



## Perbandingan Metode Roger's Ratio dan Metode Duval's Triangle Terhadap Kegagalan Transformator

**Julia Krisna<sup>1</sup>, Ike Bayusari<sup>2</sup>, Muhammad Abu Bakar Sidik<sup>\*3</sup>**

<sup>1,2,3</sup> Jurusan Teknik Elektro, Universitas Sriwijaya, Ogan Ilir, Sumatera Selatan, Indonesia

e-mail: <sup>\*3</sup>[abubakar@unsri.ac.id](mailto:abubakar@unsri.ac.id)

### **Abstrak**

Kualitas minyak transformator dapat diketahui dengan Dissolved Gas Analysis (DGA). Berdasarkan penelitian sebelumnya metode yang lebih unggul dalam menjawab kegagalan yang terjadi pada transformator adalah metode Roger's Ratio dan Duval's Triangle. Pada penelitian ini dilakukan perbandingan keefektifan dari kedua metode tersebut. Objek yang digunakan adalah tiga transformator yang berada gardu induk di Sumatera Selatan yaitu GI Simpang Tiga, GI Sekayu dan GI Seduduk Putih. Pada GI Simpang Tiga, metode Roger's Ratio dan metode Duval's Triangle sama-sama menjawab bahwa transformator tersebut mengalami kegagalan dengan jenis kegagalan Thermal Faults >700°C. Pada GI Sekayu, metode Roger's Ratio menjawab kegagalan yang terjadi pada transformator yaitu Thermal Faults >700°C saat pengujian pertama sedangkan pada pengujian kedua dan ketiga metode ini tidak bisa menjawab kegagalan pada transformator. Metode Duval's Triangle menjawab kegagalan yang terjadi pada transformator yaitu Thermal Faults >700°C pada pengujian pertama, sedangkan pada pengujian kedua dan ketiga mengalami kegagalan Discharges of Low Energy dan Mixtures of Thermal and Electrical. Pada GI Seduduk Putih, metode Roger's Ratio menjawab kegagalan yang terjadi yaitu Thermal Faults 300°C-700°C sedangkan metode Duval's Triangle menjawab kegagalan yang terjadi yaitu Thermal Faults <300°C. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, metode Duval's Triangle menjadi lebih efektif jika dibandingkan dengan metode Roger's Ratio.

**Kata kunci**—Duval's Triangle, Roger's Ratio, Kegagalan Transformator

### **Abstract**

To observe the quality of transformer oil DGA testing is required. In previous studies, the better method in identifying transformer failures were the Roger's Ratio and Duval's Triangle methods. This study discusses the effectiveness of the both methods. The transformers at three substations in South Sumatra, namely the GI Simpang Tiga, GI Sekayu, and GI Seduduk Putih have been observed. At GI Simpang Tiga, the Roger's Ratio method and Duval's Triangle method found the same transformer failure, namely Thermal Faults >700°C. At Sekayu GI, when the first test the Roger's Ratio method found the transformer failure was Thermal Faults >700°C while in the second and the third tests this method could not answer the transformer failure. The Duval's Triangle method, in the first test, found the failure of the transformer, namely Thermal Faults

>700°C while the second and the third tests have found that the transformer failures are because of Discharges of Low Energy and Mixtures of Thermal and Electrical. At GI Seduduk Putih, the Roger's Ratio method found the transformer failure, namely Thermal Faults 300°C-700°C while the Duval's Triangle method answered failures namely Thermal Faults <300°C. Based on the results analysis, the Duval's Triangle method was more effective than the Roger's Ratio method.

**Keywords**— Duval's Triangle, Roger's Ratio, Transformer Failure

## 1. PENDAHULUAN

Kehandalan sistem kelistrikan dapat dinilai dari durasi waktu pemadaman listrik. Salah satu peralatan penting dalam sistem kelistrikan yang harus dilakukan pemeliharaan secara berkelanjutan adalah transformator daya (selanjutnya akan disebut transformator saja). Dalam sistem distribusi tenaga listrik transformator digunakan untuk mengkonversi tingkat tegangan dengan frekuensi kerja yang sama (50 Hz/60 Hz) melalui prinsip rangkaian magnetik [1].

Akibat penggunaan transformator yang terus-menerus tentu akan berpengaruh kepada kualitas dan umur dari isolasi transformator. Salah satu jenis isolasi yang ada pada transformator distribusi adalah isolasi minyak. Kualitas minyak isolasi menjadi faktor penting dalam menjaga kehandalan suatu transformator.

