengamatan langsung pada Transformator 1 150/20 kV 60 MVA di Gardu Induk Gianyar, ULTG Bali Selatan.

Berdasarkan name plate Trafo 1 Gardu Induk Gianyar seperti pada Gambar 3.1, maka dapat dibuatkan tabel yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi Transformator 1 GI Gianyar

No	SPESIFIKASI	
1	Merk	PAUWELS
2	Serial Number	07P0040
3	Year of Manufactured	2008
4	Standard	IEC 60076
5	Cooling	ONAN/ONAF
6	Rated Power	60 MVA
7	Rated Voltage	150 / 20 kV
8	Rated Current	231 / 1732 A
9	Frequency	50 Hz
10	Number of Phases	3
11	Connection Symbol	YN yn0 (d1)
12	Oil	16500 Kg

b. Metode Studi Literatur

Diperoleh data dengan membaca buku, jurnal atau referensi yang berhubungan dengan penyusunan tugas akhir ini seperti: filterisasi minyak, pengujian DGA dan pengujian BDV.

c. Metode Wawancara

Diperoleh data dengan cara melakukan diskusi dan tanya jawab dengan narasumber yang menguasai bidang ilmu yang terkait dengan judul penulisan skripsi.

C. Pengolahan Data

Data yang telah didapatkan akan diolah berdasarkan referensi-referensi dari buku-buku, jurnal, dan internet yang menjadi dasar teori dalam skripsi ini. Pengolahan data yang dimaksud dalam hal ini yaitu sebagai berikut:

ini. Pengolahan data yang dimaksud dalam hal ini yaitu sebagai berikut:

1. Menganalisa proses filterisasi minyak yang dilakukan secara online. Menganalisa pekerjaan serta hal-hal apa saja yang harus diperhatikan sebelum dan sesudah melakukan filterisasi minyak, mengingat pekerjaan ini akan dilakukan saat transformator dalam keadaan bertegangan (online).
2. Menganalisa dan membandingkan hasil DGA (*Dissolve Gas Analysis*) sebelum dan setelah dilakukan filterisasi minyak secara online. Hal ini akan melihat hasil konsentrasi (ppm) setiap gas yang terkandung dalam minyak transformator dan nilai TDCG (*Total Dissolved Combustible Gas*).
3. Menganalisa dan melakukan perhitungan kekuatan dielektrik minyak transformator sebelum dan sesudah filterisasi minyak. Perhitungan kekuatan dielektrik minyak menggunakan rumus sebagai berikut :

$$V_b \text{ (rata-rata)} = \frac{\sum_{i=1}^n U_i}{N} \dots\dots\dots(1)$$

Kekuatan dielektrik akan mengetahui kemampuan isolasi minyak terhadap tegangan yang akan mempengaruhi kinerja dari transformator.

Setelah dilakukan filterisasi minyak akan memperoleh

hasil pengujian DGA dan BDV. Hubungan filterisasi minyak dengan pengujian akan menentukan kinerja dari transformator yang akan dituangkan dalam sebuah grafik.

IV. PEMBAHASAN

A. Gambaran Umum Transformator 1 Gardu Induk Gianyar

Transformator 1 150/20 kV yang memiliki kapasitas 60 MVA merupakan salah satu Transformator yang terdapat pada gardu Induk Gianyar. Transformator ini mensupply 42 pelanggan VIP. Banyaknya pelanggan yang disupply mengakibatkan Transformator 1 ini memiliki beban yang lebih tinggi dibandingkan dengan Tranformator 2.

Tingginya beban transformator 1 ini akan mempengaruhi suhu oil. Semakin tinggi beban maka suhu oil akan meningkat. Transformator 1 ini juga sering mengalami gangguan banyak terjadi pada gangguan eksternal atau gangguan penyulang.

