

Metode Uji *Disolved Gas Analysis* Metode *Rogers Ratio* dengan Simulasi MATLAB

¹V. Budi Kartadinata, ²Michael Deni Perdana Putera,

³Marsellinus Bachtiar Wahju, ⁴*Karel Octavianus Bachri

^{1,2,4}Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik – Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya Jakarta

³Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknik – Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya Jakarta

*Email: karel.bachri@atmajaya.ac.id

ABSTRAK

Transformator atau Trafo adalah sebuah alat listrik statis yang berfungsi mentranfromasikan level tegangan dari tinggi ke rendah atau sebaliknya. Trafo dapat mengubah tegangan arus bolak-balik. Trafo sangat penting dalam kelangsungan listrik pada Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap (PLTGU) Kinerja Trafo harus semaksimal mungkin karena memiliki peranan vital pada pembangkitan listrik. Trafo yang kerja terus menerus jika sudah bertahun-tahun pasti kualitas dari Trafo akan menurun dan jika dibiarkan bisa menjadi rusak. Maka dari itu diperlukan perawatan dan pemeliharaan secara berkala serta penerapan pengujian pada trafo sehingga kinerjanya stabil. Ada beberapa metode yaitu: *Tan Delta*, *DFR*, *Insulation Resistance*, *Polarity Index*, *Winding Resistance*, *Turn Ratio*, *DGA*, *Furan Test*, *Degree Polymerization*, *SFRA*, *Insulation Resistance Tester*. Furan Test atau tes kertas isolator pada transformator. Dari cara tersebut, dapat diketahui apa yang harus dilakukan terhadap trafo tersebut, seperti memperbaikinya atau menggantinya dengan yang baru. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mensimulasikan jumlah gas dan kesalahan pada trafo dari kandungan gas yang didapat, dengan metode *Rogers Ratio*. Simulasi ini menggunakan aplikasi bernama MATLAB 2020. Jumlah gas yang berupa angka dari 0 sampai 5 dari 6 macam gas akan menampilkan beberapa macam fault dari Transformator. Pada simulasi ini akan menunjukkan fault dari transformator dari jumlah gas yang didapat.

Kata kunci: Analisis gas terlarut, Rogers ratio, Identifikasi gangguan

ABSTRACT

Transformer is an electronic device which transforms voltage level from high to low and vice versa. Transformers can convert alternating electricity current. Transformer is essential in order to keep continuity of electricity in Gas and Vapor Power Plant. Performance of the transformer must be as maximum as possible for the reason that it has vital contribution in power plants. Transformers that work uncontinuously in years will undergo quality degradation and breaks down while left unmaintained. Hence, preventive maintenance and testing of a transformer are needed to keep the stability of its performance. Some methods that can be used, including: Tan Delta, DFR, Insulation Resistance, Polarity Index, Winding Resistance, Turn Ratio, DGA, Furan Test, Degree Polymerization, SFRA, Insulation Resistance Tester. Furan Test or isolator sheet test to transformer. From the method as mentioned, efforts that can be done to transformer will be unrevealed, such as repairment or replacement. Purpose of this experiment is to simulate amount of gas and faults in a transformer from the ingredients of gases with Rogers Ratio method. This simulation is using an application called MATLAB 2020. The amount of gas which is shown by numbers from 0 to 5 from 6 kinds of gases will present several kinds of faults from transformer. This simulation will show faults from transformer from amount of gases produced.

Key word: Dissolved-Gas Analysis, Rogers Ratio, Fault Identification

1. PENDAHULUAN (INTRODUCTION)

Transformator atau Trafo adalah sebuah alat listrik statis yang berfungsi mentransformasikan level tegangan dari tinggi ke rendah atau sebaliknya. Trafo dapat mengubah tegangan arus bolak-balik. Trafo sangat penting dalam kelangsungan listrik pada Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap (PLTGU). Tegangan yang sangat besar karena menopang listrik Kinerja Trafo harus semaksimal mungkin karena memiliki peranan vital pada pembangkitan listrik. Trafo yang kerja terus menerus jika sudah bertahun-tahun pasti kualitas dari Trafo akan menurun dan jika dibiarkan bisa menjadi rusak. Maka dari itu diperlukan perawatan dan pemeliharaan secara berkala serta penerapan pengujian pada trafo sehingga kinerjanya stabil serta bisa meningkat dan melalui pengujian khusus bisa di tentukan *lifetime* dari Trafo serta bisa di ketahui karakteristiknya. Ada beberapa metode yaitu: *Tan Delta*, *DFR*, *Insulation Resistance*, *Polarity Index*, *Winding Resistance*, *Turn Ratio*, *DGA*, *Furan Test*, *Degree Polymerization*, *SFRA*, *Insulation Resistance Tester*. *Furan Test* atau tes kertas isolator pada transformator. Dari cara tersebut dapat diketahui apa yang harus dilakukan terhadap trafo tersebut, seperti memperbaikinya atau menggantinya dengan yang baru. Dari percobaan tersebut pula diketahui sisa *lifetime* dari sebuah transformator. Konsentrasi dari sebuah furan adalah indikator yang penting untuk evaluasi dari transformator dan mengetahui sisa umur dalam pemakaian transformator. Senyawa dari *furanic* merupakan produk dari kertas selulosa yang terendam minyak dan dapat berkolerasi dengan tingkatan polimerisasi. Perhitungan ini diusulkan sebagai alternatif furfural untuk mengetahui nilai umum pada kertas transformator dan estimasi umur yang diharapkan dan dapat memberikan manfaat untuk mengetahui penilaian kondisi pada transformator