Untuk mengetahui kualitas dari suatu minyak isolasi transformator yang sedang dioperasikan maka perlu dilakukan pengujian *Dissolved Gas Analysis (DGA)*. Dengan pengujian *DGA*, zat lain yang terlarut pada minyak isolasi transformator yang dapat mendegradasi fungsi isolasinya dapat diamati dan dilakukan tindakan pencegahan agar tidak mengganggu fungsi kerja suatu transformator.

Pada penelitian sebelumnya [2]–[4] mengenai hasil uji *DGA*, dari interpretasi data hasil uji *DGA* di tempat yang berbeda memperlihatkan bahwa metode *Roger's Ratio* dan *Duval's Triangle* adalah lebih unggul dari dua metode lainnya dalam memberikan jawaban atas penyebab tidak optimumnya fungsi isolasi yang ada pada transformator.

Pada daerah Sumatera Selatan terdapat sejumlah Gardu Induk (GI) PLN

yang membutuhkan dilakukannya pengujian *DGA*. Hal ini menuntut pemahaman yang komprehensif berkaitan dengan metode pengujian dan interpretasi data hasil pengujian *DGA* bagi kalangan yang lebih luas baik di sisi PLN maupun akademisi. Untuk memberikan tambahan ilmu pengetahuan dan wawasan maka perlu dilakukan perbandingan antara metode *Roger's Ratio* dan *Duval's Triangle* dalam menginterpretasikan kondisi isolasi transformator.

## 2. TRANSFORMATOR

Transformator merupakan suatu peralatan mesin listrik statis yang bekerja dengan prinsip elektromagnetik [1]. Apabila kumparan primer dialiri arus AC maka akan menimbulkan fluks magnetik yang nantinya mengalir pada inti besi yang terdapat dua belitan, dan belitan sekunder akan terinduksi oleh fluks magnetik sehingga ujung belitan sekunder akan mengalami beda potensial atau tegangan induksi. Sebuah transformator memiliki inti besi, belitan konduktor berisolasi, serta material-material dielektrik lainnya seperti kertas dan minyak.

Isolasi kertas berfungsi sebagai pemberi jarak dan memiliki kemampuan mekanis. Minyak isolasi pada transformator berfungsi sebagai media peredam panas dan penahan terjadinya tegangan tembus [1]. Secara umum minyak transformator terdiri dari senyawa-senyawa hidrokarbon dan non-hidrokarbon. Senyawa hidrokarbon utama minyak transformator adalah parafinik, naftenik, dan aromatik [2].

Dalam melakukan analisis terhadap kondisi minyak isolasi transformator maka data karakteristik transformator juga diperlukan. Tabel 1 menyajikan data yang

tertera pada *Nameplate* transformator yang dilakukan pengujian.

Tabel 1 Karakteristik Transformator

Nameplate	T1	T2	T3
UPT	Palembang	Palembang	Palembang
GI	Simpang Tiga	Sekayu	Seduduk Putih
No. Trafo	TD 2	TD 1	TD 2
Ratio Tegangan	150 kV/ 20 kV	150 kV/ 20 kV	70 kV / 20 kV
Kapasitas	60 MVA	30 MVA	30 MVA
No. Seri	P060LEC595	P030LEC687	301130050
Tahun Buat	2010	2012	2003

### 3. PENGUJIAN DGA

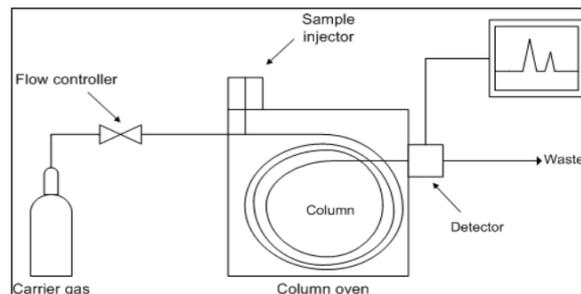
Salah satu teknik pemantauan kondisi transformator adalah dengan penggunaan analisis gas terlarut/*Dissolved Gas Analysis (DGA)*.

Kandungan gas dalam minyak transformator dapat dibedakan menjadi gas-gas yang mudah terbakar (*combustible gas*) dan gas-gas yang tidak mudah terbakar (*uncombustible gas*). Berikut merupakan sifat kandungan gas yang terdapat dalam minyak transformator [5].