B. Persiapan Dan Hal – Hal Yang Diperhatikan Sebelum Filterisasi Minyak Secara Online

Sebelum proses filterisasi dilakukan, persiapan sangatlah diperlukan untuk menghindari *malfunction* yang terjadi. Adapun langkah – langkah yang dilakukan yaitu sebagai berikut :

1. Dilakukan JSA (Job Safety Analysis) disekitar area pekerjaan. JSA ini bertujuan untuk mengetahui pekerjaan yang berbahaya maupun aman sehingga bisa dilakukan antisipasi.
2. Menyiapkan peralatan APD (Alat Pelindung Diri) sesuai dengan pekerjaan dan standar PT. PLN(Persero) seperti helm, sepatu safety, wearpack, dan sarung tangan.
3. Menyiapkan peralatan kerja dan material dalam kondisi baik dan sesuai fungsi saat filterisasi minyak.
4. Menyiapkan alat filterisasi atau purifikasi minyak yang dalam kondisi baik dan lengkap. Posisi tempat mesin filter ditempatkan sedekat mungkin dengan Trafo, serta memperhatikan jarak bebas tegangan tinggi.
5. Menyiapkan personil operator yang mengerti dan memahami mengenai filterisasi minyak secara online. Jumlah petugas operator filter minyak minimum 2 (dua) orang.
6. Memasang tenda untuk melindungi mesin filter dari panas matahari dan hujan.

Hal – hal yang harus diperhatikan sebelum dilakukan filterisasi minyak secara online yaitu sebagai berikut:

1. Melakukan assembling mesin filter minyak ke transformator.
2. Memastikan sambungan pipa atau slang terpasang dengan baik untuk mencegah kebocoran. Sambungan slang agar digunakan plendes yang dipacking dan dilengkapi gasket.
3. Memastikan selang yang terhubung pada mesin filter ke transformator sudah ter-*vaccum*. Hal ini

bertujuan untuk menghilangkan udara yang terjebak pada selang saat akan memulai filterisasi minyak.

4. Memasang kabel pentanahan pada mesin filter dengan sistem pentanahan yang ada disekitar lokasi transformator yang akan difilter.
5. Memasang sumber tegangan AC 380 Volt, 100 A dari mesin filter sesuai fasanya (R,S,T).
6. Mem-blocking kontak trip pada rele internal bucholz untuk mengantisipasi jika adanya gelembung yang akan mengerjakan bucholz sehingga menyebabkan alarm dan trip pada Trafo.

C. Pelaksanaan Filterisasi Minyak Secara Online

Filterisasi minyak dilakukan bila persiapan sudah dilakukan dengan baik dan sesuai Instruksi Kerja (IK). Mesin filter minyak akan dioperasikan dengan memperhatikan hal – hal berikut ini :

1. Menyalakan mesin filter dengan menghidupkan *power supply* atau *source*.
2. Memposisikan *switch vaccum pump* pada posisi ON untuk kesiapan *vacuum pump* beroperasi dengan memperhatikan arah putaran motornya kearah atas.
3. Memastikan switch On pompa vacuum sampai tekanan *vacuum* menunjukkan 76 cmHg.
4. Memposisikan *switch* motor valve keposisi Open agar *inlet* dan *outlet pump* dalam posisi siap.
5. Memposisikan *switch inlet / outlet* pada posisi ON sehingga *inlet / outlet* siap dioperasikan.
6. Memastikan putaran mesin filter masuk (*Inlet*) atau keluar (*Outlet*) minyak disetting dengan putaran sama.
7. Memposisikan *switch oil heater* pada posisi ON.
8. Membuka valve *inlet* mesin filter, maka minyak akan masuk secara otomatis dengan kekuatan tarikan *vaccum* sehingga slang dan *vaccum chamber* terisi yang dapat dilihat pada gelas penduga *vaccum chamber*.
9. Membuka valve keluaran minyak, apabila *counter digital inverter* menunjuk ± 23 maka *heater* akan hidup secara otomatis.
10. Filterisasi minyak transformator 1 GI Gianyar dilakukan sirkulasi sebanyak ± 3 kali dengan memperhatikan kapasitas oli yang ada dalam tank trafo. Dimana pada jumlah oil dalam tank trafo yaitu 16500 kg.

D. HASIL DAN ANALISA

1. Kondisi Minyak Transformator 1 Sebelum Filterisasi Minyak

Tabel 2. Hasil Pengujian DGA pada Transformator 1 Gardu Induk Gianyar Sebelum Filterisasi Minyak

Jumlah kandungan gas terlarut mudah terbakar adalah 1212 ppm, berdasarkan standar IEEE std C57.104-2008 jumlah gas terlarut mudah terbakar pada metode TDCG masuk dalam Kondisi 2. Dengan kandungan gas yang dominan adalah Ethane

(C2H6) yaitu sebesar 482 ppm dan masuk kondisi 4.

