

Analisis Keadaan Minyak Transformator Menggunakan Metode Logika Fuzzy Berdasarkan Kadar Gas Terlarut

Raisah Anni¹, Asran^{*2}, Kartika³

^{1,2,3} Prodi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Malikussaleh
E-mail: raisah.180150077@mhs.unimal.ac.id¹, *asran@unimal.ac.id²,
kartika@unimal.ac.id³

Abstrak

Energi listrik konsumen secara berkelanjutan maka peralatan sistem kelistrikan harus dijaga agar dapat beroperasi secara optimal, salah satunya peralatan kelistrikan adalah transformator. Kelangsungan operasional transformator sangat tergantung dari umur dan kualitas isolasinya, salah satunya kualitas minyak transformator. Sebagai insulasi dan juga pendingin, maka perlu dilakukan perawatan transformator agar dapat beroperasi dengan normal tanpa adanya gangguan. Salah satu cara untuk mengetahui kondisi transformator adalah dengan mengamati kondisi minyak transformator. Pengamatan kondisi transformator dilakukan dengan salah satu cara yaitu pengujian kandungan gas pada minyak transformator, dimana pada saat pengujian kandungan gas pada minyak transformator dilakukan juga pengujian suhu pada minyak tersebut. Setelah pengujian dilakukan maka dilakukan diagnosis kondisi minyak transformator sebagai salah satu cara yang paling efektif dalam memantau kondisi transformator. Penggabungan sistem pakar dan fuzzy dalam mendiagnosis data analisis gas terlarut untuk mengidentifikasi kondisi transformator dibahas pada artikel ini.

Kata Kunci: Transformator, Fuzzy, Analisis Gas Terlarut, Minyak Transformator, Pendingin.

Abstract

To meet the electricity needs of consumers in a sustainable manner, electrical system equipment must be maintained so that it can operate optimally, one of which is electrical equipment is a transformer. The operational continuity of the transformer is highly dependent on the age and quality of its insulation, one of which is the quality of transformer oil. As insulation and also coolant, it is necessary to carry out transformer maintenance so that it can operate normally without any interference. One way to find out the condition of the transformer is to observe the condition of the transformer oil. Observation of transformer conditions is carried out in one way, namely testing the gas content of the transformer oil, where at the time of testing the gas content in the transformer oil, temperature testing of the oil is also carried out. After the test is carried out, a diagnosis of the condition of transformer oil is carried out as one of the most effective ways to monitor the condition of the transformer. The merger of expert and fuzzy systems in diagnosing dissolved gas analysis data to identify transformer conditions is discussed in this article.

Keywords : *Transformer, Fuzzy, Dissolved Gas Analysis, Transformer Oil, Cooling.*

PENDAHULUAN

Energi listrik merupakan Faktor penting untuk menunjang kehidupan masyarakat. Energi listrik berasal dari pembangkit-pembangkit yang disalurkan melalui saluran transmisi menuju gardu induk dimana pada gardu induk yang selanjutnya tegangan diturunkan untuk kebutuhan konsumen energi listrik. Transformator merupakan peralatan yang sangat penting dalam sistem tenaga listrik. Salah satu fungsi dari transformator yaitu untuk mengubah level tegangan dari satu level tegangan ke level tegangan yang lain. Pada transformator terdapat minyak transformator berfungsi sebagai media pendingin, yaitu untuk mengantisipasi kenaikan temperatur (suhu) pada transformator. Selama transformator beroperasi maka di dalam

minyak transformator akan mengalami beban berupa medan listrik dan juga beban thermal yang berasal baik dari belitan maupun inti trafo. Dengan tingkat pembebanan yang berbeda dapat menyebabkan timbulnya gas-gas terlarut yang berada dalam minyak transformator. Sebagian gas-gas yang timbul mempunyai sifat mudah terbakar (combustible). Apabila gas-gas tersebut melebihi batas daya larut pada minyak transformator maka akan menimbulkan gangguan pada transformator yang sedang beroperasi. Berdasarkan hal tersebut, penulis ingin membahas tentang pengukuran gas dan suhu pada minyak transformator.

