

Analysis of Transformer Condition Used Dissolved Gas Analysis (DGA)

Analisa Kondisi Transformator Daya Menggunakan Dissolved Gas Analysis (DGA)

Tasya Sandiri, Lily S. Patras, Maickel Tuegeh

Dept. of Electrical Engineering, Sam Ratulangi University Manado, Kampus Bahu St., 95115, Indonesia

e-mails : tasyasandiri023@student.unsrat.ac.id, lily_patras@unsrat.ac.id, maickel_tuegeh@unsrat.ac.id

Received: [date]; revised: [date]; accepted: [date]

Abstract — Transformer is one of the most important component in the electricity distribution system. The operation process of the Lahendong PLTP transformer requires oil as a cooling agent and insulator. The gas dissolved in this oil can cause transformer failure due to gas failure. Dissolved gas analysis is a method to analyze dissolved gas in oil. The purposes of this study are to identify transformer oil failures and interpret the analysis results using the TDCG, Key Gas, and Duval's Triangle methods. From the calculations of the transformer oil test and the transformer unit 1 the results are obtained that the condition of the transformer oil has failure indication. It is recommended to activate the filter but because the CO and CO₂ are high, therefore the filter cannot be activated and the oil must be replaced immediately. From the results of testing and calculating of transformer unit 2 oil are obtained that the condition of the transformer oil is better than oil transformer unit 1. However, the transformer needs further investigation and monitoring to prevent the oil condition from failing and more damage.

Key words— Dissolved Gas Analysis, Duval's Triangle, Key Gas, Transformer Oil

Abstrak — Transformator merupakan salah satu komponen terpenting dalam sistem distribusi listrik. Proses kerja trafo PLTP Lahendong membutuhkan minyak sebagai bahan pendingin dan isolator. Gas yang terlarut dalam minyak ini dapat menyebabkan kegagalan trafo karena kegagalan gas. Analisis gas terlarut atau (DGA) adalah metode untuk menganalisis gas terlarut dalam minyak. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi kerusakan minyak transformator dan menginterpretasikan hasil analisis menggunakan metode TDCG, Key Gas, dan Duval's Triangle. Dari hasil pengujian minyak transformator dan hasil perhitungan transformator unit 1 dapat disimpulkan bahwa kondisi minyak transformator memiliki indikasi kegagalan, maka dari itu disarankan untuk mengaktifkan filter, namun karena sudah terdapat nilai CO dan CO₂ yang cukup tinggi, maka filter tidak dapat dilakukan dan minyak harus segera diganti. Dari hasil pengujian dan perhitungan minyak transformator unit 2 dapat disimpulkan bahwa kondisi oli transformator dalam keadaan cukup baik, berbeda dengan trafo unit 1, namun transformator perlu dilakukan penyelidikan dan pemantauan lebih lanjut, ini dilakukan untuk mencegah kondisi minyak mengalami kegagalan dan kerusakan yang lebih.

Kata kunci — Dissolved Gas Analysis, Key Gas, Minyak Transformator, Segitiga Duval

I. PENDAHULUAN

Komponen terpenting dari sistem distribusi tenaga listrik salah satunya adalah transformator (Afrida & Fitriano, 2022). Trafo adalah jenis perangkat listrik yang diperlukan untuk distribusi energi listrik. Tujuan dari trafo (trafo step-up) adalah untuk menaikkan tegangan yang dihasilkan oleh generator kemudian membaginya menjadi energi listrik sehingga listrik tersebut sampai ke gardu induk, dimana tegangan tersebut dialirkan melalui trafo step down. disebut tegangan menengah atau tegangan primer.

Di dalam trafo terdapat oli yang mempunyai efek pendinginan dan isolasi. Minyak trafo mengandung komponen gas terlarut di dalamnya yang dapat menyebabkan kerusakan trafo akibat gangguan gas (fault gas). Seiring dengan perkembangan teknologi, lahirah metode analisis gas terlarut (DGA), yaitu metode untuk menguji dan menganalisa jumlah gas terlarut dalam minyak transformator.

Oleh karena itu keberadaan trafo harus dilindungi dari gangguan khususnya minyak isolasi agar sistem tenaga listrik dapat berfungsi dengan baik dan andal. Faktor yang mempengaruhi kualitas dan ketersediaan penyediaan tenaga listrik adalah kebisingan minyak trafo. Hal ini dapat disebabkan oleh beban trafo yang tinggi, umur trafo yang lama, dan gas yang terlarut dalam minyak. Trafo telah melampaui nilai yang diijinkan dan jumlah air yang tinggi termasuk dalam trafo. Jika gas yang terlarut pada minyak trafo melebihi batas normal, hal ini menandakan minyak trafo rusak dan harus dikeluarkan atau diganti dengan minyak. Uji DGA (Dissolved Gas Analysis) digunakan dalam menguji dan menganalisis hasil pengujian gas terlarut pada minyak trafo, dianalisis menggunakan tiga metode TDCG, Key Gas dan Duval's Triangle.

A. Penelitian Terkait

Menurut Agus Siswanto, dkk (2022) Transformator merupakan yang sangat penting dalam sistem kelistrikan. Fungsi utama trafo adalah mengubah level tegangan dari satu level tegangan ke level tegangan lainnya (Siswanto et al., 2022).