2. Kondisi Minyak Transformator 1 Setelah

NO	Parameter Uji	Hasil Pengujian (ppm)	Batasan Sesuai Standar IEEE std C57.104-2008				Diagnosa
			1	2	3	4	
1	Hidrogen H2	32,00	100	101-700	701-1800	>1800	Kondisi 1
2	Ethylene C2H4	15,00	50	51-100	101-200	>200	Kondisi 1
3	Acethylene C2H2	0,00	1	2-9	10-35	>35	Kondisi 1
4	Methane CH4	325,00	120	121-400	401-1000	>1000	Kondisi 2
5	Carbon Monoxide CO	358,00	350	351-570	571-1400	>1400	Kondisi 2
6	Carbon Dioxide CO2	3359,00	2500	2501-4000	4001-10000	>10000	Kondisi 2
7	Ethane C2H6	482,00	65	66-100	101-150	>150	Kondisi 4
8	Total Dissolved Combustible Gas (TDCG)	1212,00	720,00	721-1920	1921-4630	>4630	Kondisi 2

Filterisasi Minyak

Tabel 3. Hasil Pengujian DGA pada Transformator 1 Gardu Induk Gianyar Setelah Filterisasi Minyak

NO	Parameter Uji	Hasil Pengujian (ppm)	Batasan Sesuai Standar IEEE std C57.104-2008				Diagnosa
			1	2	3	4	
1	Hidrogen H2	0,00	100	101-700	701-1800	>1800	Kondisi 1
2	Ethylene C2H4	0,00	50	51-100	101-200	>200	Kondisi 1
3	Acethylene C2H2	0,00	1	2-9	10-35	>35	Kondisi 1
4	Methane CH4	12,00	120	121-400	401-1000	>1000	Kondisi 1
5	Carbon Monoxide CO	23,00	350	351-570	571-1400	>1400	Kondisi 1
6	Carbon Dioxide CO2	777,00	2500	2501-4000	4001-10000	>10000	Kondisi 1
7	Ethane C2H6	36,00	65	66-100	101-150	>150	Kondisi 1
8	Total Dissolved Combustible Gas (TDCG)	71,00	720,00	721-1920	1921-4630	>4630	Kondisi 1

Jumlah kandungan gas terlarut mudah terbakar adalah 71 ppm, berdasarkan standar IEEE std C57.104-2008 jumlah gas terlarut mudah terbakar pada metode TDCG masuk dalam Kondisi 1. Dengan kandungan gas Ethane (C2H6) yaitu sebesar 36 ppm dan masuk kondisi 1.

3. Kekuatan Dielektrik Minyak Sebelum Filterisasi Minyak

Tabel 4. Hasil Pengujian BDV Sebelum Filterisasi Minyak

TEST	OIL (kV/2,5mm)
1	64,5
2	66,1
3	55,5
4	67,2
5	63,3
6	48,4

Perhitungan kekuatan dielektrik minyak sebelum filterisasi minyak sebagai berikut :

$$V_b \text{ (rata-rata)} = \frac{\sum_{i=1}^n U_i}{N}$$

$$V_b \text{ (rata-rata)} = \frac{64,5+66,1+55,5+67,2+63,3+48,4}{6}$$

$$V_b \text{ (rata-rata)} = \frac{365}{6}$$

$$V_b \text{ (rata-rata)} = 60,8 \text{ kV} / 2,5 \text{ mm}$$

4. Kekuatan Dielektrik Minyak Sesudah Filterisasi Minyak

Tabel 5. Hasil Pengujian BDV Sesudah Filterisasi Minyak

TEST	OIL (kV/2,5mm)
1	76,1
2	82
3	87,9
4	75,4
5	88,8
6	83,3

Perhitungan kekuatan dielektrik minyak sesudah filterisasi minyak sebagai berikut :

$$V_b \text{ (rata-rata)} = \frac{\sum_{i=1}^n U_i}{N}$$

$$V_b \text{ (rata-rata)} = \frac{76,1+82+87,9+75,4+88,8+83,3}{6}$$

$$V_b \text{ (rata-rata)} = \frac{493,5}{6}$$

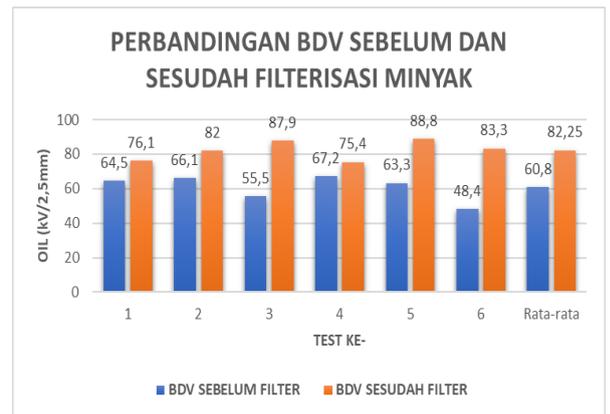
$$V_b \text{ (rata-rata)} = 82,25 \text{ kV} / 2,5 \text{ mm}$$