Minyak pada transformator merupakan suatu material isolasi cair dengan viskositas (kekentalan) dan dengan kekuatan dielektrik Hasil dari uji *DisSolved Gas Analysis* (DGA) adalah data konsentrasi berbagai jenis *fault* gas yang nantinya akan dianalisis dan diolah untuk memperoleh informasi akan adanya indikasi kegagalan-kegagalan termal dan elektris pada

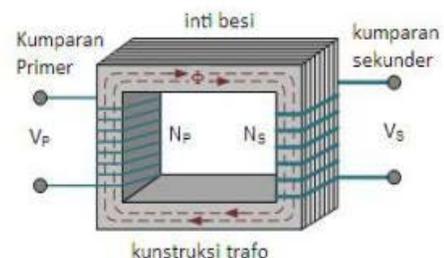
transformator. Dari jumlah gas *fault* yang didapat ini dapat diketahui persentase rata-rata umur dari sebuah transformator berdasarkan minyak pada transformator. Uji DGA Kromatografi gas yang digunakan saat pengujian adalah metode *stripping* yang mengacu pada standar “ASTM D3612-B”. Pengujian sampel dengan metode kromatografi gas akan menunjukkan kandungan gas hidrokarbon dalam satuan ppm (*part per million*). Hasil pengujian kemudian dianalisis dengan menggunakan enam metode yaitu: *Key Gas Method* (KGM), *Doernenburg Ratio Method* (DRM), *Rogers Ratio Method* (RRM), *IEC Ratio Method* (IRM), *Total Combustible Gas* (TDCG) IEEE C57 – 104 tahun 2008 dan *Duval Triangle Method* (DTM). Dari sini diketahui persentase *lifetime* dan *maintenance* berikutnya yang sebaiknya dilakukan.

2. DASAR TEORI

2.1. Transformator

Transformator merupakan bagian yang sangat penting dari sistem pembangkit listrik. Transformator berfungsi sebagai suatu alat yang mentransformasikan daya listrik dari rendah ke tinggi maupun sebaliknya. Transformator digunakan untuk memindahkan energi listrik pada rangkaian pembangkit dan listrik jaringan. Perubahan tegangan dilakukan dengan memanfaatkan prinsip induktansi elektromagnetik pada lilitan.

Bagian utama pada transformator terdiri dari inti besi, berfungsi untuk mempermudah jalan fluksi yang ditimbulkan oleh arus listrik yang melalui kumparan. Lalu ada kumparan transformator yang terdiri dari kumparan primer dan kumparan sekunder yang diisolasi baik terhadap inti besi. Kumparan tersebut sebagai alat transformasi tegangan dan arus.



Gambar 1. Rangkaian Transformator

VP = tegangan primer
 VS = tegangan sekunder
 NP = jumlah lilitan primer
 NS = jumlah lilitan sekunder

2.2. Sistem Pendingin

Ada beberapa jenis sistem pendingin yang dapat digunakan. Untuk transformator kecil cukup meradiasikan semua panas yang timbul pada tangki atau pelindung luar. Seiring dengan meningkatnya ukuran dan *rating* daya transformator, penambahan panas juga meningkat dengan kecepatan yang tidak bisa diimbangi oleh kemampuan tangki untuk menghilangkan panas, maka perlu ditambahkan peralatan lain seperti tabung atau radiator pada tangki. Transformator dengan *rating* daya yang lebih tinggi lagi, sangatlah tidak ekonomis jika hanya mengandalkan konveksi secara alami, sehingga perlu dilakukan proses konveksi panas dengan cara “dipaksakan” (*forced*). Proses ini dilakukan dengan menggunakan peralatan seperti pompa minyak, pompa air, dan kipas angin. Pemilihan ataupun penggabungan dari sistem pendingin dipengaruhi oleh *rating* daya, ukuran transformator dan kondisi lingkungan sekitar.