Tabel 2 Gas yang Terlarut dalam Minyak Transformator [3]

Jenis Gas	Simbol	Sifat
Hydrogen	H <sub>2</sub>	<i>Combustible</i>
Oxygen	O <sub>2</sub>	<i>Noncombustible</i>
Nitrogen	N <sub>2</sub>	<i>Noncombustible</i>
Methane	CH <sub>4</sub>	<i>Combustible</i>
Carbon Monoxide	CO	<i>Combustible</i>
Carbon Dioxide	CO <sub>2</sub>	<i>Noncombustible</i>
Ethane	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	<i>Combustible</i>
Ethylene	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	<i>Combustible</i>
Acetylene	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	<i>Combustible</i>

Untuk dapat mengetahui tingkat kandungan gas yang ada pada minyak transformator dapat dilakukan dengan menggunakan metode *Gas Chromatography (GC)* sebagaimana yang diperlihatkan pada Gambar 1. Minyak transformator yang akan diuji dimasukkan ke dalam kolom melalui tempat injeksi sampel/sample injector. Dibagian akhir proses terdapat detektor hantaran panas/*Thermal Conductivity Detector (TCD)* yang dihubungkan dengan alat pencatat/recorder [4].



Gambar 1 Diagram rangkaian Gas Chromatography [1].

Pada penelitian ini untuk menganalisis kandungan gas pada minyak isolasi dapat digunakan beberapa metode yaitu *TDCG*, *Roger's Ratio* dan *Duval's Triangle* [5].

#### 3.1 Metode TDCG

Berdasarkan IEEE C57-104-2008 [6] terdapat batasan standar hasil pengujian DGA sebagai berikut:

Tabel 3 Konsentrasi Gas Terlarut [3]

Status	H <sub>2</sub> (ppm)	CH <sub>4</sub> (ppm)	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> (ppm)	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> (ppm)	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> (ppm)	CO (ppm)	CO <sub>2</sub> (ppm)	TDCG (ppm)
1	≤100	≤120	≤1	≤50	≤65	≤350	≤2500	≤720
2	101-700	121-400	2-9	51-100	66-100	351-570	2500-4000	721-1920
3	701-1800	401-1000	10-35	101-200	101-150	571-1400	4001-10000	1921-4630
4	>1800	>1000	>35	>200	>150	>1400	>10000	>4630

Pada metode ini untuk menentukan tindak lanjut pada transformator yang diuji dan periode pengambilan sampel minyak dapat ditinjau dari Tingkat *Total Dissolved Combustible Gas (TDCG)* [2][6].

Berdasarkan standart IEEE terdapat acuan dalam kondisi acuan kondisi acuan operasional transformator. Berikut merupakan klasifikasi 4 (empat) kondisi berdasarkan dari tingkat *TDCG* tersebut : (i) kondisi 1, *TDCG* pada kondisi ini mengindikasikan bahwa transformator beroperasi dalam keadaan normal; (ii) kondisi 2, *TDCG* pada kondisi ini mengindikasikan sedikit dekomposisi atau kerusakan dari sistem isolasi, sehingga berkemungkinan munculnya gangguan; (iii) kondisi 3, *TDCG* pada kondisi tersebut mengindikasikan kerusakan dari isolasi

kertas atau isolasi minyak transformator atau perburukan dalam tingkat tinggi. Gangguan-gangguan mungkin dapat terjadi sehingga perlu diperhatikan dan pemeliharaan lebih lanjut; (iv) kondisi 4, *TDCG* pada kondisi tersebut mengindikasikan adanya kegagalan dari isolasi kertas atau isolasi minyak transformator yang telah tersebar luas atau perburukan yang sangat tinggi. Penyebaran dan pembentukan gas tersebut harus segera diidentifikasi dan dilakukan perbaikan. Apabila transformator masih dioperasikan maka akan menimbulkan kerusakan transformator.

### 3.2 Metode Roger's Ration

Pada metode ini menggunakan nilai perbandingan dari  $C_2H_2/C_2H_4$ ,  $CH_4/H_2$  dan  $C_2H_4/C_2H_6$ . Terdapat batasan deteksi dalam penggunaan metode ini. Batasan deteksi dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4 Batasan deteksi *DGA* pada *Roger's Ratio* [7].

Gas	Detection Limit (ppm)
Hydrogen (H <sub>2</sub> )	5
Methane (CH <sub>4</sub> )	1
Acetylene (C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> )	1 to 2
Ethylene (C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> )	1
Ethane (C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> )	1
Carbon Monoxide (CO)	25
Carbon Dioxide (CO <sub>2</sub> )	25
Nitrogen (N <sub>2</sub> )	50
Oxygen (O <sub>2</sub> )	50

Setelah dilakukan perhitungan terhadap ketiga gas tersebut, selanjutnya akan dimasukkan dalam kode rasio yang dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5 Kode *Roger's Ratio* [2].