Menurut I.G. Surya Subaga, dkk (2019) Minyak trafo merupakan bagian trafo yang mendapat beban kerja paling besar selama pengoperasian trafo. Oleh karena itu, kondisi oli transformator harus dipantau secara rutin agar trafo bisa bekerja dengan optimal (Subaga et al., 2019).

B. Transformator Daya

Trafo daya adalah jenis trafo yang digunakan untuk menaikkan nilai tegangan listrik dan berfungsi untuk mengubah energi dari tegangan tinggi menjadi tegangan rendah atau sebaliknya (Demmassabu et al., 2014).

Transformator banyak digunakan dalam bidang tenaga listrik dan elektronika (Arifianto, 2013). Kegunaannya dalam sistem tenaga listrik adalah memilih tegangan yang tepat secara ekonomis untuk setiap kebutuhan, seperti kebutuhan penggunaan tegangan tinggi untuk mentransmisikan energi listrik dalam jarak jauh.

C. Cara Kerja Transformator

Sebuah transformator pada dasarnya terdiri dari dua belitan terisolasi, atau belitan primer dan belitan sekunder. Pada umumnya trafo dengan belitan yang dililitkan pada batang besi sering disebut inti besi. Semakin banyak arus yang mengalir melalui kumparan pertama, maka medan magnet atau fluks magnet dihasilkan di sekitarnya. Kekuatan (kerapatan) medan magnet mempengaruhi kekuatan arus yang mengalir melalui kumparan. Ketika arus yang melalui kumparan meningkat, medan magnet yang dihasilkan juga meningkat. Karena adanya medan magnet di dekat kumparan primer, maka timbul gaya gerak listrik pada kumparan sekunder, dan timbul arus lebih dari kumparan primer ke kumparan sekunder. (Akbar & Akhir, 2018).

Kedua belitan mempunyai batasan tegangan, sehingga tegangan pemblokiran ditentukan oleh belitan sekunder dan primer. Misalnya kumparan primer yang sama akan menghasilkan tegangan pada kumparan sekunder sepuluh kali lebih besar dari tegangan masukan primer. Trafo jenis ini disebut juga trafo tegangan tinggi dan sebaliknya.

D. Komponen-komponen Transformator

1) Inti Besi

Inti besi tersebut digunakan sebagai pengalih angin yang lain yang dibawa ke kumparan di sekitar inti besi sehingga kembali menarik kumparan yang lain. Diproduksi dari lembaran logam isolasi yang dirancang untuk mengurangi panas (sebagai kehilangan logam) yang disebabkan oleh kelembapan (Akbar & Akhir, 2018).

2) Kumparan Transformator

Kumparan transformator terdiri dari batang tembaga yang dililitkan pada inti logam membentuk belitan yang berputar. Sebuah transformator biasanya mempunyai belitan primer dan belitan sekunder. Ketika kumparan primer dihubungkan dengan tegangan/arus, maka terciptalah fluks magnet yang menginduksi tegangan pada kumparan primer (Rezki, 2022).

3) Bushing

Sambungan antara belitan trafo dengan jaringan luar dilakukan melalui bushing, yaitu suatu konduktor yang dilapisi lapisan insulasi, yang juga berfungsi sebagai insulasi antara konduktor dan kotak trafo (Arifianto, 2013).

4) Pendingin

Inti dan kumparan besi menghasilkan panas karena hilangnya tembaga. Besarnya kenaikan suhu tersebut akan merusak insulasi yang ada. Sehingga untuk mengurangi kenaikan suhu, heat exchanger dilengkapi dengan chiller atau sistem pendingin untuk menghilangkan panas dari cairan yang digunakan pada heat exchanger dan sistem pendingin. Udara atau gas, minyak atau air (Arifianto, 2013).

5) Tangki Konservator

Tangki Konservator mempunyai fungsi sebagai penyedia cadangan minyak, uap atau udara akibat panasnya trafo akibat arus beban. Relai Buchholz yang dipasang antara tangki penyimpanan dan trafo akan menyerap gas yang dihasilkan oleh kerusakan oli. Untuk menghindari kontaminasi minyak oleh air, maka titik akhir aliran udara yang masuk adalah melalui saluran pembuangan atau ventilasi yang dilengkapi dengan alat untuk mengekstrak uap air dari udara atau bahan pendering yang biasa disebut silika gel (Akbar & Akhir, 2018).

6) Minyak Isolasi

Isolasi adalah sifat material yang memisahkan dua atau lebih konduktor yang berdekatan untuk mencegah kebocoran arus atau hubung singkat dan untuk memberikan perlindungan mekanis terhadap korosi dan gangguan tegangan. Ada dua jenis minyak isolasi untuk trafo: minyak mineral dan minyak sintesis. Pemilihan oli tergantung pada kondisi lingkungan di mana trafo akan digunakan. Ascarell, misalnya, adalah oli sintesis yang tidak mudah terbakar. Oleh karena itu Ascarell memungkinkan distributor untuk digunakan bahkan di area yang berpotensi ledakan dengan beban tinggi (Faishal A. R et al., 2011).