2.3. Minyak Transformator

Komponen utama lain pada transformator tenaga yaitu minyak isolasi. Minyak dalam transformator ini selain berfungsi sebagai isolasi, juga berfungsi sebagai pendingin. Salah satu material yang digunakan secara konvensional yaitu minyak mineral.

Minyak Transformator merupakan isolator dari sebuah transformator. Fungsi dari minyak tersebut sebagai pemisah dua penghantar atau lebih yang berdekatan untuk mencegah adanya kebocoran dan *short*, serta sebagai pelindung mekanis dari korosif atau *stressing*. Minyak isolator dalam transformator memiliki beberapa tugas yaitu:

- Media isolator
- Media Pendingin
- Alat pemadam busur api
- Pelindung dari korosif dan oksidasi

Minyak isolator memiliki syarat tertentu untuk menjadi minyak trafo yang berfungsi

dengan baik. Syarat tersebut harus di periksa terus-menerus. Syarat tersebut adalah:

1. Minyak Transformator harus jernih dan bersih. Karena jika tidak maka ada endapan didalam minyak tersebut
2. Massa Jenis minyak trafo pada temperature 15.56°C harus lebih rendah daripada air.
3. Memiliki tahanan mengalir dengan merata tanpa adanya gesekan pada trafo
4. Titik nyala sebuah minyak trafo harus tinggi karena saat bekerja akan menahan temperature yang tinggi.
5. Angka kenetralan akan menunjukkan perubahan kimia pada minyak trafo. Angka kenetralan merupakan pentunjuk minyak sudah harus diganti atau belum.
6. Titik tuang pada minyak trafo harus serendah mungkin, karena diharapkan minyak trafo dapat bekerja pada suhu yang sangat rendah dibawah *temperature* normal.
7. Stabilitas oksidasi pada minyak trafo harus tinggi untuk meminimalisir kerusakan dari oksidasi.
8. Kandungan air pada minyak trafo harus serendah mungkin karena dapat merusak trafo dan merusak kertas isolator pada trafo.
9. Tegangan tembus adalah kemampuan untuk menahan *electric stress*. Minyak isolator diharapkan memiliki nilai tegangan tembus yang tinggi.
10. Faktor kebocoran dielektrik harus serendah mungkin karena jika ada maka menunjukkan adanya kontaminasi atau ada kerusakan hasil oksidasi, jika nilai factor kebocoran dielektrik tinggi maka menunjukkan rendahnya tahanan jenis minyak.
11. Tahanan Jenis pada isolator cair harus lebih besar dari 10^9 W-m. Jika lebih rendah maka menunjukkan adanya zat pengotor yang bersifat konduktif.

2.3. Preventive Maintenance

Preventive Maintenance atau kadang disebut juga *Preventative Maintenance* adalah jenis Maintenance yang dilakukan untuk mencegah terjadinya kerusakan pada mesin selama operasi berlangsung. Contoh Preventive maintenance adalah melakukan penjadwalan untuk pengecekan (*inspection*) dan pembersihan (*cleaning*) atau pergantian suku cadang secara

rutin dan berkala. *Preventive Maintenance* terdiri dua jenis, yakni:

A. *Periodic Maintenance* (Perawatan berkala)

Periodic Maintenance ini diantaranya adalah perawatan berkala yang terjadwal dalam melakukan pembersihan mesin, Inspeksi mesin, meminyaki mesin dan juga pergantian suku cadang yang terjadwal untuk mencegah terjadi kerusakan mesin secara mendadak yang dapat mengganggu kelancaran produksi. *Periodic Maintenance* biasanya dilakukan dalam harian, mingguan, bulanan ataupun tahunan.

B. *Predictive Maintenance* (Perawatan Prediktif)

Predictive Maintenance adalah perawatan yang dilakukan untuk mengantisipasi kegagalan sebelum terjadi kerusakan total. *Predictive Maintenance* ini akan memprediksi kapan akan terjadinya kerusakan pada komponen tertentu pada mesin dengan cara melakukan analisis *trend* perilaku mesin/peralatan kerja. Berbeda dengan *Periodic maintenance* yang dilakukan berdasarkan waktu (*Time Based*), *Predictive Maintenance* lebih menitikberatkan pada kondisi mesin (*Condition Based*).