Rentang Kode Roger	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> /C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	CH <sub>4</sub> /H <sub>2</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> /C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>
<0,1	0	1	0
0,1 – 1	1	1	0
1 – 3	1	2	1
>3	2	2	2

Berdasarkan kode ini jenis kegagalan pada transformator dapat diidentifikasi seperti pada Tabel 6 [2], [5][7]. Dalam penggunaan metode ini,

terdapat beberapa hal yang harus diperhatikan yaitu sebagai berikut [7]: (i) Akan ada kecenderungan untuk rasio  $C_2H_2/C_2H_4$  meningkatkan dari 0.1 s.d >3 dan rasio  $C_2H_4/C_2H_6$  meningkat 1-3 s.d >3 akibat adanya peningkatan intensitas percikan. Sehingga kode awal akan menjadi 1 0 1; (ii) Gas yang muncul sebagian besar dihasilkan oleh proses dekomposisi kertas sehingga muncul angka 0 pada kode *Roger's Ratio*; (iii) Kondisi kegagalan ini terindikasi dari meningkatkan konsentrasi gas terlarut.  $CH_4/H_2$  normalnya bernilai 1, namun hal ini tergantung dari banyak faktor seperti kondisi konservator, selimut N<sub>2</sub>, suhu minyak dan kualitas minyak; (iv) Meningkatnya nilai  $C_2H_2$  (yang melebihi nilai standar) pada umumnya menandakan adanya *hot spot* dengan suhu lebih dari 700°C, sehingga menimbulkan percikan pada transformator. Jika  $C_2H_2$  terus meningkat, maka transformator harus segera diperbaiki. Apabila transformator tersebut tetap beroperasi maka akan membahayakan; (v) Transformator dengan *OLTC (On Load Tap Charger)* bisa saja menunjukkan 2 0 2 ataupun 1 0 2 tergantung jumlah pertukaran minyak atau tangki *tap charger* dan tangki utama.

Tabel 6 Jenis Gangguan pada Transformator [2].

Kasus	Jenis Kegagalan	Kode <i>Roger's Ratio</i>		
		C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> /C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	CH <sub>4</sub> /H <sub>2</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> /C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>
1	Tidak Ada Gangguan	0	0	0
2	Peluahan Sebagian dengan Energi Rendah ( <i>Low Energy Partial Discharge</i> )	1	1	0
3	Peluahan Sebagian dengan Energi Tinggi ( <i>High Energy Partial Discharge</i> )	1-2	1	1
4	Peluahan dengan Energi Rendah ( <i>Low Energy Discharge</i> )	1-2	0	1-2
5	Peluahan dengan Energi Tinggi ( <i>High</i>	1	0	2

	<i>Energy Discharge</i>			
6	Kegagalan Termal ( <i>Thermal Fault</i> > 150 °C)	0	0	1
7	Kegagalan Termal ( <i>Thermal Fault</i> 150 - 300 °C)	1	2	1
8	Kegagalan Termal ( <i>Thermal Fault</i> 300 - 700 °C)	0	2	0
9	Kegagalan Termal ( <i>Thermal Fault</i> >700 °C)	0	2	2

Dalam penggunaan metode Roger's Ratio biasanya diikuti juga dengan melihat perbandingan dari rasio CO<sub>2</sub>/CO. Rasio ini digunakan sebagai indikator dari dekomposisi termal pada isolasi selulosa. Tabel 7 memperlihatkan hubungan antara rasio dan indikasi kondisi transformator.

Tabel 7. Keterkaitan antara rasio CO<sub>2</sub>/CO dengan kondisi transformator

Rasio	Indikasi
7 < CO <sub>2</sub> /CO < 10	Kondisi transformator adalah dalam keadaan normal
CO <sub>2</sub> /CO > 10	Adanya kegagalan termal pada isolasi kertas pada belitan
CO <sub>2</sub> /CO < 3	Terjadinya kerusakan pada isolasi selulosa yang sangat parah serta meningkatnya <i>furan</i>

Jika H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, dan C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> meningkat secara signifikan serta ratio CO<sub>2</sub>/CO < 5 maka indikasi yang muncul yaitu suhu tinggi dan isolasi selulosa yang buruk.

