

# Analyzing The Influence Of The Length Of Time Between Extracting And Testing Of Insulating Oil Of A Power Transformer Using Dissolved Gas Analysis Test

Analisa Dampak Pengaruh Lamanya Waktu Pengambilan Sampel Dengan Pengujian DGA Pada Minyak Isolasi Transformator Daya

Russell Abraham Rombepajung<sup>1)</sup>, Lily S. Patras<sup>2)</sup>, Hans Tumaliang<sup>3)</sup>

Depth. Of Electrical Engineering, Sam Ratulangi University Manado, Kampus Bahu St., 95115, Indonesia

e-mails : [russellrombepajung023@student.unsrat.ac.id](mailto:russellrombepajung023@student.unsrat.ac.id),

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

*Abstract – Power transformers are essential components in the electrical power distribution system, and maintaining their reliability is critical for uninterrupted power delivery. Dissolved Gas Analysis (DGA) is a diagnostic technique used to assess the internal condition of a transformer by analyzing the gases dissolved in its insulating mineral oil. However, the reliability of DGA results can be affected by external factors, such as the time delay between oil extraction and laboratory testing. This study investigates the impact of such delays by comparing two samples taken from the same transformer on the same day—one tested immediately and the other tested after several days, along with using 3 other samples as a point of reference taken and tested by the maintenance crew. DGA tests were conducted at the Pertamina Geothermal Energy Lahendong Power Plant, with samples drawn specifically from the Unit 6 generator transformer. The analysis used five diagnostic methods: Total Dissolved Combustible Gas (TDCG), Key Gas, Duval’s Triangle, Roger’s Ratio, and Doernenburg’s Ratio.*

*The results indicate that delays between extraction and testing can significantly alter gas concentration levels, particularly CO and CO<sub>2</sub> with a 0.8% and 6.8% difference respectively, which can affect the interpretation of transformer condition. Samples tested after a delay showed notable gas increases—implying potential misdiagnosis of internal faults. Therefore, it is concluded that DGA should ideally be conducted immediately after sampling to ensure reliable diagnostic results. Additionally, environmental conditions and sample handling procedures must be controlled to minimize measurement variability.*

*Keywords: Dissolved Gas Analysis, Power Transformer, Mineral Oil, Doernenburg Ratio.*

**Abstrak – Transformator daya merupakan komponen penting dalam sistem distribusi tenaga listrik, dan menjaga**

**keandalannya sangat penting untuk penyaluran daya tanpa gangguan. Analisis Gas Terlarut (DGA) adalah teknik diagnostik yang digunakan untuk menilai kondisi internal transformator dengan menganalisis gas-gas yang terlarut dalam minyak mineral isolasinya. Namun, keandalan hasil DGA dapat dipengaruhi oleh faktor eksternal, seperti jeda waktu antara ekstraksi minyak dan pengujian laboratorium. Studi ini menyelidiki dampak jeda waktu tersebut dengan membandingkan dua sampel yang diambil dari transformator yang sama pada hari yang sama—satu diuji segera dan yang lainnya diuji setelah beberapa hari. Pengujian DGA dilakukan di Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi Lahendong milik PT. Pertamina Geothermal Energy Lahendong, dengan sampel yang diambil khusus dari transformator generator Unit 6. Analisis ini menggunakan lima metode diagnostik: Total Dissolved Combustible Gas (TDCG), Key Gas, Segitiga Duval, Rasio Roger, dan Rasio Doernenburg.**

**Hasil penelitian menunjukkan bahwa penundaan antara ekstraksi dan pengujian dapat secara signifikan mengubah tingkat konsentrasi gas, khususnya CO dan CO<sub>2</sub> dengan perbedaan masing-masing sebesar 0,8% dan 6,8%, yang dapat memengaruhi interpretasi kondisi transformator. Misalnya, sampel yang diuji setelah penundaan menunjukkan peningkatan gas yang signifikan—yang menyiratkan potensi kesalahan diagnosis kerusakan internal. Oleh karena itu, disimpulkan bahwa DGA idealnya dilakukan segera setelah pengambilan sampel untuk memastikan hasil diagnostik yang andal. Selain itu, kondisi lingkungan dan prosedur penanganan sampel harus dikontrol untuk meminimalkan variabilitas pengukuran.**

**Kata Kunci: Dissolved Gas Analysis, Transformator Daya, Minyak Mineral, Rasio Doernenburg.**

## I. PENDAHULUAN

Transformator merupakan komponen yang sangat penting dalam sistem penyaluran listrik yang bertanggung jawab untuk memindahkan daya listrik dari pembangkit dan gardu induk untuk di salurkan ke sistem transmisi dan distribusi. (Ondrialdi, 2020). Oleh karena itu peralatan ini juga relatif mahal, untuk itu perlu dipelihara sedemikian rupa sehingga trafo tetap andal. Untuk mengetahui kondisi transformator ada beberapa cara atau metoda yang di lakukan, salah satu metoda tersebut adalah Dissolved Gas Analysis atau DGA. DGA merupakan suatu metode untuk mengetahui kondisi trafo dengan menguji oli atau isolasi cair dari pada trafo.