5. Analisa Pengaruh Filterisasi Minyak Terhadap Kinerja Transformator 1 Gardu Induk Gianyar



Grafik 1. Perbandingan Hasil DGA Sebelum dan Sesudah Filterisasi Minyak Transformator 1

Hal ini menandakan kandungan gas – gas dalam minyak setelah dilakukan filterisasi minyak menurun dan tergolong kondisi 1 atau dalam batas normal.



Grafik 2. Perbandingan BDV Sebelum Dan Sesudah Filterisasi Minyak Transformator 1

Setelah dilakukan filterisasi minyak secara online pada Transformator 1 hasil pengujian BDV mengalami peningkatan yang signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa dengan filterisasi minyak juga dapat mempengaruhi hasil tegangan tembus minyak yang semakin baik. . Sehingga dapat meningkatkan *lifetime* Transformator 1 Gardu Induk Gianyar.

V. PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan rumusan masalah dan analisa dapat diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Filterisasi minyak dilakukan secara online (dalam keadaan berbeban atau beroperasi) karena transformator 1 memiliki 42 pelanggan VIP yang harus di-supply secara kontinuitas dan optimal. Pelaksanaan sebelum filterisasi secara online harus memperhatikan hal – hal penting yaitu assembling mesin filter ke transformator dilaksanakan saat transformator padam, memastikan sambungan slang terpasang dengan baik, memastikan selang sudah salam kondisi tervacum, memasang pentanahan (*grounding*) mesin filter, memasang sumber tegangan AC 380 Volt sesuai fasa (R, S, T), dan mem-*blocking* kontak trip pada rele internal bucholz untuk menanggulangi gangguan akibat adanya gelembung – gelembung gas selama filterisasi. Selama filterisasi minyak beban dan suhu minyak trafo harus diperhatikan agar proses filter minyak dapat bekerja secara optimal. Pelaksanaan Filterisasi minyak dilaksanakan sesuai Instruksi Kerja yang berlaku di PT. PLN (Persero).
2. Filterisasi minyak secara online (dalam keadaan berbeban atau beroperasi) dapat memberikan efek terhadap kualitas minyak trafo. Setelah dilakukan filterisasi minyak didapatkan hasil *Dissolved Combustible Gas (TDCG)* sebelum filter sebesar 1212 ppm (kondisi 2) dan setelah filter menjadi 71 ppm (*kondisi 1*). Gas lainnya yaitu Ethane (C2H6) sebelum filter sebesar 482 ppm (kondisi 4) dan setelah filter minyak menjadi 36 ppm (kondisi

- 1). Filterisasi minyak secara online pada Transformator 1 Gardu Induk Gianyar berhasil dilakukan dimana kandungan - kandungan gas yang terdekomposisi pada minyak dapat dikurangi dengan maksimal. Kemudian dari pengujian *Breakdown Voltage* (BDV) didapatkan hasil kekuatan dielektrik sesudah filter minyak yaitu 82,25 kV / 2,5 mm dari sebelum filter minyak hanya sebesar 60,8 kV / 2,5 mm. Terjadi peningkatan yang signifikan terhadap besarnya kekuatan elektrik atau tegangan tembus yang mengindikasikan semakin meningkatnya isolasi minyak Transformator 1 Gardu Induk Gianyar.
3. Filterisasi minyak secara online (dalam keadaan berbeban atau beroperasi) pada Transformator 1 Gardu Induk Gianyar dapat meningkatkan kinerja trafo secara menyeluruh. Hal ini dibuktikan dari peningkatan hasil tegangan tembus atau kekuatan dielektrik yang mengalami peningkatan. Dengan meningkatnya tegangan tembus, isolasi minyak akan semakin baik. Sehingga transformator dapat dilindungi dengan baik dari gangguan dan suhu tinggi akibat beban lebih yang terjadi. Kondisi ini akan meningkatkan kinerja operasi dan memperpanjang *lifetime* Transformator 1 Gardu Induk Gianyar.