### 3.3 Metode Duval's Triangle

*Duval's Triangle* atau disebut dengan segitiga duval yang merupakan metode dengan menggunakan grafik untuk mengidentifikasi kegagalan. *Duval's Triangle* menggunakan tiga sumbu sistem koordinat, yang mana konsentrasi CH<sub>4</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>, dan C<sub>2</sub>H<sub>2</sub> digunakan sebagai koordinat [8]. Salah satu syarat untuk memakai metode ini

adalah salah satu dari konsentrasi ketiga gas hidrokarbon (CH<sub>4</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>, dan C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>) tersebut harus berada pada diatas kondisi 3 pada metode *TDCG* atau melewati dari batas L1 seperti pada Tabel 8 [7].

Tabel 8. *Limits and Generation Rate per Month Limits* [7].

Gas	L1 Limits (ppm)	G1 Limits (ppm per month)	G2 Limits (ppm per month)
Hydrogen (H <sub>2</sub> )	100	10	50
Methane (CH <sub>4</sub> )	75	8	38
Acetylene (C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> )	3	3	3
Ethylene (C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> )	75	8	38
Ethane (C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> )	75	8	38
Carbon Monoxide (CO)	700	700	350
Carbon Dioxide (CO <sub>2</sub> )	7000	700	3500

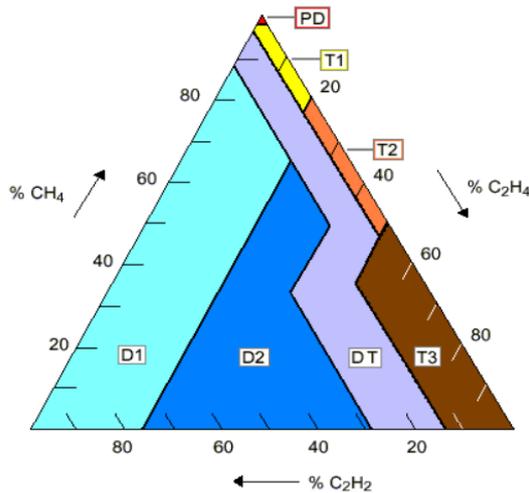
Metode *Duval's Triangle* menggunakan persentase yang diperoleh dari rumusan sebagai berikut [1]:

$$\% C_2H_2 = \frac{100 \cdot C_2H_2}{C_2H_2 + C_2H_4 + CH_4} \text{ ppm} \quad (1)$$

$$\% C_2H_4 = \frac{100 \cdot C_2H_4}{C_2H_2 + C_2H_4 + CH_4} \text{ ppm} \quad (2)$$

$$\% CH_4 = \frac{100 \cdot CH_4}{C_2H_2 + C_2H_4 + CH_4} \text{ ppm} \quad (3)$$

Setelah melakukan perhitungan dan mendapatkan hasil persentase dari ketiga gas maka selanjutnya nilai persentase ini menjadi titik koordinat dari tiap gas tersebut. pada segitiga seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Duval's Triangle [7]

3.4 Data Hasil Pengujian DGA

Tabel 9, 10 dan 11 memperlihatkan data hasil pengujian DGA pada tiga transformator GI yang berbeda di Sumatera Selatan.

Tabel 9 Hasil Uji DGA pada Transformator TD2 pada GI Sempang Tiga

Jenis Gas	Konsentrasi (ppm)				
	27/07/16	03/09/16	03/01/18	20/03/18	05/03/19
Hydrogen (H <sub>2</sub> )	81	0	0	375,5	0
Methane (CH <sub>4</sub> )	631	8	235	427,0	311,4
Acetylene (C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> )	2	0	0	0	374,2
Ethylene (C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> )	1.243	32	1.275	1.013,6	49,2
Ethane (C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> )	354	10	279	112,9	3,3
Carbon Monoxide (CO)	71	4	0	0	47,4
Carbon Dioxide (CO <sub>2</sub> )	2.236	94	3.207	1.799,0	939,3
TDCG	2.382	54	1.789	1.929,1	785,7

Tabel 10. Hasil Uji DGA pada Transformator TD 1 pada GI Sekayu

Jenis Gas	Konsentrasi (ppm)				
	12/12/18	05/03/19	08/03/19	23/05/19	11/07/19
Hydrogen (H <sub>2</sub> )	633,8	240,1	130,7	60	43
Methane (CH <sub>4</sub> )	1.464,0	1.293,1	1.071,6	189	179
Acetylene (C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> )	0	1.318,3	617,7	0	0
Ethylene (C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> )	3.131,5	343,6	1.353,6	233	233
Ethane (C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> )	618,3	0	0	62	59
Carbon Monoxide (CO)	0	538,1	381,73	158	203
Carbon Dioxide (CO <sub>2</sub> )	6.779,7	3.201,1	3.463,87	1.708	2.414
TDCG	5.847,7	3.733,4	3.555,6	702	717