Isolasi cair pada trafo ada beberapa jenis dimana yang sering digunakan adalah minyak mineral. Isolasi cair tersebut sangat terpengaruhi oleh lingkungan sekitar. Serta dengan kenyaataan yang terjadi di lapangan dimana alat pengujian tidak selalu tersedia dan sampel harus dikirim ke lab yang memiliki alat pengujiannya. Dengan adanya faktor waktu jeda dan proses pengiriman sampel bisa menyebabkan *bubbling* atau menimbulkan gelembung yang dapat mempengaruhi hasil dari pengujian dengan ini peneliti mencoba untuk meneliti keakuratan atau ketelitian uji DGA dilihat dari lamanya waktu pengujian DGA dari pengambilan sampel ke pengujian.

Pada penelitian ini sampel yang akan diuji dan dianalisa akan diambil pada transformator generator unit 6 yang terletak di PLTP unit 5&6 Tompaso milik dari PT Pertamina Geothermal Energy (Persero)

### A. Pengertian Transformator Daya

Transformator daya adalah perangkat listrik yang tidak bergerak yang memiliki kemampuan untuk mengubah daya dari tegangan tinggi ke tegangan rendah atau sebaliknya. Dengan menggunakannya, energi listrik dapat ditransfer dari satu rangkaian ke rangkaian lain tanpa ada hubungan fisik di antara kedua rangkaian. Ini dilakukan sepenuhnya oleh rangkaian medan magnet. Trafo daya menggunakan prinsip elektromagnetik yaitu hukum Faraday dimana perubahan arus atau medan listrik dapat membangkitkan medan magnet pada kumparan primer dan kemudian diinduksi tegangan ke kumparan sekunder.

### B. Komponen – Komponen Transformator

#### 1. Inti Besi (Core)

Inti besi digunakan sebagai media jalannya flux yang timbul dari induksi arus bolak balik pada kumparan yang mengelilingi inti besi sehingga dapat menginduksi kembali ke kumparan sekunder. Dibentuk dari lempengan – lempengan besi tipis berisolasi yang berfungsi untuk mengurangi panas dari efek *Eddy current* dimana arus sirkulasi pada inti besi hasil dari

induksi medan magnet mengakibatkan rugi – rugi dalam bentuk panas

#### 2. Kumparan

Kumparan pada trafo adalah komponen penting yang terdiri dari batang tembaga berisolasi yang dililitkan pada inti besi, dimana berfungsi sebagai penghasil medan magnet yang diperlukan untuk mentransfer energi listrik dari satu sirkuit ke sirkuit lainnya saat dilalui arus listrik dan timbulnya flux. Transformator memiliki dua jenis kumparan yaitu : kumparan primer dan kumparan sekunder.

#### 3. Tangki Konservator

Tangki Konservator berfungsi untuk menampung minyak cadangan dan uap atau udara akibat pemanasan trafo karena arus beban yang menyebabkan minyak isolasi memuai sehingga volumenya bertambah. Sebaliknya saat penurunan suhu operasi, maka minyak isolasi akan menyusut dan volume akan turun kembali. Diantara tangki dan trafo dipasang relai Buchholz yang akan menarik gas saat terjadi gangguan hubung singkat.

#### 5. Tap Changer

*Tap changer* dapat mengubah rasio tegangan antara kumparan primer dan sekunder dengan mengubah jumlah lilitan pada kumparan tertentu. Salah satu fungsi utama tap changer adalah untuk menjaga tegangan output trafo agar tetap stabil meskipun ada perubahan tegangan atau beban input. Ini memungkinkan trafo untuk menyesuaikan diri dengan kondisi operasi yang berubah-ubah untuk memenuhi persyaratan sistem. Alat ini dikenal sebagai sadapan pengatur tegangan tanpa terjadi pemutusan beban, juga dikenal sebagai pengubah tombol beban *on-load* (OLTC). OLTC biasanya terhubung ke sisi primer, dan jumlah OLTC yang tersedia bergantung pada bagaimana sistem tegangan jaringan dirancang dan diubah.

#### 6. Bushing

Bushing merupakan sarana penghubung antara belitan dengan jaringan luar. Bushing terdiri dari sebuah konduktor yang diselubungi oleh isolator. Isolator tersebut berfungsi sebagai penyekat antara konduktor bushing dengan budi tank transformator.

## II. METODE

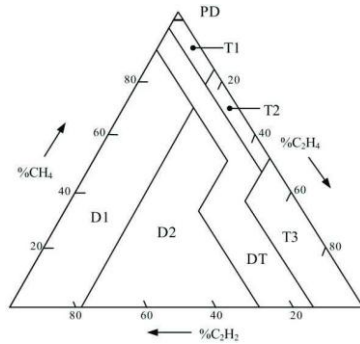
### A. Metode Interpertasi Hasil Uji DGA

Pada penelitian ini akan digunakan sebanyak 5 metode interpertasi hasil uji DGA, yaitu :

#### 1. Metode TDCG (Total Dissolved Combustible Gas)

Metode TDCG merupakan metode awal untuk mengetahui sejauh mana tingkat konsentrasi dari masing – masing *fault gas* antara lain CO<sub>2</sub>, CO, H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>. Berdasarkan konsentrasi gas yang terdeteksi, dilakukan analisis untuk menentukan jenis

kerusakan, seperti gangguan ringan, sedang, atau parah.