2.4. Metode Kromatografi Gas

Minyak mineral dan minyak ester yang akan digunakan dalam transformator, kemudian akan diuji kandungan gasnya. Untuk mengetahui kandungan gas dalam minyak tersebut, masing – masing minyak akan melewati proses uji kromatografi dengan metode kromatografi gas. Kromatografi gas merupakan suatu metode analisis gas dalam material cair.

Pada uji sekarang yang dilakukan hanya diambil *sample* dari minyak transformator. Karna jika mengambil kertasnya harus transformator dan inpeksi dalam. Minyak mineral pada transformator merupakan sebuah produk dari penyulingan minyak mentah yang berasal dari tambang. Minyak mineral ini memiliki ikatan kimia linear dengan struktur ikatan rantai kimia terbuka (misalnya *paraffinic*) atau siklik dengan struktur kimia tertutup (misalnya *cycloaliphatic* atau *aromatic*) dan mengandung senyawa hidrokarbon dengan unsur C (karbon) dan H (hidrogen). Sedangkan transformator harus

tetap bekerja jadi hanya diambil *sampling* minyak transformator saja. Indikasi yang diberikan dari kandungan gas di transformator berdasarkan suhu pada transformator. Jadi gas yang terbentuk di minyak transformator itu dikarenakan suhu tertentu. Uji DGA meliputi kandungan C_2H_2 (Asitelen), CH_4 (Metana), C_2H_6 (Etana), C_2H_4 (Etilana) , CO (Karbon monoksida), CO_2 (Karbon dioksida), O (Oksigen) dan H_2 (Hidrogen) pada minyak.

2.5. Metode Segitiga Duval

Metode ini pertama kali dikemukakan oleh Michael Duval dengan mengolah data hasil analisa gas ke dalam interpretasi gambar. Representasi gas ini diubah dalam bentuk konsentrasi per tiap persen. Metode ini menggunakan tabel rasio IEC dimana konsentrasi per tiap persen gas dibentuk dalam sumbu – sumbu segitiga. Beberapa gas yang dijadikan sumbu segitiga ini adalah metana, asitilen dan etilen.

2.6. Doernenburg Ratio Method (DRM)

Metode ini menggunakan konsentrasi gas untuk mengindikasikan adanya kegagalan dalam minyak transformator. Perbandingan molekul gas dalam rasio ini dibentuk menyerupai batas – batas rasio antara gas tertentu. Rasio gas – gas ini yaitu CH_4/H_2 , C_2H_2/CH_4 , C_2H_4 , C_2H_6/ C_2H_2 .

2.7. Metode Rogers Ratio

Dalam melakukan analisis kegagalan trafo dengan Metode Rasio Roger memiliki cara yang hampir sama dengan Metode *Doeneneburg*. Jika pada Rasio *Doernenburg* memiliki batasan level minimum, maka pada Rasio Roger tidak ada batasan tersebut. Selain itu gas yang digunakan untuk menghitung rasio juga berbeda.

Tabel 1. Jenis *Fault* Trafo

C ₂ H ₂	CH ₄	C ₂ H ₄	Characteristic Fault
C ₂ H ₄	H ₂	C ₂ H ₆	
<0,1	>0,1 <1	<0,1	No Fault
<0,1 But not significant	<0,1	<1	Partial Discharge Low Density
>1	>0,1	>1	Partial Discharge High Density
<3	>0,1 <1	>3	Discharge of Low
>3	>0,1 <1	>3	Discharge of High
<0,1	>0,1 <1	<3	Thermal fault <150°C
<0,1	<3	<1	Thermal fault <150°C – 300°C
<0,1	<3	>1	Thermal fault <300°C – 700°C
<0,1	>3	>3	Thermal fault >700°C

Perbedaan dari percobaan DGA *Dornenberg* dan *Rogers* adalah, jika pada *Dornenberg* gangguan *electric* lebih detail, sedangkan gangguan *thermal* tidak detail. Sedangkan *Rogers* gangguan pada *thermal* lebih detail.

3. Perancangan Simulasi

3.1. Software Simulasi

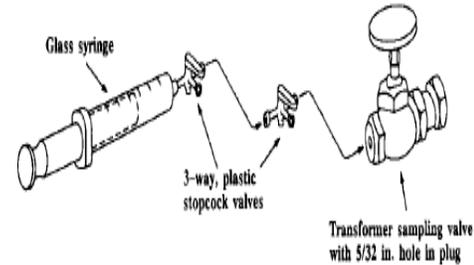
Metode Uji Dissolved Gas Analysis Metode *Rogers Ratio* Dengan Simulasi *MATLAB* pada Tugas Akhir ini akan disimulasikan menggunakan software *MATLAB 2020*.