METODE PENELITIAN

Parameter yang diukur adalah parameter pengujian yang digunakan untuk menganalisis kondisi minyak transformator. Parameter yang diukur terdiri dari kadar gas terlarut, pengujian suhu minyak transformator.

DGA (*Dissolved Gas Analysis*)

Analisis gas terlarut atau Dissolved Gas Analysis (DGA) ialah analisis kondisi transformator yang dilakukan berdasarkan jumlah gas terlarut di minyak transformator, menggunakan cara mengekstrak gas-gas tersebut dari suatu sampel minyak yang diambil dari transformator. Gas yang diekstrak kemudian dipisahkan berdasarkan individual gasnya serta dihitung jumlahnya pada satuan ppm (part per million). dari hasil uji DGA ini bisa menyampaikan informasi-informasi terkait akan kesehatan serta kualitas minyak transformator, bisa pula menyampaikan informasi-informasi terkait akan kesehatan serta kualitas kerja transformator secara keseluruhan. diketahui secara dini, tentang kegagalan di transformator yang mungkin ada. Langkah-langkah yang dilakukan pada pengujian DGA diantaranya pengambilan sampel uji, ekstraksi gas, interpretasi data serta pengambilan kesimpulan.

Status	Batas konsentrasi key gas terlarut (<i>Dissolved gas analysis</i>) { $\mu\text{L/L}$ (ppm)}							
	Hydrogen (H_2)	Metana (CH_4)	Asetilen (C_2H_2)	Etilen (C_2H_4)	Etana (C_2H_6)	Karbon Monoksida (CO)	Karbon dioksida (CO_2)	TDCG
1.	100	120	35	50	65	350	2500	720
2.	700	400	50	100	100	570	4000	1920
3.	1800	1000	80	200	150	1400	10000	4630
4.	>1800	>1000	>80	>200	>150	>1400	>10000	>4630

Gambar 1 Batas Konsentrasi Gas Terlarut dalam Satuan Part Per Million (ppm) Berdasarkan IEEE std. C57-104.1991

Pada kondisi 1, transformator beroperasi normal. tetapi, tetap perlu dilakukan pemantauan kondisi gas-gas tersebut.

Pada kondisi 2, taraf TDCG mulai tinggi. terdapat kemungkinan muncul tanda-tanda-tanda kegagalan yang wajib mulai diwaspadai. Perlu dilakukan pengambilan sampel minyak yang lebih rutin serta sering.

Pada kondisi 3, TDCG di taraf ini memberikan adanya dekomposisi berasal dari isolasi kertas serta/atau minyak transformator. Sebuah atau berbagai kegagalan mungkin saja telah terjadi. pada kondisi ini transformator sudah harus diwaspadai dan perlu perawatan lebih lanjut.

Pada kondisi 4, TDCG di taraf ini menunjukkan adanya dekomposisi/kerusakan pada isolator kertas serta/atau minyak trafo sudah meluas.

Pendekatan Penelitian

Jenis penelitian ini adalah eksperimen. sesuai dengan bentuknya, penelitian ini bertujuan guna melakukan pengkajian terhadap data-data teknis yang terjadi di transformator, yakni menganalisis keadaan minyak isolasi transformator menggunakan fuzzy logic. Penelitian

diawali dengan menelaah teori-teori relevan, sesuai fenomena konkret sehingga timbul sebab permasalahan.