Dari situ, perawatan atau tindakan preventif dapat direncanakan untuk mencegah kerusakan lebih lanjut. Berikut adalah tingkat kondisi analisis TDCG berdasarkan standar IEEE C57-104-2019 :

- Kondisi 1 mengindikasikan bahwa trafo beroperasi secara normal
- Kondisi 2 mengindikasikan nilai fault gas mulai tinggi, lakukan investigasi lanjutan terhadap kenaikan level fault gas
- Kondisi 3 mengindikasikan terjadi dekomposisi dari minyak dan selulosa. Berbagai kegagalan mungkin sudah terjadi. Lakukan perawatan lebih lanjut
- Kondisi 4 mengindikasikan trafo mengalami dekomposisi dari minyak dan selulosa yang sudah meluas.

Berikut merupakan rumus untuk menghitung TDCG :

$$H_2 + CO + CH_4 + C_2H_2 + C_2H_4 + C_2H_6 = TDCG$$

## 2. Metode Key Gas

Key gas adalah gas-gas yang terbentuk pada trafo dengan jenis gas tertentu atau lebih dominan dan terbentuk pada suhu yang menghasilkan karakteristik gas tertentu. Terdapat 4 kondisi yang mampu menggambarkan kondisi trafo dilihat dari persentase gas terlarut yang telah dihitung antara lain sebagai berikut:

- Thermal Oil*, menunjukkan lebih banyak pemanasan; gas dominan adalah etilen (C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>).
- Thermal Selulose*, mengandung banyak karbon dioksida karena pemanasan; gas dominan adalah karbon monoksida (CO).
- Electrical Partial Discharge*, listrik terjadi pada minyak isolasi karena konsentrasi hidrogen. Gas dominan adalah hidrogen (H<sub>2</sub>).
- Electrical Arcing*, Konsentrasi asetilen menyebabkan busur api pada minyak. Asetilen (C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>) adalah gas yang paling banyak terkandung.

$$\text{Gas yang terlarut} = \frac{\text{Nilai gas terlarut}}{TDCG} \times 100\%$$

## 3. Metode Segitiga Duval

Tabel 1. Parameter untuk Segitiga Duval

Zona	Indikasi Gangguan
T1	Thermal Fault, <300°C
T2	Thermal Fault, 300°C - T - 700°C
T3	Thermal Fault, > 700°C
D1	Discharge energi rendah
D2	Discharge energi tinggi
DT	Campuran dari gangguan thermal dan electrical
PD	Partial Discharge

Gambar 1 Segitiga Duval

Standar IEC 60599-2007-05 menggunakan metode segitiga Duval. Metode ini berasal dari rasio standar IEC 60599, yang kemudian digambarkan dalam enam zona gangguan pada segitiga yang sama sisi.

Dengan metode ini, konsentrasi metana (CH<sub>4</sub>), etilen (C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>), dan asetilen (C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>) diamati. Konsentrasi total ketiga gas ini adalah 100% namun perubahan komposisi dari ketiga gas ini menunjukkan kondisi fenomena kegagalan. Daerah segitiga duval terdiri dari enam zona indikasi gangguan minyak trafo. Keenam zona ini dapat menunjukkan berbagai jenis kegagalan minyak trafo. Berikut merupakan rumus untuk mendapati rasio antara ketiga konsentrasi metana :

$$\%CH_4 = \frac{CH_4}{CH_4 + C_2H_2 + C_2H_4} \times 100$$

$$\%C_2H_2 = \frac{C_2H_2}{CH_4 + C_2H_2 + C_2H_4} \times 100$$

$$\%C_2H_4 = \frac{C_2H_4}{CH_4 + C_2H_2 + C_2H_4} \times 100$$

## 4. Metode Rasio Rogers

Salah satu metode untuk menganalisis gas terurai dari minyak transformator adalah metode rasio Roger, yang membandingkan nilai-nilai satu gas dengan nilai-nilai gas lainnya, seperti halnya pada rasio Doernenburg. Untuk analisis, rasio Roger digunakan untuk gas C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>/C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>, CH<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>, dan C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>/C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>. Berdasarkan standar IEEE C57.104-2008, jenis kode dan diagnosis gangguan dengan rasio Roger

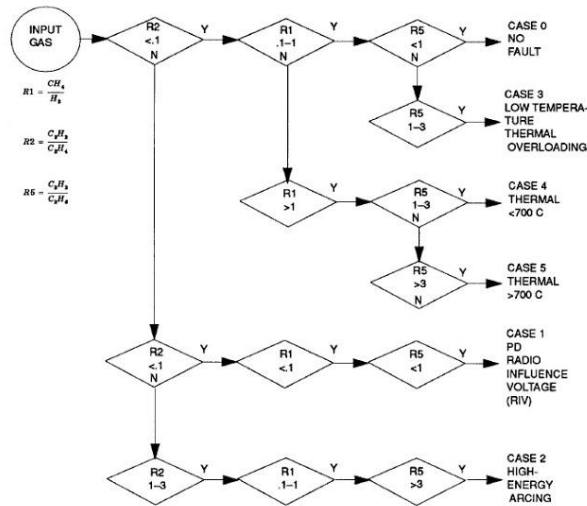
$$\text{Rasio 1 (R1)} = \frac{CH4}{H2}$$

$$\text{Rasio 2 (R2)} = \frac{C2H2}{C2H4}$$

$$\text{Rasio 3 (R3)} = \frac{C2H4}{C2H6}$$

Tabel 2. Rentang Kode untuk Rasio Rogers

Rentang Kode	C2H2/C2H4	CH4/H2	C2H4/C2H6
<0.1	0	1	0
0.1 – 1	1	1	0
1 – 3	1	2	1
>3	2	2	2



Gambar 2. Flowchart Rasio Roger

### 5. Metode Rasio Dournenburg

Metode rasio Doernenburg digunakan untuk menganalisis indikasi kegagalan dengan menggunakan empat perhitungan gas rasio dari lima jenis gas. Standar IEEE C57.104 tahun 2008 digunakan untuk menentukan jenis kegagalan yang terjadi.