3.2. Skenario Simulasi

Pada tugas akhir ini akan mensimulasikan program *fuzzy logic*, untuk mengetahui kondisi dari sebuah minyak transformator. Dari data

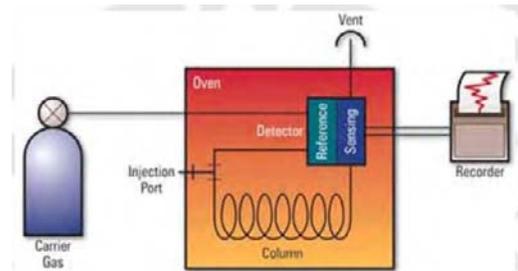
yang diperoleh dari PLN akan dijadikan ratio perhitungan untuk *rules* dari *fuzzy logic*.

Langkah pertama dalam uji minyak adalah pengambilan *sample* minyak transformator.



Gambar 2. Langkah Pengambilan Minyak.

Langkah kedua mengirim sample ke laboratorium untuk dilakukan pengujian DGA (*Dissolved Gas Analysis*). Caranya adalah mengekstrak *fault* gas yang terlarut pada minyak trafo, yaitu metode *Gas Chromatograph*.



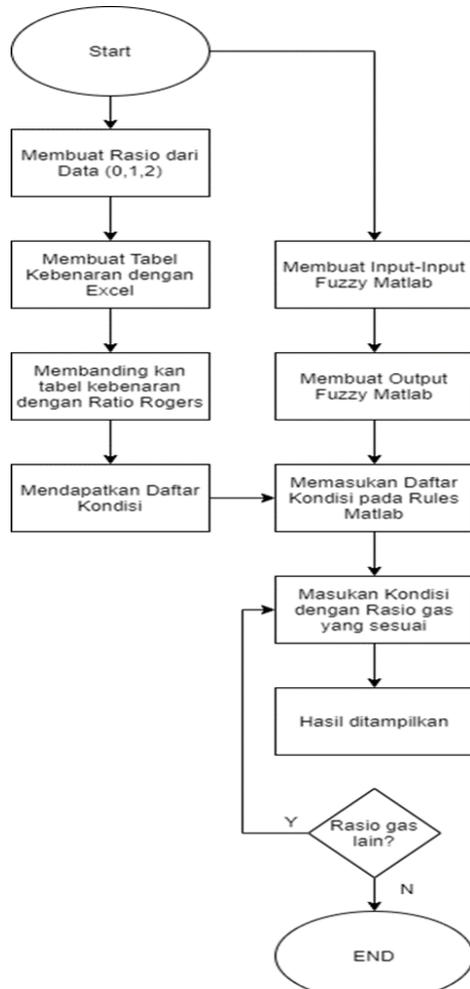
Gambar 3. Diagram Kerja *Gas Chromatograph*

Lalu didapat jumlah gas dalam satuan ppm (Part per mili). Hasil yang didapat seperti berikut:

H2	CH4	C2H6	C2H4	C2H2
32930	2397	157	0	0
37800	1740	249	8	8
92600	10200	0	0	0
8266	1061	22	0	0
9340	995	60	6	7
36036	4704	554	5	10
33046	619	58	2	0
40280	1069	1060	1	1
26788	18342	2111	27	0
6454	2313	121	2159	6432
2177	1049	207	440	705
1790	580	321	336	619
1330	10	20	66	182
4	1	2	7	52
1900	285	31	957	7730
57	24	2	27	30
1000	500	1	400	500
8	0	0	43	101
10092	5399	530	6500	37565
650	81	170	51	270
210	22	6	6	7

Gambar 4. Jumlah Gas

Jumlah gas di atas merupakan hasil yang diperoleh dari proses *Gas Chromatograph*. Metode tersebut tidak dilakukan oleh penulis tapi dilakukan pekerja *professional*.



Gambar 5. Flow Chart Pengujian

4. Pengujian Simulasi

4.1. Simulasi

Simulasi pada Tugas Akhir ini akan mensimulasikan untuk menentukan jenis *fault* dari data gas yang diperoleh ke dalam program MATLAB. Jumlah gas yang diperoleh didapat dari data PLN pada sebuah transformator yang dimiliki.

Jumlah gas yang diperoleh berupa banyak angka hingga puluhan ribu, maka dari itu di rasiokan kedalam bilangan 0,1, dan 2

- 0 = rendah
- 1 = nilai tengah
- 2 = tinggi

Gas yang di ratio kan berupa gas H₂; CH₄; C₂H₆; C₂H₄; C₂H₂.