Teknik Pengumpulan Data

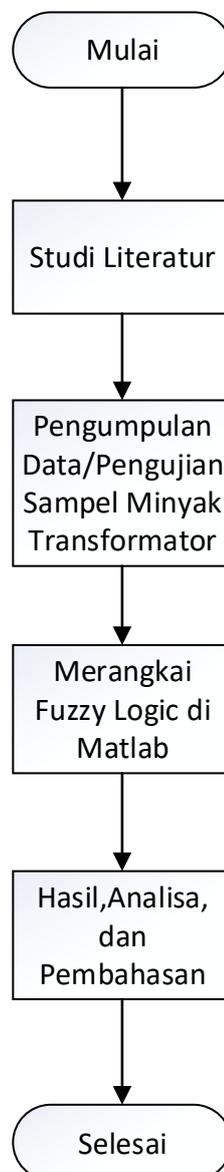
Teknik pengumpulan data adalah metode yang dipergunakan untuk mengumpulkan data pada suatu penelitian. pada penelitian ini penulis memakai 3 metode, sebagai berikut: 1) Metode pengujian yang dilakukan menggunakan menguji sampel minyak transformator. selanjutnya 2) Studi literatur, sebelum mengerjakan penelitian ini, peneliti mempelajari beberapa penelitian yang masih berhubungan. Selanjutnya peneliti memutuskan informasi-informasi yang dibutuhkan buat menjawab pertanyaan-pertanyaan yang sudah dirumuskan. sebagai bahan literatur peneliti mengkaji buku-buku manual dan jurnal-jurnal perihal minyak isolasi transformator.

Waktu Dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Jurusan Teknik Elektro, Universitas Malikussaleh, yang berlokasi di Bukit Indah Lhokseumawe.

Langkah-Langkah Penelitian

Langkah penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tahapan memulai penelitian hingga selesai. Diagram alir pengerjaan penelitian ditunjukkan pada Gambar 2.2



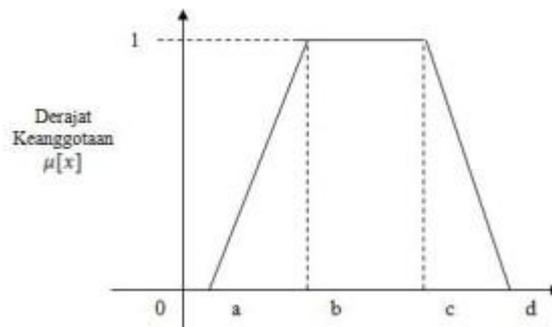
Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

Teknik Analisis Data

Analisis data pada penelitian ini menggunakan software MATLAB R2014a dengan mempelajari data dari berbagai sumber.

Fuzzy Logic

Fuzzy secara bahasa diartikan menjadi kabur atau samar-samar. Suatu nilai bisa bernilai besar atau keliru secara bersamaan. pada fuzzy dikenal derajat keanggotaan yang mempunyai rentang nilai 0 sampai 1. Tidak sama dengan himpunan tegas yang mempunyai nilai 1/0 (ya/tidak). Logika fuzzy ialah sesuatu logika yang mempunyai nilai kekaburan atau kesamaran (fuzziness) antara benar atau salah. Pada teori logika fuzzy suatu nilai bisa bernilai benar atau salah secara bersama. Tetapi berapa besar eksistensi serta kesalahan sesuatu tergantung di bobot keanggotaan yang dimilikinya. pada penelitian ini fuzzy logic digunakan untuk menganalisis data hasil uji DGA sebab metode fuzzy logic artinya metode yang cepat serta praktis dipahami pada penyelesaian penelitian untuk menganalisis data tersebut. logika fuzzy yang dibuat menggunakan input dari gas-gas yang simpel terbakar antara lain Hydrogen(H2), Methana (CH4), Karbon Monoksida (CO) untuk mendapatkan derajat keanggotaan setiap masukan gas di skripsi ini memakai fungsi keanggotaan kurva trapesium bisa dilihat gambar.



Gambar 3. Derajat Keanggotaan Fuzzy

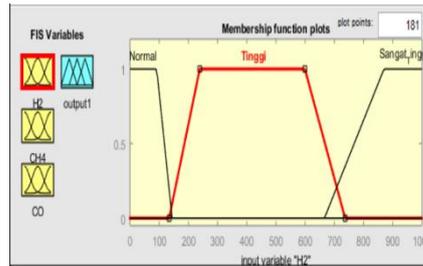
$$\begin{aligned}
 &0, & x \leq a \\
 &x, a, b, c, d & \begin{aligned} & \frac{(x-a)}{(b-a)} & a \leq x \leq b \\ & 1 & b \leq x \leq c \\ & \frac{(d-x)}{(d-c)} & c \leq x \leq d \\ & 0, & x \geq d \end{aligned}
 \end{aligned}$$