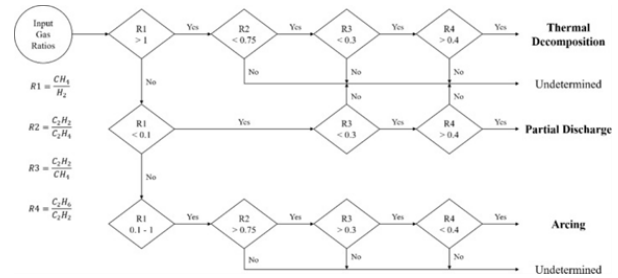
$$\text{Rasio 1} = \frac{CH4}{H2}$$

$$\text{Rasio 2} = \frac{C2H2}{C2H4}$$

$$\text{Rasio 3} = \frac{C2H2}{CH4}$$

$$\text{Rasio 4} = \frac{C2H6}{C2H2}$$

### III. DATA DAN PENGUJIAN DGA MINYAK ISOLASI



Gambar 3. Flowchart Rasio Dournenburg

#### A. Data Sampel Minyak Isolasi

Pada penelitian ini terdapat 5 buah hasil pengujian sampel minyak isolasi transformator generator (GT) unit 6 .

Untuk Sampel A sampai Sampel C pengujian DGA dilakukan oleh operator pemeliharaan lapangan PLTP Geothermal Lahendong Area, sedangkan Sampel D dan E pengujian DGAny di lakukan secara langsung oleh peneliti.

Tabel 3. Daftar Hari Pengujian DGA Trafo Generator 6 150/11kV

No. Sampel	Tanggal Pengambilan Sampel	Tanggal Pengujian Sampel
Sampel A	18 Juni 2024	18 Juni 2024
Sampel B	12 Juli 2024	12 Juli 2024
Sampel C	4 Desember 2024	13 Desember 2024
Sampel D	22 April 2025	22 April 2025
Sampel E	22 April 2025	28 April 2025

#### B. Data Transformator Generator Unit 6

Tabel 4. Spesifikasi Transformator Generator unit 6

Data Transformator Daya	
<b>Merk</b>	Scheider Electric
<b>No. Serial</b>	M346
<b>Kapasitas Daya</b>	26 MVA
<b>Tegangan Sisi Primer</b>	11 KV
<b>Tegangan Sisi Sekunder</b>	150 KV
<b>Arus Sisi Primer</b>	100.1
<b>Arus Sisi Sekunder</b>	1364.6
<b>Frekuensi</b>	50 Hz
<b>Volume Oli</b>	18000 Kg

No. Sampel	Hasil	Status
Sampel A	373	Kondisi 1
Sampel B	396	Kondisi 1
Sampel C	549	Kondisi 1
Sampel D	402	Kondisi 1
Sampel E	393	Kondisi 1
<b>Tahun Buatan</b>		2015
<b>Tahun Operasional</b>		2016
<b>Jenis Minyak</b>		Mineral Oil Nynas Nitro
<b>Pendingin</b>		Libra ONAN

### C. Data Cuaca Iklim Saat Pengambilan Sampel

Tabel 5. Data Cuaca Saat Hari Pengambilan Sampel

Tanggal/Sampel	Suhu Mini (°C)	Suhu Maxim (°C)	Temperatur Rata-rata (°C)	Kelembapan Rata-rata (%)
18 Juni 2024 (Sampel A)	19,2	28,6	25	80
12 Juli 2024 (Sampel B)	20,4	27,4	22,3	90
4 Desember 2024 (Sampel C)	19,4	27,4	23,6	89
22 April 2025 (Sampel D)	20,1	29	24,6	85
28 April 2025 (Sampel E)	19,4	28,5	23,9	89

### D. Data Hasil Pengujian Sampel

Tabel 6. Data Hasil Pengujian Sampel

DATA PENGUJI ANDGA	SAMPel YANG DI UJI				
	Sampel A	Sampel B	Sampel C	Sampel D	Sampel E
CO	2785	2844	3701	2808	2831
CO	253	271	393	247	230
H2	<5	<5	3	<5	<5
CH4	59	60	79	65	63
C2H2	0.5	2	1	1.5	1.5
C2H4	5	6	9	8	6