7) Tap Changer

Pengoperasian sumber tenaga listrik tegangannya diatur menurut ketentuan ini, namun pada saat beroperasi dapat terjadi fluktuasi tegangan sehingga mengakibatkan penurunan kualitas daya. Oleh karena itu diperlukan pengatur tegangan untuk menjamin kualitas listrik. Karakter. kekuatan. selalu dalam kondisi terbaik. berkelanjutan dan tahan lama. Karena itu trafo dirancang sedemikian rupa sehingga tegangan pada sisi keluaran dan arus tegangan pada sisi masukan tidak berubah walaupun tegangan pada sisi masukan berubah. Bagian berongga atau bagian tubuh yang berongga bersifat fleksibel. Perangkat ini dikenal dengan istilah pemutus arus pengatur tegangan atau lebih dikenal dengan on-load transformator (OLTC). Seringkali, OLTC dikaitkan dengan bagian utama dan uangnya bergantung pada desain dan perubahan tegangan sistem dan jaringan (Akbar & Akhir, 2018).

8) Neutral Grounding Resiatant (NGR)

Salah satu cara untuk menurunkan heat exchanger adalah dengan menggunakan NGR. NGR merupakan resistor yang dihubungkan secara seri dengan netral sekunder trafo sebelum pentanahan atau ground. Pemasangan NGR bertujuan agar dapat mengatur besarnya arus bocor dari sisi netral ke bumi. Ini berlaku untuk jenis cincin api pada sisi kedua (jaringan distribusi)(Akbar & Akhir, 2018).

E. Minyak Transformator (Transformer Oil)

Minyak trafo merupakan cairan yang digunakan sebagai insulasi pada trafo panas dan dingin. Oli dapat menahan tegangan tembus sebagai isolator, dan oli trafo dapat menekan panas yang dihasilkan sebagai pendingin, dan dengan kedua gaya tersebut oli trafo dapat melindungi orang yang fleksibel sehingga tidak terjadi kerusakan(Afrida & Fitriyono, 2022). Minyak transformator adalah minyak organik. Minyak transformator adalah minyak organik. Minyak transformator hampir tidak berwarna dan terdiri dari senyawa hidrokarbon termasuk parafin, isoparafin, naftalena, dan aromatik. Saat digunakan untuk beberapa waktu oli fleksibel memiliki fungsi perpindahan panas, dan suhu 95°C akan membuat oli menjadi tua.(As & P, 2021).

F. Pengujian Minyak Transformator

1) Dissolved Gas Analysis (DGA)

Dissolved Gas Analysis (DGA) menganalisis keadaan trafo berdasarkan jumlah gas yang terlarut dalam minyak trafo dan memisahkan gas-gas tersebut dari sampel minyak yang diambil dari trafo. Gas yang dikeluarkan diklasifikasikan berdasarkan gas dan jumlahnya dinyatakan dalam ppm (parts per Million). Dengan hasil pengujian DGA, permasalahan apa pun yang mungkin timbul pada trafo dapat diketahui tepat waktu(Yulisusianto et al., 2015). Analisis gas terlarut (DGA) minyak isolasi sangat berguna dalam menentukan komposisi perubahannya. Beberapa sampel minyak trafo harus diambil secara berkala untuk mengetahui kondisi trafo (Naibaho, 2018).

2) Breakdown Voltage (BDV)

Uji tegangan tembus merupakan bagian dari uji pemeliharaan prediktif minyak isolasi (oli). Fokus dari pengujian ini adalah untuk mengidentifikasi isolasi oli terhadap tegangan yang diberikan. Bila tegangannya diatas standar maka dapat disimpulkan oli masih bagus begitu pula sebaliknya jika nilai tegangan rendah maka oli harus dilakukan pengecekan yang lebih lanjut(Widyastuti & Wisnuaji, 2019).

3) Pengujian Warna Minyak

Seiring bertambahnya usia warna minyak isolasi transformator berubah itu dipengaruhi oleh pengotor seperti karbon. Tes warna oli pada dasarnya adalah perbandingan warna oli bekas dengan oli baru. Tes ini mengacu pada standar ISO 2049(Demmassabu et al., 2014).

4) Tangen Delta Minyak

Tangent Delta adalah metode diagnostik kelistrikan untuk

menentukan kondisi isolasi. Jika insulasinya bagus, maka ia mempunyai kapasitansi sempurna yang sama dengan insulasi antara dua elektroda kapasitor(Badaruddin & Firdianto, 2016).
 5) Metal in Oil

Pengujian logam dalam minyak digunakan bersamaan dengan pengujian DGA. Jika DGA menunjukkan kemungkinan cacat, logam pemeriksaan oli akan mengidentifikasi jenis cacat dan lokasinya. Gangguan ini tidak hanya memengaruhi kualitas isolasi trafo, tetapi juga menyebabkan difusi partikel logam di dalam oli(Demmassabu et al., 2014).

G. Gas-gas Terlarut pada Minyak Transformator

Minyak trafo merupakan cairan yang didapat lewat pemurnian minyak mentah (Syakur & Lazuardi, 2019). Minyak isolasi mineral tersusun dari banyak molekul dengan gugus kimia CH₃, CH₂, CH yang disatukan oleh ikatan molekul karbon. Gas-gas yang terlarut dalam minyak trafo yaitu : Hidrogen (H₂), asetilena (C₂H₂), etilen (C₂H₄), etana (C₂H₆), metana (CH₄), karbon monoksida (CO), karbon dioksida (CO₂). Untuk gas yang melebihi batas nilai normal, dapat menyebabkan kebakaran selama pengoperasian trafo. Untuk mengetahui dampak fenomena yang tidak biasa pada trafo digunakan metode analisis gas terlarut (DGA).