Dari Gambar 2 maka derajat persamaan keanggotaan untuk kurva trapesium dapat diselesaikan dengan persamaan yang di gambar:

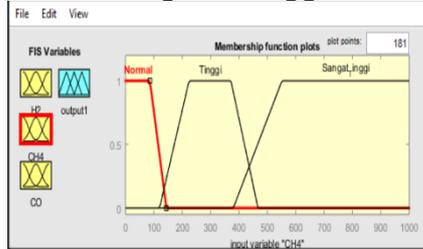
Keterangan:

- a: nilai domain terkecil yang mempunyai derajat keanggotaan nol
- b: nilai domain terkecil yang mempunyai derajat keanggotaan satu
- c: nilai domain terbesar yang mempunyai derajat keanggotaan satu
- d: nilai domain terbesar yang mempunyai derajat keanggotaan nol
- x: nilai input yang akan diubah ke dalam bilangan fuzzy

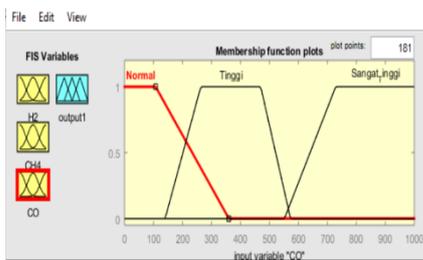
Dengan menggunakan persamaan tersebut dapat menentukan persamaan fungsi keanggotaan untuk kandungan gas, yaitu:



Gambar 4. Fungsi Keanggotaan Gas H2



Gambar 5. Fungsi Keanggotaan Gas CH4



Gambar 6. Fungsi Keanggotaan Gas CO

Dengan menggunakan persamaan 1 dapat dicari fungsi keanggotaan Hidrogen untuk ketiga variabel yaitu:

a. Hidrogen Normal

Derajat a dan b tidak diperhitungkan karena berada pada nilai negatif $c=80$ ppm; $d=100$ ppm, maka fungsi keanggotaan untuk Hidrogen normal adalah:

1. $\mu(x) = 1$ $b \leq x \leq c$
 $\mu_{normal}(x) = 1$ $0 \leq x \leq 90$ (2)
2. $\mu(x) = (d-x)/(d-c)$ $x \geq d$
 $\mu_{normal}(x) = (110-x)/(110-90)$ $90 \leq x \leq 110$
 $\mu_{normal}(x) = 5-0,05x$ $90 \leq x \leq 110$

Maka persamaan fungsi keanggotaan Nitrogen normal adalah sebagai berikut:

$$\mu_{normal}(x) = \begin{cases} 1 & 0 \leq x \leq 80 \\ -0,005x + 6 & 80 \leq x \leq 100 \end{cases}$$

b. Hidrogen tinggi Derajat $a=90$ ppm; $b=110$ ppm; $c=700$ ppm; dan $d=800$ ppm, maka fungsi keanggotaan dengan konsentrasi Hidrogen tinggi dapat diselesaikan dengan persamaan:

- 1) $\mu(x) = (x-a)/(b-a)$ $a \leq x \leq b$
 $\mu_{tinggi}(x) = (x-90)/(110-90)$ $90 \leq x \leq 110$
 $\mu_{tinggi}(x) = -4+0,05x$ $90 \leq x \leq 110$ (5)
- 2) $\mu(x) = 1$ $b \leq x \leq c$
 $\mu_{tinggi}(x) = 1$ $110 \leq x \leq 700$ (6)
- 3) $\mu(x) = (d-x)/(d-c)$ $x \leq d$
 $\mu_{tinggi}(x) = (800-x)/(800-700)$ $x \leq d$
 $\mu_{tinggi}(x) = 7-0,001x$ $700 \leq 800$ (7)