B. Saran

Adapun saran yang dapat penulis sampaikan dalam skripsi ini yaitu sebagai berikut:

1. Filterisasi secara online (dalam keadaan berbeban atau beroperasi) dapat menjadi solusi untuk meningkatkan kualitas minyak, tegangan tembus minyak yang akan mempengaruhi kinerja transformator dengan memperhatikan hal – hal yang sudah dituangkan dalam skripsi ini.
2. Transformator 1 Gardu Induk Gianyar yang memiliki beban yang tinggi dan sudah melebihi 80% dari kapasitas trafo. Agar dapat dilakukan pengurangan beban dengan manuver beban ke Transformator 2 atau penambahan Trafo di GI Gianyar dengan berkoordinasi dengan UP2D Bali.
3. Diharapkan lebih memperhatikan penyebab munculnya gas – gas *Combustible* seperti Ethane (C₂H₆) dengan mengetahui kondisi selulose dan belitan yang terdapat dalam transformator.

C. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Djufri Idham A. 2021. Transformator. Yogyakarta : Grup Penerbitan CV Budi Utama. Diakses dari https://books.google.co.id/books?id=vn9vEAA-AQBAJ&pg=PA1&hl=id&source=gbs_toc_r&ad=2#v=onepage&q&f=false
- [2] Widodo, Rendy Hari., Suyono, Hadi., & Soemarwanto. 2014. Pengaruh Filterisasi Minyak Trafo Terhadap Kinerja Transformator Daya 30 mVA di Gardu Induk Sengkaling. *Jurnal Teknik Elektro* : Universitas Brawijaya
- [3] Chumaidy, Adib. 2012. Analisis Kegagalan Minyak Isolasi Pada Transformator Daya Berbasis Kandungan Gas Terlarut. *Jurnal Program Susdi Teknik Elektro* : Institut Sains dan Teknologi Nasional.
- [4] Fithri, Normaliaty. Auliya, Januar Rizky. 2018. Analisis Kegagalan Isolasi Minyak Transformator 27 MVA PLTG 1 Jakabaring Berdasarkan Hasil Uji Dissolved Gas Analysis (DGA). *Jurnal Ilmiah Tekno*, Vol. 15 No.1 23-33
- [5] Hermawan. Syakur, Abdul. dkk. 2011. Analisis Gas Terlarut Pada Minyak Isolasi Transformator Tenaga Akibat Pembebanan dan Penuaan. *Jurnal Teknik Elektro*, Vol. 32 No.3 203-212.
- [6] IEC Std. 60599. 2007 . Mineral oil-impregnated electrical equipment in service. Switzerland: Commission Electrotechnique Internationale
- [7] IEEE Std. C57-104. 2019 . IEEE Guide for the Interpretation of Gases Generated in Mineral Oil-Immersed Transformers. New York: Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.
- [8] PT PLN (Persero). 2014. *Pedoman Pemeliharaan Transformator Tenaga*. Jakarta : PT PLN (Persero)
- [9] PT. PLN (Persero). 2020. Instruksi Kerja Pelaksanaan Filter Minyak Trafo Sistem Online. Denpasar : PT. PLN
- [10] Sahwara, Adit. Hariyantor, Nasrun. 2021. Filterisasi Minyak Transformator untuk Peningkatan Kualitas di Unit Layanan Transmisi Gardu Induk Bandung Barat. *Jurnal Diseminasi FTI* : Institut Teknik Nasional Bandung.
- [11] Solikhudin, M., Setiabudy, Rudy., dkk. 2010. Studi Gangguan Interbus Transformator (IBT-1) 500/150 kV di Gitet 500 kV Kembangan-Jakarta Barat. *Jurnal Teknik UI*.
- [12] Siburian, Daniel Ranto Parulian. 2020. Pemeriksaan dan Pengujian pada Kerusakan Transformator utama unit 1.0 Muara Karang. *Jurnal Teknik Trisakti*
- [13] Widyastuti,Christine. 2019. Analisis Tegangan Tembus Minyak Transformator Di PT. PLN (Persero) Bogor. *Jurnal Teknik Elektro* : Sekolah Tinggi Teknik PLN