H. Diagnosa DGA

Metode yang banyak digunakan untuk menentukan status insulasi transformator adalah analisis gas terlarut minyak dengan menggunakan Analisis Gas Terlarut (DGA). Dengan menggunakan kromatografi gas dimungkinkan untuk menentukan jenis dan konsentrasi gas dalam minyak [4]. DGA juga memiliki keuntungan yaitu kita dapat mengetahui kondisi dari Minyak transformator(Demmassabu et al., 2014).

I. Metode Interpretasi Data Uji DGA

Beberapa metode interpretasi dan analisis data tercantum dalam standar IEEE C57-104.2008., sebagai berikut :

1) TDCG (Total Dissolved Combustible Gas)

Dalam metode ini, dengan menganalisa jumlah total gas terlarut, keadaan minyak trafo yang diuji dapat diketahui apakah masih dalam keadaan operasi normal, dalam keadaan alarm, dalam keadaan peringatan atau dalam keadaan kritis(Akbar & Akhir, 2018).

TABEL I.
 BATAS KONSENTRASI GAS TERLARUT BERDASARKAN
 STANDAR IEEE.C57-104.2008

Kondisi	Batas Konsentrasi Gas Terlarut (ppm)							
	H ₂	CH ₄	C ₂ H ₂	C ₂ H ₄	C ₂ H ₆	CO	CO ₂	TDCG
1	100	120	1	50	65	350	2,500	720
2	101-700	121-400	2-9	51-100	66-100	351-570	2501-4,000	721-1920
	701-1,800	401-1,000		101-200	101-150	571-1,400	4,001-10,000	1921-4630
3	>1,800	>1,000	10-35	>200	>150	>1,400	>10,000	>4630

Pada keadaan 1, trafo bekerja normal. Namun, masih ada kebutuhan untuk memantau keadaan gas terlarut. Keadaan 2,

tingkat TDCG mulai meningkat dan Anda mungkin mengalami gejala kegagalan yang memerlukan perhatian. Pada keadaan 3 ini menunjukkan degradasi kertas insulasi atau oil trafo. Pada keadaan seperti ini trafo akan memerlukan perhatian dan pemeliharaan yang lebih. Pada keadaan 4, tingkat TDCG ini menunjukkan isolasi minyak trafo terdegradasi atau rusak atau bisa dikatakan minyak harus diganti agar trafo dapat (Akbar & Akhir, 2018).

2) Key Gas

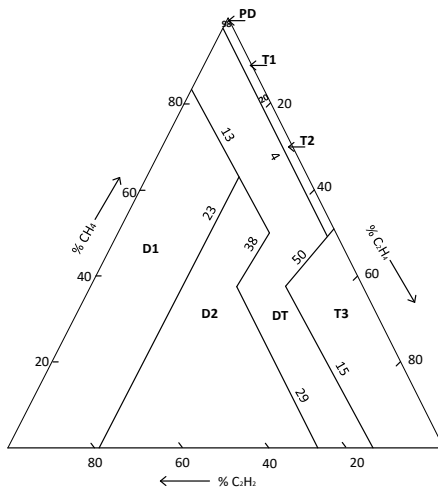
Dalam standar IEEE menjelaskan gas yang dihasilkan oleh trafo berpendingin minyak dan dapat digunakan untuk menentukan secara kualitatif sifat gangguan yang terjadi menggunakan gas atau spektrum standar. Pengaturan variabel untuk suhu berbeda menurut standar IEC C57.104 2008(Shidiq et al., n.d.).

TABEL II.
GANGGUAN DENGAN METODE KEY GAS

NO	Key Gas	Diagnosis
1	C ₂ H ₄	Thermal Oil
2	CO	Thermal Cellulose
3	H ₂	Partial Discharge
4	H ₂ + C ₂ H ₂	Arching

3) Duval's Triangel

Metode Segitiga Duval atau Duval Triangle ditemukan oleh Michael Duval pada tahun 1974. Menurut standar segitiga Duval membagi resistansi menjadi enam area. Gas CH₄, C₂H₄, C₂H₂ digunakan dalam perhitungan di metode ini. Pada segitiga Duval, jumlah ketiga gas tersebut adalah 100%(Haz et al., 2022).



Gambar 1. Segitiga Duval

Pada tabel 3 menunjukkan karakteristik-karakteristik gangguan yang terjadi pada transformator ketika nilai gas pada trafo sudah dalam keadaan buruk.

TABEL III.
GANGGUAN DENGAN METODE DUVAL

No.	Zona	Indikasi Gangguan
1	PD	Partial Discharge
2	D1	Pelepasan energi rendah
3	D2	Pelepasan energi tinggi
4	T1	Kesalahan termal dibawah 300°C
5	T2	Kesalahan termal antara 300°C dan 700°C
6	T3	Kesalahan termal diatas 700°C
7	DT	Campuran kesalahn termal dan listrik

II. METODE

A. Data Penelitian

Data-data yang didapatkan pada penelitian ini yaitu Spesifikasi Transformator Unit 1 dan 2, Data Pengujian DGA Transformator ULPLTP Lahendong Unit 1 dan 2.