Langkah pertama dicari gas dengan jumlah paling besar. Memakai *Microsoft Excel* melakukan perhitungan gas di bagi 3 akan mendapat variable pertama (1) lalu hasilnya dikali 2 maka mendapat variabel kedua (2). Lalu di hitung menggunakan fungsi “if” dan jika lebih besar dari hasil bagi 3 maka hasilnya 1, sedangkan jika lebih kecil maka hasilnya 0.

Selanjutnya menghitung perbandingan nilai pada gas dengan variabel kedua (2) jika lebih besar maka 1 jika lebih kecil maka hasilnya 0.

	A	B	C	D	E
1		10533			
2		5266			
CO	3	CO			
313	4	313	0	0	0
56	5	56	0	0	0
6400	6	6400	0	1	1
107	7	107	0	0	0
60	8	60	0	0	0
6	9	6	0	0	0
51	10	51	0	0	0
1	11	1	0	0	0
704	12	704	0	0	0

Gambar 6. Rumus IF untuk Menentukan Ratio

Lalu menjumlah variabel 1 dan variabel 2. Maka hasilnya akan menunjukkan angka 0, 1, dan 2.

	B	C	D	E	F
		10533			
		5266			
		CO			
		313	0	0	0
		56	0	0	0
		6400	0	1	1
		107	0	0	0
		60	0	0	0

Gambar 7. Rumus Jumlah Variabel

Langkah tersebut dilakukan untuk gas H₂; CH₄; C₂H₆; C₂H₄; C₂H₂ untuk mendapat nilai rasionya.

Setelah seluruhnya didapat, maka Langkah selanjutnya membuat table kebenaran untuk menentukan condition. Gambar dibawah hanya beberapa contoh dari *rules condition* yang dibuat penulis. Jumlah keseluruhan adalah 243 *rules*. Ada 243 karena jumlah gas 5 dan jumlah ratio 3, maka 3^5 adalah 243.

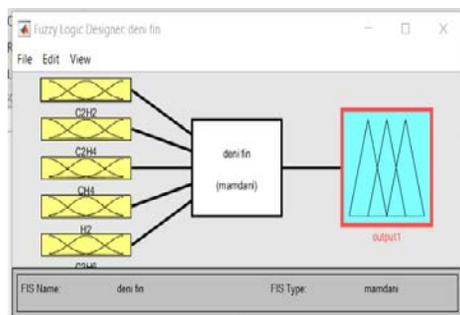
C2h2	c2h4	ch4	h2	c2h6	CO
0	0	0	0	0	0 C0
0	0	0	0	0	1 C1
0	0	0	0	0	2 C6
0	0	0	0	1	0 C0
0	0	0	0	1	1 C1
0	0	0	0	1	2 C5
0	0	0	0	2	0 C7
0	0	0	0	2	1 C7
0	0	0	0	2	2 C6
0	0	0	1	0	0 C0
0	0	0	1	0	1 C2
0	0	0	1	0	2 C5
0	0	0	1	1	0 C0
0	0	0	1	1	1 C1
0	0	0	1	1	2 C5
0	0	0	1	2	0 C3
0	0	0	1	2	1 C6
0	0	0	1	2	2 C6
0	0	0	2	0	1 C6
0	0	0	2	0	2 C5
0	0	0	2	1	0 C6
0	0	0	2	1	1 C6
0	0	0	2	1	2 C5
0	0	0	2	2	0 C3
0	0	0	2	2	1 C6
0	0	0	2	2	2 C5
0	1	0	0	0	0 C3
0	1	0	0	0	1 C2
0	1	0	0	0	2 C5
0	1	0	1	0	0 C0
0	1	0	1	1	1 C1
0	1	0	1	1	2 C5

Gambar 8. Tabel Kebenaran Condition

Dari gambar diatas terdapat beberapa condition yang dijadikan rules untuk MATLAB. Condition tersebut adalah:

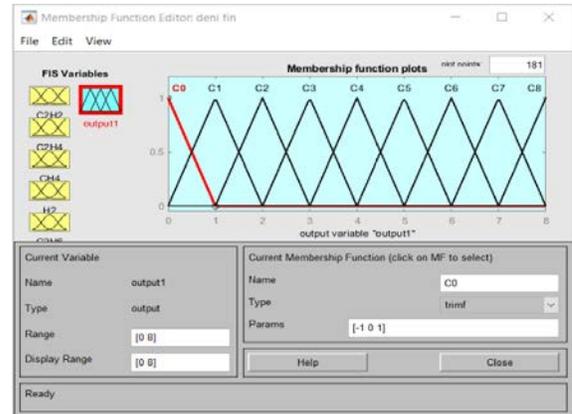
- C0 = No fault
- C1 = Partial Discharge Low density
- C2 = Partial Discharge High Density
- C3 = Discharge low energy
- C4 = Discharge high energy
- C5 = Thermal fault <math> < 150^{\circ}C </math>
- C6 = Thermal fault $150^{\circ}C - 300^{\circ}C$
- C7 = Thermal fault $300^{\circ}C - 700^{\circ}C$
- C8 = Thermal fault $> 700^{\circ}C$

Tahapan Selanjutnya adalah membuat *fuzzy logic* pada program MATLAB.