Tabel 11. Hasil Uji DGA pada Transformator TD2 pada GI Seduduk Putih

Jenis Gas	Konsentrasi (ppm)							
	27/05/16	18/07/16	21/07/16	22/07/16	26/09/16	20/10/17	20/03/18	25/09/18
Hydrogen (H <sub>2</sub> )	0	0	37	0	0	0	0	0
Methane (CH <sub>4</sub> )	548	563	56	8	62	34	21,77	3.98,1
Acetylene (C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> )	0	0	0	0	0	0	0	0
Ethylene (C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> )	36	52	6	1	2	0	0	0
Ethane (C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> )	1.050	1.058	120	16	65	58	110,5	125
Carbon Monoxide (CO)	1.533	1.588	178	28	354	187	673,4	0
Carbon Dioxide (CO <sub>2</sub> )	17.060	17.697	2.086	323	3.739	1.1170	6.265,2	5.794,2
TDCG	3.167	3.261	397	53	483	279	805,8	523,1

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian uji DGA perlu diinterpretasikan dan selanjutnya dilakukan analisa.

##### 4.1 Interpretasi Data Menggunakan Metode TDCG sesuai IEEE std C57-104-2008

Interpretasi data dengan menggunakan TDCG tersebut belum bisa menjawab mengenai kegagalan yang terjadi pada transformator tersebut. Maka dari itu dilakukan tindakan lanjut untuk mengetahui kegagalan yang terjadi dengan interpretasi data hasil uji DGA dengan metode *Roger's Ratio* dan *Duval's Triangle*. Besar nilai kandungan gas-gas tersebut akan mempengaruhi kevalidan dari penggunaan kedua metode tersebut. Berdasarkan hasil uji DGA yang telah didapatkan seperti pada Tabel 9, 10 dan 11 diatas terdapat 7 data hasil uji DGA dengan TDCG yang berada pada kondisi 3 atau 4 yaitu GI Simpang Tiga pada pengujian 1 dan 4, pada GI Sekayu pada pengujian 1,2 dan 3 serta pada GI Seduduk Putih pada bagian pengujian 1 dan 2.

##### 4.2 Perbandingan Interpretasi Data Metode TDCG, *Roger's Ratio* dan *Duval's Triangle*

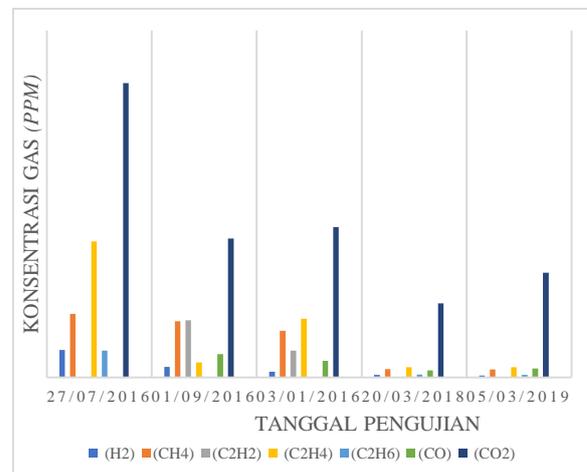
Berdasarkan data hasil penelitian yang ada, ternyata terdapat perbedaan jenis kegagalan transformator dari penggunaan ketiga metode tersebut.

##### 4.2.1 Transformator TD2 pada GI Simpang Tiga

Transformator TD2 pada GI Simpang Tiga mengalami gangguan pada transformator. Hal ini dapat dilihat dari tingginya kandungan gas  $C_2H_4$  pada pengujian pertama dan keempat pada Gambar 3. Sehingga TDCG berada pada kondisi tidak normal seperti pada Gambar 3.