Gambar 2 Hasil Proyeksi Segitiga Duval Sampel A

<b>C2H6</b>	55	57	64	80	92
<b>TDCG</b>	373	396	549	402	393

### E. HASIL PERHITUNGAN DAN ANALISA

#### 1. Hasil Perhitungan menggunakan Metode TDCG

Tabel 7. Data Hasil Perhitungan Metode TDCG

#### 2. Hasil Perhitungan menggunakan Metode Key Gas

Tabel 8. Data Hasil Perhitungan Metode Key Gas

Indikator	Parameter	Sampel (%)				
		A	B	C	D	E
Arching	C2H4	1.3	1.5	1.6	2	1.5
Korona	H2	0.1	0.1	0.5	0.1	0.1
Pemanasan berlebih	C2H6	14.8	14.4	11.6	19.9	23.4
Pemanasan lebih selulosa	CO	67.8	68.4	71.6	61.5	58.7

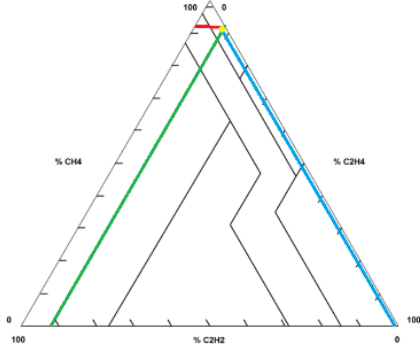
#### 3. Hasil Perhitungan menggunakan Metode Rasio Rogers

Tabel 9. Data Hasil Perhitungan Metode Rasio Rogers

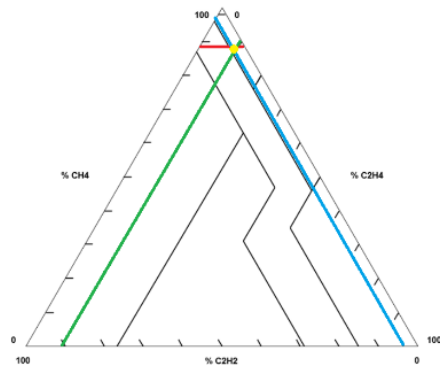
Sampel	Kode			Keterangan
	R2	R1	R3	
Sampel A	1	2	0	Thermal Fault 300-700°C
Sampel B	1	2	0	Thermal Fault 300-700°C
Sampel C	1	2	0	Thermal Fault 300-700°C
Sampel D	1	2	0	Thermal Fault 300-700°C
Sampel E	1	2	0	Thermal Fault 300-700°C

#### 4. Hasil Perhitungan menggunakan Metode Segitiga Duval

a. Hasil proyeksi segitiga Duval pada sampel A

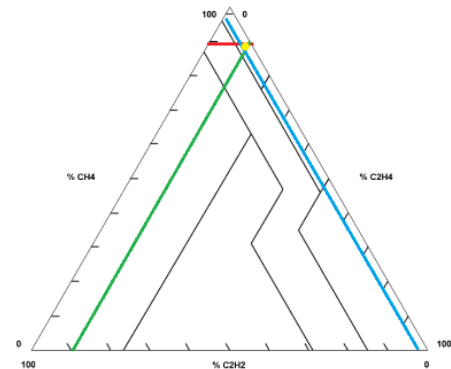


b. Hasil proyeksi segitiga Duval pada sampel B



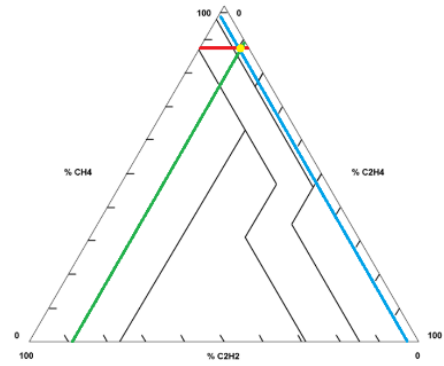
Gambar 4 Hasil Proyeksi Segitiga Duval Sampel B

c. Hasil proyeksi segitiga Duval pada sampel C



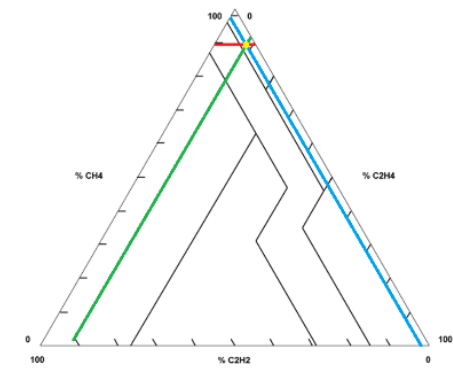
Gambar 5 Hasil Proyeksi Segitiga Duval Sampel C

d. Hasil proyeksi segitiga Duval pada sampel D



Gambar 6 Hasil Proyeksi Segitiga Duval Sampel D

e. Hasil proyeksi segitiga Duval pada sampel E



5. Hasil Perhitungan menggunakan Metode Rasio Dournenburg

Tabel 10. Data Hasil Perhitungan Metode Rasio Dournenburg

Sampel	Kode				Keterangan
	<i>Gambar 3 Hasil Proyeksi Segitiga Duval Sampel E</i>				
Sampel A	>.1	< 1	<.1	>.2	Dekomposisi Thermal
Sampel B	>.1	< 1	<.1	>.2	Dekomposisi Thermal
Sampel C	>.1	< 1	<.1	>.2	Dekomposisi Thermal
Sampel D	>.1	< 1	<.1	>.2	Dekomposisi Thermal
Sampel E	>.1	< 1	<.1	>.2	Dekomposisi Thermal

#### IV. ANALISA DAN PEMBAHASAN

##### A. Pembahasan menggunakan metode TDCG

Dari hasil interpretasi DGA menggunakan metode TDCG pada semua sampel, dapat di analisa kondisi internal pada trafo sebagai berikut :

Berdasarkan hasil perhitungan, pada sampel A – C menunjukkan peningkatan gas terlarut yang mudah terbakar di dalam minyak isolasi trafo GT unit 6. Tetapi pada sampel D dan E terlihat bahwa total gas terlarut yang mudah terbakar mengalami penurunan sebanyak 28.4% dari sampel E.