Gambar 9. Fuzzy Logic

Pada gambar di atas menunjukkan input berupa gas C_2H_2 , C_2H_4 , CH_4 , H_2 , C_2H_6 . Dan *output* berupa segitiga yang memiliki arti *condition*. Lalu membuat *membership function* pada *fuzzy logic* sebagai berikut.



Gambar 10. Membership Function

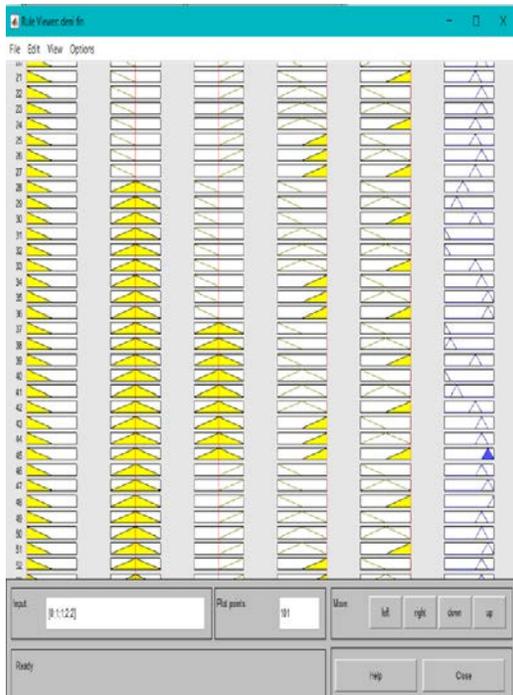
Pada *output* dibuat *membership* dengan kondisi yang dimiliki yaitu C0, C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7, dan C8. *Output* berbentuk segitiga itu menunjukkan masing-masing kondisi.

Lalu memasukan *rules* sesuai dengan *condition* yang sudah di dapatkan di excel.

Gambar 11. Rules MATLAB

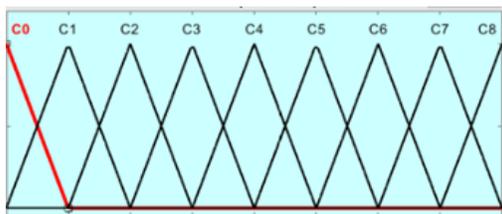
Gambar di atas menunjukkan contoh dari *rules* yang ada pada MATLAB, berupa angka *ratio* 0,1,1,2,2 dapat menunjukkan kondisi yang didapat dari pengujian tersebut dan memiliki *output* C7 (Condition 7).

Setelah daftar *rules* dimasukan kedalam *fuzzy* MATLAB maka dapat di *input* sesuai dengan ratio gas yang ingin dicek kondisinya. Lalu jika dibuka *Rule Viewer* akan muncul seperti berikut.



Gambar 12. Rule View Hasil

Gambar di atas merupakan contoh yang memiliki input 0,1,1,2,2 dan akan menghasilkan *output* gambar segitiga di kanan berwarna biru. Segitiga tersebut memiliki arti yaitu *condition 7*.



Gambar 13. Condition

Seperti gambar di atas bisa diurutkan macam kondisinya dari yang paling kanan adalah setengah segitiga berarti adalah C8 dan setengah segitiga paling kiri adalah C0. Jika ingin memasukan *input* lain pada gas tinggal mengubah angka saja pada input maka akan keluar *output* lain berupa gambar segitiga berwarna biru menandakan *output*-nya. Dari hasil percobaan simulasi ini hasil dapat

dibandingkan dengan data riil yang dimiliki sebuah perusahaan.