Tingginya nilai TDCG pada transformator tersebut, maka perlu pengidentifikasian lebih lanjut mengenai jenis kegagalan yang terjadi. Jika dilihat dari rasio  $CO_2/CO$  pada pengujian pertama dan keempat menunjukkan nilai  $>10$ . Ini berarti mengindikasikan adanya kegagalan termal

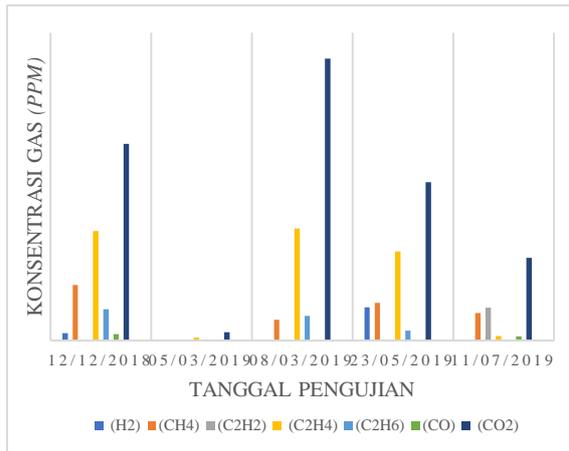
pada isolasi kertas di belitan. Dengan metode *Roger's Ratio* mengidentifikasi adanya gangguan *Thermal Faults*  $>700\text{ }^\circ\text{C}$  dan metode *Duval's Triangle* mengidentifikasi adanya gangguan *Thermal Faults*  $>700\text{ }^\circ\text{C}$ .



Gambar 3 Gas Terlarut pada Transformator di GI Simpang Tiga

##### 4.2.2 Transformator TD1 pada GI Sekayu

Transformator TD1 pada GI Sekayu mengalami kegagalan pada transformator. Hal ini dapat dilihat dari tingginya nilai kandungan gas  $C_2H_2$  pada pengujian kedua, nilai kandungan gas  $CH_4$  pada pengujian pertama dan ketiga serta nilai kandungan gas CO pada Gambar 4. Sehingga rasio  $CO_2/CO$  yang dihasilkan pada pengujian pertama yang menunjukkan nilai  $>10$  mengindikasikan adanya gangguan termal pada isolasi kertas di belitan sedangkan rasio  $CO_2/CO$  pada pengujian kedua dan ketiga yang berada diatas 7 menandakan bahwa perlunya pengawasan terhadap kertas isolasi tersebut.

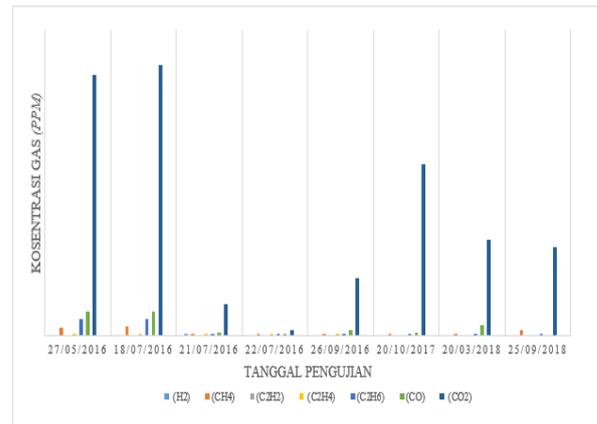


Gambar 4 Gas Terlarut pada Transformator di GI Sekayu

Dengan metode *Roger's Ratio* pada pengujian pertama mengidentifikasi adanya gangguan *Thermal Faults*  $>700^{\circ}\text{C}$ , pada pengujian kedua dan ketiga metode ini tidak dapat mengidentifikasi gangguan yang terjadi. Sedangkan dengan metode *Duval's Triangle* pada pengujian pertama mengidentifikasi adanya gangguan *Thermal Faults*  $>700^{\circ}\text{C}$ , pada pengujian kedua terjadinya gangguan *Discharges of Low Energy* dan pada pengujian ketiga terjadi gangguan *Mixtures of Thermal and Electrical*.

#### 4.2.3 Transformator TD2 pada GI Seduduk Putih

Pada transformator TD2 di GI Seduduk Putih mengalami kegagalan pada transformator. Hal ini dapat dilihat dari tingginya nilai kandungan gas  $\text{C}_2\text{H}_6$  serta nilai kandungan gas CO seperti pada Gambar 5. Berdasarkan rasio  $\text{CO}_2/\text{CO}$  yang bernilai  $>10$  yang mengindikasikan adanya kegagalan termal pada isolasi kertas di belitan.



Gambar 5 Gas Terlarut pada Transformator di GI Seduduk Putih

Dengan metode *Roger's Ratio* mengidentifikasi adanya gangguan *Thermal Faults*  $300^{\circ}\text{C}-700^{\circ}\text{C}$ . Sedangkan dengan metode *Duval's Triangle* mengidentifikasi adanya gangguan *Thermal Faults*  $<300^{\circ}\text{C}$ .