Data pada tabel IV merupakan data spesifikasi transformator unit 1 di PLTP Lahendong unit 1 & 2.

TABEL IV.
SPESIFIKASI TRANSFORMATOR

SPESIFIKASI TRANSFORMATOR	
Manufacturer	UNINDO
Rated Power	25/30 MVA
ONAN/ONAF	
Rated Voltage Ratio	11/150
Design standards	IEC
Transformer type	Oil immersed
Normal operation	Outdoor
Service	Continuous
Altitude of the installation	≤ 1000 m
Dielectric	Oil
Type of Oil	Shell Diala B
Cooling	ONAN/ONAF
Number of phases	3 (three)
Frequency	50 Hz
Vector group	YNd5

Data Pada Tabel V merupakan data hasil pengujian DGA pada minyak transformator unit 1 di PLTP Lahendong dan hasil pengujian ini diambil pada tanggal 18 juli 2022.

TABEL V.
HASIL PENGUJIAN DGA TRANSFORMATOR UNIT 1

NO	Parameter Uji	Hasil
1	Hidrogen H ₂	10
2	Metana CH ₄	0
3	Karbonmonoksida CO	249
4	Karbondioksida O ₂	4555
5	Etelin C ₂ H ₄	20
6	Etana C ₂ H ₆	619
7	Asitelin C ₂ H ₂	0

Pada tabel VI merupakan data hasil pengujian DGA pada minyak transformator unit 2 di PLTP Lahendong dan sampel minyak nya diambil pada tanggal 18 juli 2022 dan untuk hasilnya didapat pada tanggal 2 agustus.

TABEL VI.
HASIL PENGUJIAN DGA TRANSFORMATOR UNIT 2

NO	Parameter Uji	Hasil
1	Hidrogen H ₂	0
2	Metana CH ₄	77
3	Karbonmonoksida CO	105
4	Karbondioksida O ₂	1877
5	Etelin C ₂ H ₄	9
6	Etana C ₂ H ₆	284
7	Asitelin C ₂ H ₂	0

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisa dengan Metode TDCG

Ada beberapa metode untuk menginterpretasikan uji DGA, TDCG adalah salah satunya yaitu dengan menghitung jumlah total gas antara lain H₂, CH₄, C₂H₂, C₂H₄, C₂H₆ dan CO. Berikut hasil TDCG yang diperoleh pada trafo unit 1 dan unit 2.

TABEL VI.
HASIL TDCG UNIT 1

Gas	H ₂	CH ₄	C ₂ H ₄	C ₂ H ₂	C ₂ H ₆	CO	TDCG
Nilai (ppm)	10	0	20	0	619	249	898

Tabel VI menunjukkan bahwa nilai trafo Unit 1 melebihi batas normal. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh relatif tingginya kandungan gas C₂H₆ pada trafo Unit 1. Oleh karena itu, trafo TDCG yang dihasilkan unit 1 termasuk dalam keadaan 2. Pada tingkat ini dapat terjadi gejala kesalahan yang memerlukan perhatian. Untuk mencegah gejala berlanjut, dapat dilakukan tindakan pencegahan dalam prosedur penanganan dan dapat dilakukan pemeriksaan penunjang terhadap gas yang melebihi batas normal.

TABEL VII.
HASIL TDCG UNIT 2

Gas	H ₂	CH ₄	C ₂ H ₄	C ₂ H ₂	C ₂ H ₆	CO	TDCG
Nilai (ppm)	0	77	9	0	284	105	475

Dari Tabel VII terlihat bahwa trafo unit 2 mempunyai nilai TDCG bisa dibidang normal. Nilai yang didapat termasuk dalam kondisi 1. Jadi trafo pada unit 2 berfungsi dengan baik. Tidak diperlukan tindakan khusus untuk menangani kondisi trafo pada unit 2, Namun pemantauan kondisi gas tetap diperlukan agar supaya ga-gas yang terlarut dalam minyak trafo tetap dalam keadaan normal.

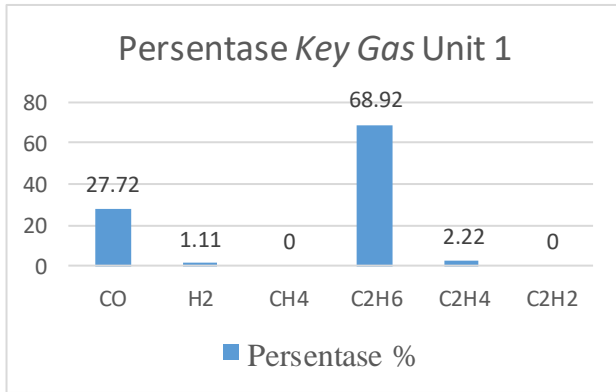
B. Analisa dengan Metode Key Gas

Cara menghitung persentase nilai gas terlarut pada metode key gas, yaitu membagi nilai gas terlarut dengan nilai TDCG. Saat menggunakan metode ini, konsentrasi gas awal harus diubah menjadi persentase (%) dalam satuan bagian per million (PPM) untuk memudahkan analisis.

Untuk grafik Key Gas yang menunjukkan persentase konsentrasi gas yang terkandung dalam transformator unit 1 dan unit 2 dapat dilihat pada gambar 2 dan gambar 3.