H2	CH4	C2H6	C2H4	C2H2	CO	PD	LE	HE	TL	TH
32930	2392	157	0	0	313	1	0	0	0	0
37800	1740	149	8	8	56	1	0	0	0	0
52600	10200	0	0	0	6400	1	0	0	0	0
8266	1061	22	0	0	107	1	0	0	0	0
9340	965	60	5	7	60	1	0	0	0	0
36056	4704	554	5	10	6	1	0	0	0	0
33046	659	58	2	0	51	1	0	0	0	0
40283	1069	1000	1	1	1	1	0	0	0	0
26788	18342	2318	27	0	704	1	0	0	0	0
6454	2353	121	2159	6432	3528	0	1	0	0	0
2177	1049	207	440	765	4371	0	1	0	0	0
1790	580	321	336	839	956	0	1	0	0	0
1330	10	20	66	182	231	0	1	0	0	0
4	1	2	7	52	93	0	1	0	0	0
1900	265	31	957	7730	681	0	1	0	0	0
57	24	2	27	30	540	0	1	0	0	0
1000	500	1	400	500	200	0	1	0	0	0
8	0	0	43	101	152	0	1	0	0	0
10092	5369	530	6500	37565	42	0	1	0	0	0
650	81	170	51	270	380	0	1	0	0	0
210	22	6	6	7	19	0	1	0	0	0

Gambar 14. Data Milik Perusahaan.

Hasil dari simulasi sudah dibandingkan dengan data riil ini. Misal pada baris pertama menunjukan H₂ sangat tinggi berjumlah 32930, CH₄ berukuran sedang sekitar 2000, C₂H₆ cukup rendah di 157 sedangkan C₂H₄ dan C₂H₂ 0 maka menunjukan *Partial discharge*. Jika kondisi tersebut dimasukan kedalam program MATLAB, maka input berupa 2.1.0.0,0.

2	0	2	2	2	C3
2	1	0	0	0	C2
2	1	0	0	0	C2
2	1	0	0	0	C3
2	1	0	1	0	C2

5. SIMPULAN

Berdasarkan perancangan simulasi dan pengujian sistem *fuzzy logic* untuk menentukan gangguan pada minyak transformator, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil uji dari satu pengujian saja menyebabkan *output* yang kurang akurat, pengujian minyak trafo harus diuji dengan 4 pengujian DGA supaya akurat dan hasilnya dibandingkan.
2. Hasil dari pengujian pada minyak trafo dengan metode *Rogers Ratio* mendapatkan hasil cukup akurat dengan data yang didapatkan namun tidak semuanya akurat.

6. DAFTAR PUSTAKA

[1] Citra Cahya Nurani. 2017. Analisis dan Teknik Interpretasi Perbandingan Dissolved Gas Analysis (DGA) Antara Minyak Mineral dan Minyak Ester Menggunakan

- [2] Metode Kromatografi Gas. Tugas Akhir. Universitas Lampung. Electrical and Electronics Engineers, Inc., 1978
- [3] Muhammad Faishal A. R., Karnoto, Tejo Sukmadi. 2011. Analisis Indikasi Kegagalan Transformator dengan Metode Dissolved Gas Analysis, (<http://ejournal.undip.ac.id/index.php/transmisi>)
- [4] Rahman Aziz Prasajo, Karunika Diwyacitta, Suwarno and Harry Gumilang. Transformer Paper Expected Life Estimation Using ANFIS Based on Oil Characteristics and Dissolved Gases (Case Study: Indonesian Transformers). 2017. School of Electrical Engineering and Informatics, Institut Teknologi Bandung, Bandung 40132, Indonesia.
- [5] Muhammad Faishal A. R. Makalah Seminar Kerja Praktek. Analisa Jenis Kegagalan Transformator Berdasarkan Hasil Uji DGA Dengan Metode Roger S Ratio PLTU Tambak Lorok. 2017. Universitas Diponegoro.
- [6] Anonymous. Pemeliharaan Trafo Distribusi. 2017. Mercuri Buana. (<http://docplayer.info/48548221>)
- [7] Cheim, Luiz. (2011). Furan Analysis for liquid power transformer. IEEE Electrical Insulation Magazine, pp 27(6):29-42.[7]
- [8] Rahmat Hardityo. Deteksi Analisis Indikasi Kegagalan Transformator Dengan Metode Analisis Gas Terlarut. Skripsi. 2007. Fakultas Teknik Universitas Indonesia
- [9] Anonymous. Mengenal Kondisi Minyak Trafo dengan Metode DGA (Disolved Analysis Gas). 2016. Materi Selama Sekolah.
- [10] Budi Kho. Jenis-jenis Maintenance (Perawatan) Mesin/Peralatan Kerja. October 10, 2018. (<https://ilmumanajemenindustri.com/jenis-maintenance-perawatan-mesin-peralatan-kerja/>)
- [11] Duval, Michael, Dissolved gas Analysis & DuvalTriangle. www.avo.co.nz/techpapers/2006-conference/2006Conference_Duval.pdf
- [12] IEEE Std, C57.12.80-1978, IEEE Standard Terminology for Power and Distribution Transformers. New York: Institute of