Maka persamaan fungsi keanggotaan Nitrogen tinggi adalah sebagai berikut :

$$\mu_{tinggi}(x) = \begin{cases} 0,05x - 4 & 90 \leq x \leq 110 \\ 1 & 110 \leq x \leq 700 \\ -0,001x + 7 & 700 \leq x \leq 800 \end{cases} \quad (8)$$

- c. Hidrogen sangat tinggi Derajat a=700 ppm; b=800 ppm; derajat c dan d tidak ditentukan karena >700 ppm sampai tak terhingga, maka fungsi keanggotaan dengan konsentrasi Hidrogen sangat tinggi diselesaikan dengan persamaan di bawah ini:

$$\begin{aligned} 1) \mu(x) &= \frac{x-a}{b-a} & a \leq x \leq b \\ \mu_{sangat\ tinggi}(x) &= \frac{x-700}{800-700} & a \leq x \leq b \\ \mu_{sangat\ tinggi}(x) &= 0,01x-6 & 700 \leq x \leq 800 \end{aligned} \quad (9)$$

$$\begin{aligned} 2) \mu(x) &= 1 & b \leq x \leq c \\ \mu_{sangat\ tinggi}(x) &= 1 & x \geq 800 \end{aligned} \quad (10)$$

Maka persamaan fungsi keanggotaan Hidrogen sangat tinggi sebagai berikut: $\mu_{sangat\ tinggi}(x) = \begin{cases} 0,01x-6 & 700 \leq x \leq 800 \\ 1 & x \geq 800 \end{cases}$

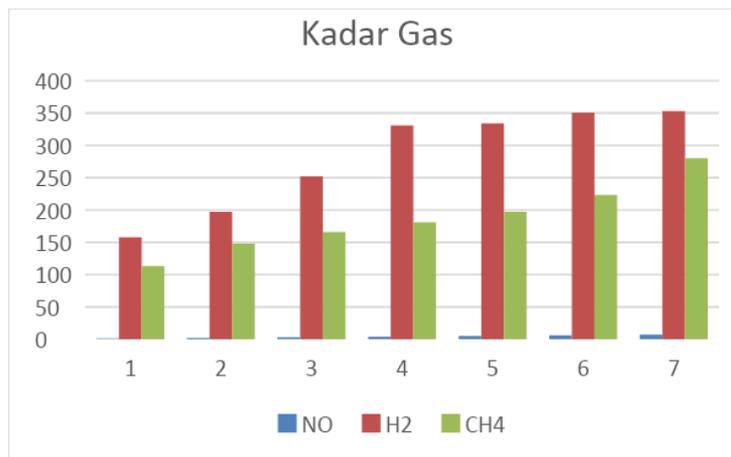
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembahasan terhadap hasil penelitian dan pengujian yang diperoleh tersaji dalam bentuk uraian teoritik, baik secara kualitatif maupun kuantitatif. Tentang implementasi hasil serta pengujian analisis gas terlarut dari metode TDCG, serta penerapan sistem fuzzy yang artinya proses asal hasil perancangan software, lalu membandingkan beberapa metode tersebut, untuk dijadikan acuan pengambilan keputusan yang paling tepat untuk langkah pemeliharaan transformator tersebut. Penerapan ini dilakukan untuk menganalisis hasil uji data gas terlarut, di metode fuzzy merupakan untuk mengetahui kondisi transformator baik kondisi thermal cellulose, thermal oil, juga discharge, sedangkan di sistem ahli yaitu TDCG, Gas Kunci, IEC, Dornenburg, Rogers dan Duval merupakan untuk pembandingan atau referensi tambahan dalam mendeteksi gangguan electrical fault serta thermal fault.

Table 1 Data Kadar Gas Minyak Transformator

NO	H2	CH4	CO
1	158	113	22
2	197	148	23
3	252	166	24
4	331	181	27
5	334	197	28
6	351	223	29
7	353	280	30

Dari tabel diatas diketahui kadar gas hidrogen berada pada keadaan normal hingga tinggi, metana normal hingga tinggi, karbon monoksida normal, sesuai dengan standar minyak isolasi pada Tabel Standar kandungan gas sesuai dengan IEEE C57.104 2008.