TABEL VIII.
HASIL KEY GAS UNIT 1

Nama Gas	Konsentrasi	Persentase (%)
CO	249	27.72
H ₂	10	1.11
CH ₄	0	0
C ₂ H ₆	619	68.92
C ₂ H ₄	20	2.22
C ₂ H ₂	0	0
TDCG	898	100

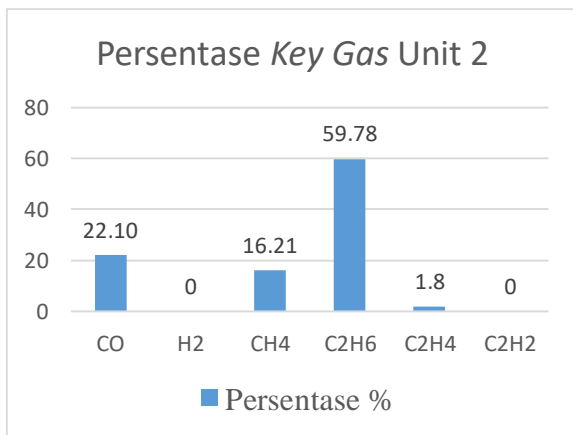


Gambar 2. Diagram Persentase Key Gas Unit 1

Dari gambar 2 terlihat bahwa gas utama pada gas tersebut adalah etana (C2H6). Berdasarkan Tabel II, kita dapat melihat bahwa masalah overheating minyak trafo terdiagnosis ketika kadar gas etana mendominasi pada trafo Unit 1.

TABEL IX.
HASIL KEY GAS UNIT 2

Nama Gas	Konsentrasi	Persentase (%)
CO	105	22.10
H2	0	0
CH4	77	16.21
C2H6	284	59.78
C2H4	9	1.8
C2H2	0	0
TDCG	475	100



Gambar 3. Diagram Persentase Key Gas Unit 2

Pada gambar 3, dapat diketahui gas yang paling dominan pada adalah gas Etana (C2H6). Dari tabel II menunjukkan jika gas etana memiliki nilai yang lebih dominan maka sama seperti transformator 1, transformator unit 2 juga di diagnosis

mengalami gangguan pemanasan lebih pada minyak transformator.

C. Analisa dengan Metode Duval's Triangel

Gas CH₄, C₂H₂, dan C₂H₄ dapat digunakan untuk perhitungan Segitiga Duval. Di bawah ini adalah perhitungan gas menggunakan perhitungan Duval untuk trafo Unit 1 dan 2.

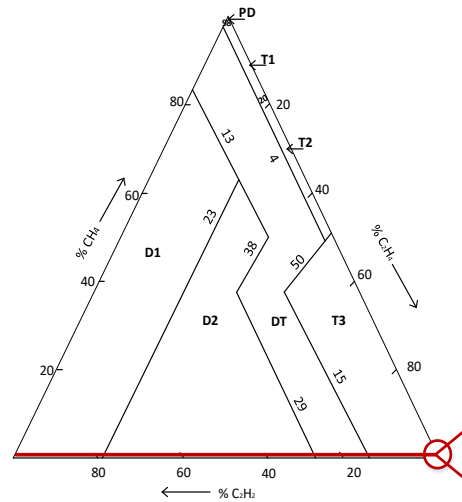
a) Transformator unit 1

$$\begin{aligned} \%CH_4 &= \frac{CH_4}{CH_4 + C_2H_4 + C_2H_2} \times 100\% \\ &= \frac{0}{0 + 20 + 0} \times 100\% = 0\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \%C_2H_4 &= \frac{C_2H_4}{CH_4 + C_2H_4 + C_2H_2} \times 100\% \\ &= \frac{20}{0 + 20 + 0} \times 100\% = 100\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \%C_2H_2 &= \frac{C_2H_2}{CH_4 + C_2H_4 + C_2H_2} \times 100\% \\ &= \frac{0}{0 + 20 + 0} \times 100\% = 0\% \end{aligned}$$

Analisis setelah menerima perhitungan dapat dilihat pada gambar 4.



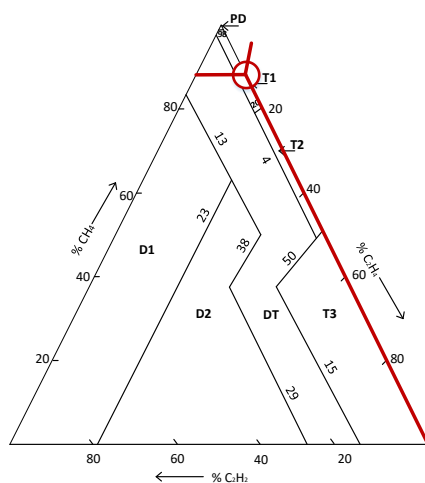
Gambar 4. Duval's Triangel Unit 1 berada pada titik T3

Dapat dilihat dari Duval's Transformator unit 1, dari Segitiga Duval terlihat bahwa titik tersebut terletak pada daerah T3. Bagian ini kesalahan termal terjadi pada temperatur diatas 700°C yang berarti trafo sering mengalami beban lebih sehingga temperatur trafo tinggi yang dalam jangka panjang beresiko pada tegangan kegagalan isolasi trafo dan kerusakan isolasi menyebabkan kebakaran trafo. Kondisi kegagalan ini harus segera dihindari agar proses kegagalan tidak meluas. Sehingga trafo unit 1 harus diperbaiki dan oli trafo harus dibersihkan, disaring ulang dan perlu dilakukan pengecekan ulang oli trafo dan diawasi secara terus menerus agar tidak terjadi kerusakan atau kerugian.