##### B. Pembahasan menggunakan metode Key Gas

Dari hasil interpretasi DGA menggunakan metode Key Gas pada semua sampel, dapat di analisa kondisi internal pada trafo sebagai berikut :

###### 1. Sampel A

Hasil perhitungan menggunakan metode key gas pada sampel A menunjukkan bahwa kadar karbon monoksida (CO) yang mengindikasikan terjadinya pemanasan selulosa berlebih pada minyak isolasi trafo GT unit 6.

###### 2. Sampel B

Hasil perhitungan menggunakan metode key gas pada sampel B menunjukkan bahwa kadar CO (monoksida) mengalami peningkatan sebesar 0.8%. Peningkatan tersebut bisa disebabkan oleh overloading, sistem pendingin yang kurang efisien maupun kerusakan internal trafo.

###### 3. Sampel C

Hasil perhitungan menggunakan metode key gas pada sampel C menunjukkan bahwa kadar CO (monoksida) mengalami peningkatan sebesar 4.6%. Mengindikasikan bahwa gangguan pemanasan selulosa berlebih.

###### 4. Sampel D

Hasil perhitungan menggunakan metode key gas pada sampel D menunjukkan bahwa kadar CO mengalami penurunan dari sampel C yang di ambil pada bulan Desember 2024. Hasil tersebut masih mengindikasikan terjadinya pemanasan selulosa berlebih.

###### 5. Sampel E

Hasil perhitungan menggunakan metode key gas pada sampel E menunjukkan bahwa kadar CO mengalami penurunan dari sampel D. Kedua sampel tersebut diambil pada hari yang sama. Meskipun mengalami penurunan hasil perhitungan menggunakan metode key gas tetap merujuk ke gangguan pemanasan selulosa berlebih.

##### C. Pembahasan menggunakan metode Rasio Rogers

Dari hasil interpretasi DGA menggunakan metode Rasio Rogers pada semua sampel, dapat di analisa kondisi internal pada trafo sebagai berikut :

###### 1. Sampel A

Pada ratio 1 menunjukkan bahwa tingkat CH<sub>4</sub> dibanding dengan H<sub>2</sub> mengindikasikan bahwa terjadinya pemanasan pada minyak trafo tersebut. Sedangkan R<sub>2</sub> dan R<sub>3</sub> relatif rendah.

###### 2. Sampel B

R<sub>1</sub> pada sampel B menunjukkan peningkatan saat dibanding dengan R<sub>1</sub> sampel A. Hal ini menunjukkan bahwa pemanasan berlebih pada oli trafo tersebut terjadi secara berlangsung. Serupa juga pun R<sub>2</sub> dan R<sub>3</sub> pada sampel B menunjukkan terjadinya peningkatan membuktikan bahwa secara perlahan isolasi kertas dalam trafo terjadi degradasi.

###### 3. Sampel C

Pada sampel C lihat bahwa pada perbandingan rasio 1 dan rasio 3 menunjukkan bahwa terjadi kasus partial discharge berdasarkan flowchart standard rasio rogers. Persimpangan perhitungan tersebut mungkin disebabkan oleh proses pengambilan sampel tersebut ataupun dari penyimpanan sampel yang tidak adab.

###### 4. Sampel D

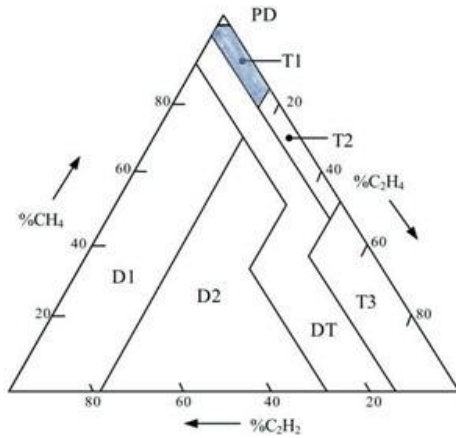
Hasil perhitungan menggunakan metode rasio rogers pada sampel D menunjukkan bahwa minyak isolasi trafo GT unit 6 mengalami gangguan partial discharge. Hal tersebut dapat diakibatkan oleh dari kerusakan isolasi belitan didalam trafo.

###### 5. Sampel E

Hasil perhitungan menggunakan metode rasio rogers pada sampel E menunjukkan bahwa minyak isolasi trafo tersebut masih mengalami partial discharge pada internal trafo GT unit 6. Saat dibanding dengan hasil perhitungan sampel C dan D merujuk dari gangguan thermal menghasilkan kerusakan isolasi belitan sehingga kasus kondisi pada internal trafo terjadi penurunan

##### D. Pembahasan menggunakan metode Segitiga Duval

Dari hasil interpretasi DGA menggunakan metode Segitiga Duval pada semua sampel, dapat di analisa kondisi internal pada trafo sebagai berikut :



Gambar 7 Hasil Proyeksi Segitiga Duval

Hasil plotting area di segitiga duval dari semua sampel menunjukkan bahwa kondisi internal transformator GT unit 6 merujuk ke kondisi T1 yang mengindikasikan adanya gangguan thermal < 300°C. Hal tersebut dapat di sebabkan oleh kerusakan internal, kurangnya efisiensi sistem pendingin ataupun beban berlebih.