Grafik 1 Grafik Kadar Gas Pada Minyak Transformator

Berdasarkan Tabel 1 dan Grafik didapatkan 3 perbandingan sebagai berikut :

1. Perbandingan dengan action based TDCG nilai akurasi simulasi didapatkan melalui :
Akurasi=Jumlah hasil simulasi yang benar Total Simulasix100%
 $=77 \times 100\% = 100\%$
Berdasarkan perhitungan di atas nilai akurasi perbandingan fuzzy logic dengan action based TDCG didapatkan nilai 100%.
2. Perbandingan dengan Analisa CO2/CO nilai akurasi simulasi didapatkan dari persamaan 12 yaitu:
Akurasi=Jumlah hasil simulasi yang benar Total Simulasix100%
 $=77 \times 100\% = 100\%$
Berdasarkan perhitungan di atas nilai akurasi perbandingan fuzzy logic dengan Analisa CO2/CO didapatkan nilai 100%.
3. Perbandingan dengan Doernenburg nilai akurasi simulasi didapatkan dari persamaan 12 yaitu:
Akurasi=Jumlah hasil simulasi yang benar Total Simulasix100%
 $=77 \times 100\% = 100\%$

Dari grafik diatas diketahui kadar gas hidrogen, metana, karbon monoksida mengalami kenaikan dari keadaan normal hingga tinggi.

SIMPULAN

Dari hasil analisis yang dilakukan menunjukkan bahwa rata-rata kandungan gas terlarut berada pada keadaan normal hingga tinggi. Dari hasil penelitian ini maka dapat disimpulkan bahwa: Sistem Pakar Fuzzy lebih efektif dalam mendiagnosis kegagalan transformator dan dapat implementasikan pada instansi yang membutuhkan dan akan sangat membantu dalam menganalisis DGA, sehingga dapat diperoleh hasil yang lebih optimal, dan dapat segera diambil langkah pencegahan sedini mungkin.

DAFTAR PUSTAKA

- Yulisusianto, G., Suyono, H., & Nurhasanah, R. (2014). Diagnosis kondisi transformator berbasis analisis gas terlarut menggunakan metode sistem pakar fuzzy. *Jurnal eccis*, 9(1), 1-6.
- Setiawan, G. I. (2013). Analisis Kondisi Minyak Transformator. Berdasarkan Uji Parameter Utama.
- ANGGARA, M. A. (2015). Pengaruh Kenaikan Temperatur Dan Umur Minyak Transformator Terhadap Degradasi Tegangan Tembus Minyak Main Transformer 500KV 800MVA di PLTU PAITON UNIT 9 (Doctoral dissertation, Universitas Gadjah Mada).
- IEEE Power & Energy Society. 2008. IEEE Guide For the Interpretation Of Gases. Generated in Oilimmersed Transformer. Revision of IEEE Std C57.104-1991. New York.

- Mardiyanto, D. C. ANALISIS KEADAAN MINYAK ISOLASI TRANSFORMATOR DAYA MENGGUNAKAN METODE FUZZY LOGIC BERDASARKAN DATA DISSOLVED GAS ANALYSIS (DGA).
- Junaidi, A. (2008). PENGARUH PERUBAHAN SUHU TERHADAP TEGANGAN TEMBUS PADA BAHAN ISOLASI CAIR. *TEKNOIN*, 13(2).
- 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), 30-42.
- Misto, M., & Haryono, H. (2019). ANALISIS GAS TERLARUT PADA MINYAK ISOLASI SEBAGAI INDIKATOR KEGAGALAN TRANSFORMATOR DAYA DENGAN METODE DISSOLVED GAS ANALYSIS. *JURNAL TEKNIK ELEKTRO DAN KOMPUTASI (ELKOM)*, 1(2), 99-112.
- Amalia, D., & Murdiya, F. *ANALISA GAS TERLARUT PADA MINYAK TRANSFORMATOR DAYA 150 KV DENGAN MENGGUNAKAN METODE DUVAL PENTAGON* (DOCTORAL DISSERTATION, RIAU UNIVERSITY).