b) Transformator unit 2

$$\begin{aligned} \%CH_4 &= \frac{CH_4}{CH_4 + C_2H_4 + C_2H_2} \times 100\% \\ &= \frac{77}{77 + 9 + 0} \times 100\% = 89,53\% \\ \%C_2H_4 &= \frac{C_2H_4}{CH_4 + C_2H_4 + C_2H_2} \times 100\% \\ &= \frac{9}{77 + 9 + 0} \times 100\% = 10,46\% \\ \%C_2H_2 &= \frac{C_2H_2}{CH_4 + C_2H_4 + C_2H_2} \times 100\% \\ &= \frac{0}{77 + 9 + 0} \times 100\% = 0\% \end{aligned}$$

Analisis setelah menerima perhitungan dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Duval's Triangel Unit 2 berada pada titik T1

Untuk trafo unit 2 terlihat dari segitiga Duval berada pada rentang T1. Pada bagian ini gangguan termal terjadi pada suhu di bawah 300 °C. Oleh karena itu, trafo Unit 2 harus diuji dan dipantau dengan oli trafo untuk mencegah kegagalan dan kerusakan serius.

D. Analisa Hasil Keseluruhan dari Tiga Metode

Dari hasil perhitungan beberapa metode uji oli trafo unit 1 dan uji DGA, hasil di atas dapat dianalisis, dan terdapat kemungkinan gejala gangguan yang perlu diperhatikan pada trafo unit 1. Hal ini terlihat dari nilai TDCG sebesar 898 ppm untuk Kondisi 2. Akibat panas berlebih pada minyak transformator pada metode Key Gas, analisis Segitiga Duval menunjukkan adanya cacat termal pada suhu di atas 700°C. Nilai CO2 trafo ini juga relatif tinggi, menunjukkan adanya kerusakan pada isolasi kertas pada belitan. Dari hasil pengujian dan perhitungan oli trafo dapat disimpulkan bahwa kondisi oli trafo terindikasi mengalami kegagalan. Disarankan untuk mengaktifkan filter, namun karena sudah terdapat CO dan CO2, maka filter tidak dapat diaktifkan dan oli harus segera diganti.

Berdasarkan perhitungan uji oli dan uji DGA trafo unit 2, hasil diatas dapat dianalisis untuk memastikan trafo unit 2 tidak mengalami kerusakan atau gangguan berlebihan. Hal ini terlihat dari nilai TDCG untuk kondisi 1. Angka ini adalah 475 ppm untuk skema gas utama, yang menunjukkan bahwa minyak transformator rentan terhadap panas berlebih dan kegagalan termal di bawah 300°C untuk skema Duval-Pall. Dari hasil pengujian oli trafo dan hasil perhitungan trafo unit 2 dapat disimpulkan bahwa kondisi oli trafo sangat baik. Namun, penyelidikan dan pemantauan lebih lanjut diperlukan untuk mencegah kerusakan atau cedera lebih lanjut.lebih.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Dari penelitian ini dapat diambil kesimpulan sebagai berikut: Kondisi sampel minyak di unit. 1 saat ini berada dalam kondisi yang agak buruk, terutama di unit 2 karena kadar C2H6 dan CO2 yang relatif tinggi. Oleh karena itu trafo 1 perlu segera disaring atau diganti dengan sampel oli yang baru agar tidak terjadi kerusakan dan kerusakan lebih lanjut. Pada trafo 2, kondisi sampel oli berbeda dengan sampel oli trafo 1 pada keadaan 1 namun menunjukkan adanya beberapa tanda-tanda kegagalan yaitu kesalahan termal kurang dari 300°C dan nilai C2H6 yang agak tinggi. Oleh karena itu perlu dilakukan pengujian dan monitoring terhadap minyak trafo agar tidak terjadi permasalahan pada minyak trafo.

B. Saran

Pengujian minyak trafo dengan metode DGA merupakan salah satu meode untuk mengetahui sifat dan kesalahan yang terjadi pada trafo. Namun demikian, perlu dilakukan beberapa pengujian lagi terhadap oli trafo untuk mendapatkan data dan nilai yang lebih akurat untuk analisis kegagalan yang lebih jelas dan rinci. Untuk mengoperasikan trafo, perlu dilakukan pengambilan sampel minyak secara teratur dan mengirimkan sampel minyak setelah pengambilan sampel.

V. KUTIPAN

Afrida, Y., & Fitriano. (2022). Analisa Kondisi Minyak Trafo Berdasarkan Hasil Uji Dissolved Gas Analisis Pada Trafo Daya #1 Di PT.PLN (PERSERO) GARDU INDUK KOTABUMI. *Electrician : Jurnal Rekayasa Dan Teknologi Elektro*, 16(3), Article 3. <https://doi.org/10.23960/elc.v16n3.2408>

Akbar, F. M., & Akhir, T. (2018). Analisa Karakteristik Minyak Isolasi Transformator Daya 11 Kva Menggunakan Metode Dga Dan Breakdown Voltage Pada Gardu Kilang Pertamina Ru-li Dumai. *Teknik Elektro Its. Surabaya*.