## 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan mengenai perbandingan metode *Roger's Ratio* dan metode *Duval's Triangle* terhadap kegagalan transformator di 3 (tiga) GI Sumatera Selatan.

Pada transformator yang ada di GI Simpang Tiga, metode *Roger's Ratio* dan metode *Duval's Triangle* sama-sama menjawab bahwa transformator tersebut mengalami kegagalan dengan jenis kegagalan *Thermal Faults*  $>700^{\circ}\text{C}$ .

Pada transformator yang ada di GI Sekayu, metode *Roger's Ratio* menjawab kegagalan yang terjadi pada transformator yaitu *Thermal Faults*  $>700^{\circ}\text{C}$  saat pengujian pertama sedangkan pada pengujian kedua dan ketiga metode ini tidak bisa menjawab kegagalan pada transformator. Metode *Duval's Triangle* menjawab kegagalan yang terjadi pada transformator yaitu *Thermal Faults*  $>700^{\circ}\text{C}$  pada pengujian pertama, sedangkan pada pengujian kedua dan ketiga mengalami kegagalan *Discharges of Low Energy* dan *Mixtures of Thermal and Electrical*.

Pada transformator di GI Seduduk Putih, metode *Roger's Ratio* menjawab kegagalan yang terjadi yaitu *Thermal Faults*  $300^{\circ}\text{C}-700^{\circ}\text{C}$  sedangkan metode *Duval's*

*Triangle* menjawab kegagalan yang terjadi yaitu *Thermal Faults* <300°C.

Berdasarkan interpretasi data yang telah dilakukan, metode *Duval's Triangle* menjadi lebih efektif jika dibandingkan dengan metode *Roger's Ratio*. Sebagaimana hasil pengujian pada transformator TD1 di GI Sekayu dengan pengujian kedua dan ketiga menghasilkan kode rasio yang tidak dapat menjawab kegagalan yang terjadi yaitu 2 2 2 dan 2 1 2.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada pihak PT. PLN (Persero) P3B Sumatera UPT Palembang, dosen, teman-teman, dan semua pihak yang telah banyak memberikan bantuan dalam penyelesaian penelitian ini.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] PT PLN (Persero), *Buku Pedoman Pemeliharaan: Transformator Tenaga*. 2014.
- [2] A. R. Demmassabu, L. S. Patras, and F. Lisi, "Analisa Kegagalan Transformator Daya Berdasarkan Hasil Uji DGA dengan Metode TDCG, Key Gas, Roger's Ratio, Duval's Triangle Pada Gardu Induk," *J. Tek. Elektro dan Komput.*, vol. 3, no. 4, pp. 47–56, 2014.
- [3] E. P. Raharjo, "Evaluasi Kandungan Gas (DGA) Dengan Metode Kromatografi Gas Terhadap Nilai Tegangan Tembus Arus Bolak-Balik Pada Minyak Jarak Yang Telah Melalui Proses Transesterifikasi Sebagai Alternatif Minyak Transformator," *Mikrotiga*, vol. 1, no. 3, pp. 23–31, 2014.
- [4] A. Chumaidy, "Analisis Kegagalan Minyak Isolasi pada Transformator Daya Berbasis Kandungan Gas Terlarut," *SAINTECH*, vol. 22, no. 1, pp. 41–54, 2012.
- [5] N. Zope, S. I. Ali, S. Padmanaban, M. S. Bhaskar, and L. Mihet-Popa, "Analysis of 132kV/33kV 15MVA power transformer dissolved gas using transport-X Kelman Kit through Duval's triangle and Roger's Ratio prediction," in *2018 IEEE International Conference on Industrial Technology (ICIT)*, 2018, pp. 1160–1164.
- [6] E. E. Engineers and I. S. Board, "IEEE Guide for the Interpretation of Gases Generated in Oil-Immersed Transformers," *IEEE Piscataway, NJ, USA*, 2009.
- [7] B. RECLAMATION, "Transformers: Basics, Maintenance and Diagnostics," *US Dep. Inter. Bur. Reclamation. Denver, Color. USA*, 2005.
- [8] S. N. Hettiwatte and H. A. Fonseka, "Analysis and interpretation of dissolved gases in transformer oil: A case study," in *2012 IEEE International Conference on Condition Monitoring and Diagnosis*, 2012, pp. 35–38.