#### E. Pembahasan menggunakan metode Rasio Doernenburg

Dari hasil interpretasi DGA menggunakan metode Rasio Doernenburg pada semua sampel, dapat di analisa kondisi internal pada trafo sebagai berikut :

##### 1. Sampel A

Hasil perhitungan menggunakan metode rasio Doernenburg pada sampel A menunjukkan bahwa minyak isolasi pada trafo GT unit 6 sedang mengalami dekomposisi thermal.

##### 2. Sampel B

Hasil perhitungan menggunakan metode rasio Dornenburg pada sampel B menunjukkan bahwa oli tersebut masih mengalami dekomposisi thermal dengan peningkatan rasio 1 dan rasio 4. Dekomposisi thermal tersebut bisa menyebabkan kerusakan isolasi kertas maupun menurunkan efesiensi pendinginan trafo.

##### 3. Sampel C

Hasil perhitungan menggunakan metode rasio Dornenburg pada sampel C terlihat bahwa kondisi oli trafo masih tetap mengalami pemanasan thermal yang dapat menyebabkan dekomposisi elemen minyak.

##### 4. Sampel D

Hasil perhitungan menggunakan metode rasio Dornenburg pada sampel D terlihat bahwa peningkatan dari rasio 1 dan rasio 4

mengindikasikan bahwa minyak isolasi trafo tersebut.

#### 5. Sampel E

Hasil perhitungan menggunakan metode rasio Dornenburg pada sampel E terlihat bahwa rasio 1 terlihat mengalami penurunan sedangkan pada rasio 4 mengalami peningkatan. Tetapi pada sampel E tersebut minyak isolasi trafo GT unit 6 masih terjadinya pemanasan berlebih pada internal trafo tersebut.

#### F. Analisa Pengujian DGA dengan Waktu yang berbeda

Dari beberapa sampel yang digunakan untuk minyak isolasi dari transformator unit 6 dimana dilakukan untuk DGA bulan Juni menunjukkan secara jelas kandungan gas-gas yang ada dimana hasilnya adalah kondisi 1, demikian pula ketika dilakukan DGA pada bulan Juli 2024 adanya peningkatan yang berarti untuk CO<sub>2</sub> walaupun untuk TDCG dalam kondisi 1 tetapi menjadi suatu alarm apabila ada peningkatan CO<sub>2</sub> karena itu menunjukkan adanya kerusakan pada isolasi kertas belitan(konduktor).

Dengan tidak adanya perlakuan untuk perbaikan dilakukan pengujian DGA pada bulan Desember 2024 dimana ada jeda waktu panjang saat pengambilan sampel dan pengujian DGA sekitar 8 hari, dan diperoleh hasil CO dan CO<sub>2</sub> mengalami peningkatan cukup tinggi.

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### A. Kesimpulan

Pengujian DGA baru dilakukan kembali pada bulan April dengan 2 tabung dimana yang 1 dilakukan langsung pengujian DGA, kemudian yang satu dilakukan selang waktu 1 minggu untuk melihat sejauh mana pengaruh lamanya waktu pengambilan dan pengujian terhadap sampel yang ada. Dan hasilnya mengalami peningkatan pada beberapa gas termasuk CO<sub>2</sub>. Tetapi dengan melihat pengujian terakhir nilainya menurun ini bisa disimpulkan bahwa dengan adanya penundaan waktu dari pengambilan sampai pengujian serta transportasi akan mengubah nilai yang diperoleh dari gas-gas yang ada terutama CO<sub>2</sub>. Sehingga dapat disimpulkan pula untuk mendapatkan hasil yang optimal maka diperlukan pengambilan sampel sebaiknya langsung dilakukan pengujian ditempat serta dilakukan pengujian tambahan seperti water content dan beban transformator pada saat itu, samping itu juga kondisi lingkungan saat dilakukan pengambilan dan pengujian. Supaya tidak mendapatkan hasil yang naik turun.

Berdasarkan serangkaian pengujian DGA (Dissolved Gas Analysis) pada minyak isolasi transformator generator unit 6 PLTP Lahendong unit

5&6 dari bulan Juni 2024 hingga April 2025, diperoleh beberapa temuan penting:

1. Dengan melihat dampak dari jeda waktu pengambilan sampel dan pengujian menunjukkan bahwa konsentrasi gas yang terlarut tidak menunjukkan perubahan yang signifikan dengan kadar CO dan CO<sub>2</sub> merupakan konsentrasi gas yang tertinggi.

2. Potensi perubahan kandungan gas yang terlarut dapat disebabkan oleh berbagai faktor yaitu dari jeda waktu pengujian sampel serta juga faktor transportasi sampel tidak bisa meyakinkan hasil pengujian DGA.

3. Dari penelitian ini direkomendasikan bahwa pengujian sampel DGA sebaiknya dilakukan secepat mungkin agar hasil dapat memastikan akurasi dalam mengevaluasi kondisi transformator.