Arifianto, D. (2013). *Analisis Kegagalan Transformator Di PT Asahimas Chemical Banten Berdasarkan Hasil Uji DGA Dengan Metode Roger's Ratio* [Sarjana, Universitas Brawijaya]. <http://repository.ub.ac.id/id/eprint/141867/>

Badaruddin, B., & Firdianto, F. A. (2016). ANALISA MINYAK TRANSFORMATOR PADA TRANSFORMATOR TIGA FASA DI PT X. *Jurnal Teknologi Elektro*, 7(2). <https://doi.org/10.22441/jte.v7i2.828>

Demmassabu, A. R., Patras, L. S., & Lisi, F. (2014). Analisiskegagalan Transformator Dayaberdasarkan Hasil Uji Dga Dengan Metode

- TDCG, Key Gas, RogerTMs Ratio, DuvalTMs Triangle Pada Gardu Induk. *Jurnal Teknik Elektro Dan Komputer*, 3(4), Article 4. <https://doi.org/10.35793/jtek.v3i4.5925>
- Faishal A. R. M., Karnoto, K., & Sukmadi, T. (2011). *ANALISIS INDIKASI KEGAGALAN TRANSFORMATOR DENGAN METODE DISSOLVED GAS ANALYSIS* [Other, Teknik Elektro Universitas Diponegoro]. <http://eprints.undip.ac.id/30118/>
- Haz, F., Muhammad Rizki Akbar, & Giri Angga Setia. (2022). Diagnosis Kondisi Minyak Tranformator Menggunakan Teknik Dissolved Gas Analysis. *Jurnal Teknik: Media Pengembangan Ilmu dan Aplikasi Teknik*, 21(1), 12–21. <https://doi.org/10.55893/jt.vol21no1.428>
- Naibaho, N. (2018). ANALISIS KEGAGALAN TRANSFORMATOR BERDASARKAN HASIL PENGUJIAN DGA. *PROSIDING SEMINAR NASIONAL ENERGI & TEKNOLOGI (SINERGI)*, 98–106.
- Rezki, A. (2022). *ANALISIS PENGARUH DISSOLVED GAS TERHADAP KEGAGALAN MINYAK TRANSFORMATOR GARDU INDUK PASIR PUTIH* [Skripsi, Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau]. <http://repository.uin-suska.ac.id/58214/>
- Shidiq, S., Sujatmiko, A., & Paronda, A. H. (n.d.). *Pengujian Dissolved Gas Analysis (DGA) Pada Trafo Tenaga 150/20kv 60mva Di Gardu Induk Tambun*. 7(1).
- Siswanto, A., Rohman, A., Suprijadi, S., Baehaqi, M., & Arifudin, A. (2022). ANALISIS KARAKTERISTIK MINYAK TRANSFORMATOR MENGGUNAKAN PENGUJIAN DISSOLVED GAS ANALYSIS (DGA) PADA IBT 1 GARDU INDUK. *Foristek*, 12(1), Article 1. <https://doi.org/10.54757/fs.v12i1.142>
- Subaga, I. S., Manuaba, I. B. G., & Sukerayasa, I. W. (2019). Analisis Prediktif Pemeliharaan Minyak Transformator Menggunakan Metode Markov. *Jurnal SPEKTRUM Vol*, 6(4).
- Syakur, A., & Lazuardi, W. (2019). Penerapan Metode Interpretasi Rasio Roger, Segitiga Duval, Breakdown Test, dan Water Content Test untuk Diagnosis Kelayakan Minyak Transformator. *Teknik*, 40(1), 63–68.
- Widyastuti, C., & Wisnuaji, R. A. (2019). Analisis Tegangan Tembus Minyak Transformator Di PT. PLN (Persero) Bogor. *Elektron: Jurnal Ilmiah*, 75–78. <https://doi.org/10.30630/eji.11.2.128>
- Yulisusianto, G., Suyono, H., & Nurhasanah, R. (2015). *Diagnosis Kondisi Transformator Berbasis Analisis Gas Terlarut Menggunakan Metode Sistem Pakar Fuzzy*. 9(1).

yakni Himpunan Mahasiswa Elektro yang sering disingkat (HME).

TENTANG PENULIS



Tasya J. Sandiri penulis adalah anak pertama dari dua bersaudara, lahir pada tanggal 2 Oktober 2001 di Tawang Sulawesi Utara, anak pertama dari dua bersaudara. Penulis mengenyam pendidikan pertama di TK GMIM Getsemani Tawang pada tahun 2006-2007 dan kemudian melanjutkan pendidikan di SD Inpres Tawaang pada tahun 2007 sampai 2013. Melanjutkan

bersekolah di SMP Kristen Tawaang pada tahun 2013 hingga 2016 dan melanjutkan pendidikannya pada tahun 2016 ke SMA Negeri 1 Tenga hingga lulus pada tahun 2019. Pada tahun 2019 penulis memulai pendidikan di Universitas Sam Ratulangi, Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Elektro dengan mengambil Konsentrasi Minat Teknik Tenaga Listrik pada tahun 2021. Dalam menempuh pendidikan penulis pernah melaksanakan Kerja Praktek di PT. Pertamina Geothermal Energy area Lahendong pada bulan Mei-Juli 2022. Selama perkuliahan penulis bergabung dalam organisasi mahasiswa,