4. Perbandingan pada sampel D dan E terdapat persimpangan yang relatif berdampak dalam perubahan kandungan gas yang terlarut sehingga jika kadar gas telah melewati kondisi 2 dan 3 dapat menghasilkan identifikasi potensi kerusakan transformator yang salah.

#### B. Saran

Untuk menghindari perubahan komposisi gas akibat waktu tunggu atau transportasi, sebaiknya pengujian dilakukan sesegera mungkin setelah pengambilan sampel. Idealnya, pengujian dilakukan di lokasi atau dalam waktu kurang dari 24 jam. Karena hasil menunjukkan kemungkinan degradasi pada isolasi kertas, maka disarankan untuk melakukan inspeksi menyeluruh terhadap isolasi tersebut.

Jika tren kenaikan gas terus terjadi, perlu dilakukan perencanaan pemeliharaan preventif atau prediktif untuk menghindari kerusakan besar pada transformator yang dapat berdampak pada sistem kelistrikan secara keseluruhan.

#### VI. REFERENSI

- [1] Christiono, M., Widiyantoro, B. (2020, December 2). Analisis Kemampuan Minyak Isolasi Transformator Daya Merek Unindo Dengan Pengujian Dissolved Gas Analysis dan Breakdown Voltage di Gardu Induk Serpong.
- [2] Demmassabu, A. R., Patras, L. S., Lisi, F. (2014). ANALISA KEGAGALAN TRANSFORMATOR DAYA BERDASARKAN HASIL UJI DGA DENGAN METODE TDCG, KEY GAS, ROGER'S RATIO, DUVAL'S TRIANGLE PADA GARDU INDUK, 6.
- [3] Electrical Maintenance Transformer Maintenance & Testing (November 6 2003)

- [4] Fict 3 – 30 Transformer Maintenance Facilities Instruction Standard and Techniques. (October, 2000). United States Department of the Interior Bureau of Reclamation Denver Colorado.
- [5] Gibeault, JP (1997). On-line Monitoring of Key Fault Gasses In Transformer Oil.
- [6] IEC.1999.International Standard-Mineral Oil-impregnated Electrical Equipment In Service.IEC 60599
- [7] IEEE.2008.International Standard – Guide for the Interpretation of Gases Generated in Oil Immersed Transformers.IEEE C57.104.2008
- [8] Pardede, R. T. (2023, February). STUDI KONDISI MINYAK TRANSFORMATOR DAYA BERDASARKAN HASIL UJI DISSOLVED GAS ANALYSIS (DGA) DENGAN METODE TOTAL DISSOLVED COMBUSTIBLE GAS (TDCG) DAN METODE KEY GAS DI PT.INDONESIA POWER PLTU PANGKALAN SUSU.
- [9] Rusdjaja, T. (2014). Buku Pedoman Pemeliharaan Transformator Tegangan.
- [10] Shidiq, S., Sujatmiko, A., Paronda, A. H. (2019). Pengujian Dissolved Gas Analysis (DGA) Pada Trafo Tenaga 150/20kv 60mva Di Gardu Induk Tambun.
- [11] Siswanto, A., Rohman, A., Suprijadi, S., Baehaqi, M. (2022, March). ANALISIS KARAKTERISTIK MINYAK TRANSFORMATOR MENGGUNAKAN PENGUJIAN DISSOLVED GAS ANALYSIS (DGA) PADA IBT 1 GARDU INDUK.
- [12] Syakur, A., Lazuardi, W. (2019). Penerapan Metode Interpretasi Rasio Roger, Segitiga Duval, Breakdown Test, dan Water Content Test untuk Diagnosis Kelayakan Minyak Transformator
- [13] Winders, J., J. (2002). Power Transformers Principles and Applications.
- [14] Za'im, M. (2014, February). ANALISIS TRANSFORMATOR DAYA 3 FASA 150 KV/ 20 KV PADA GARDU INDUKUNGAN PLN DISTRIBUSI SEMARANG.

#### TENTANG PENULIS



Penulis Bernama Russell Abraham Rombejagung, anak kedua dari 3 bersaudara, lahir di Kota Manado, Sulawesi Utara, pada tanggal 14 Juni 2003. Jenjang pendidikan penulis dimulai dari Sekolah Dasar Katolik RK 13 Manado (2009 –

2015), kemudian melanjutkan Pendidikan di Sekolah Menengah Pertama Frater Don Bosco Manado (2015-2018), lalu melanjutkan Pendidikan di Sekolah Menengah Atas Rex Mundi Manado. Pada tahun 2021 penulis memulai Pendidikan di Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi Manado di Jurusan Teknik Elektro, dengan mengambil konsentrasi minat Teknik Tegangan Tinggi pada tahun 2023. Dalam menempuh Pendidikan, penulis telah melaksanakan Kerja Praktek di PT. PLN (Persero) UPT Manado selama 3 bulan, dan mengikuti Kuliah Kerja Terpadu (KKT) pada bulan November sampai bulan Desember pada KKT Posko Kayawu, Kecamatan Tomohon Barat, Kota Tomohon. Selama menempuh pendidikan penulis aktif terutama dalam kegiatan Himpunan Mahasiswa Elektro FT. UNSRAT.