

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

Rahmad Tarmizi Pardede, Ezwarsyah, Kartika, Asran

Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Malikussaleh Lhokseumawe, Muara Satu, Aceh Utara, Aceh, Indonesia

E-mail :rahmad.190150010@mhs.unimal.ac.id

Abstrak— Transformator adalah salah satu komponen tenaga listrik yang sangat vital dalam penyaluran energi listrik, untuk itu keandalan dan pengoperasiannya harus tetap dijaga agar proses penyaluran energi listrik berjalan dengan baik. Salah satu bagian paling kritis pada transformator adalah isolasi transformator tersebut dan salah satu isolasi tersebut adalah minyak transformator. Diperlukan pengujian minyak isolasi dengan mengukur parameter gas terlarut untuk mengetahui gangguan yang terjadi pada minyak transformator. Pengujian ini dikenal dengan nama DGA (*Dissolved Gas Analysis*) untuk mengetahui indikasi gangguan dapat dilakukan dengan menggunakan metode interpretasi TDCG (*Total Dissolved Combustible Gas*) dan metode *Key Gas*. Hasil analisa menggunakan dua metode ini untuk menentukan tindakan perbaikan sesuai dengan kondisi minyak transformator. Pada tanggal 31 Agustus 2023 dilakukan pengujian DGA (*Dissolved Gas Analysis*) pada transformator unit 2 dan unit 3. Hasil TDCG (*Total Dissolved Combustible Gas*) unit 2 562 ppm dan dalam kondisi 1 dengan interpretasi bahwa transformator dapat beroperasi dengan normal, tapi harus waspada kenaikan suhu minyak transformator. Hasil TDCG (*Total Dissolved Combustible Gas*) unit 3 122 ppm dalam kondisi 1 dengan interpretasi bahwa transformator dapat beroperasi dengan normal tapi harus waspada kenaikan suhu minyak transformator. Metode TDCG (*Total Dissolved Combustible Gas*) adalah penjumlahan gas terlarut atau fault gas. Metode *key gas* adalah mendeteksi kegagalan pada minyak transformator. Untuk menjaga kualitas minyak transformator di PT. Indonesia Power PLTU Pangkalan Susu dilakukan pengujian rutin 3 bulan sekali.

Keywords— *Transformator, DGA (Dissolved Gas Analysis), TDCG (Total Dissolved Combustible Gas) dan Key Gas.*

I. PENDAHULUAN

Transformator merupakan komponen tenaga listrik yang sangat vital dalam penyaluran energi listrik, untuk itu keandalannya dalam pengoperasiannya harus tetap dijaga agar proses penyaluran energi listrik berjalan dengan baik. Dalam penyaluran energi listrik yang memiliki peranan sangat vital, yaitu transformator. Transformator dapat mentransformasikan energi listrik dari suatu rangkaian listrik ke rangkaian listrik lainnya dari gandengan magnet berdasarkan induksi prinsip magnet. Secara umum

transformator digunakan untuk mengubah energi listrik dari satu level tegangan ke level tegangan lainnya. Salah satu bagian paling kritis pada transformator yaitu isolasi minyak transformator. Kondisi isolasi minyak transformator juga belum tentu baik, karena dalam minyak transformator tersebut banyak terkontaminasi udara luar dan kandungan air. Jika dalam kondisi tersebut, minyak transformator dimasukkan ke dalam transformator dan dioperasikan, maka akan terjadi kegagalan isolasi dan penuaan isolasi transformator yang disebabkan minyak transformator yang buruk.[1]

Minyak transformator selain sebagai media isolasi juga sebagai media pendingin pada transformator. Selama transformator beroperasi maka minyak transformator di dalamnya akan mengalami pembebanan berupa beban elektrik dan beban termal yang berasal dari belitan maupun inti transformator. Beban elektrik dan termal ini dapat menyebabkan adanya gas-gas terlarut pada minyak transformator. Gas-gas dalam minyak transformator dapat menimbulkan indikasi gangguan dan menyebabkan penurunan kualitas isolasi pada minyak transformator. Untuk itu di perlukan pengujian mengenai minyak isolasi dengan mengukur parameter gas terlarut untuk mengetahui kemungkinan gangguan yang terjadi pada transformator. Pengujian ini dikenal dengan nama Dissolved Gas Analysis (DGA) [2] pengujian ini bertujuan untuk mengetahui indikasi gangguan dapat dilakukan dengan menggunakan metode interpretasi TDCG (*Total Dissolved Combustible Gas*), Roger Ration, Key Gas dan Segitiga Duval.[3]

II. DASAR TEORI

Transformator daya dapat didefinisikan sebagai sebuah transformator yang digunakan untuk memindahkan energi listrik yang terletak di berbagai bagian dari rangkaian listrik antara generator dengan rangkaian primer dari sistem distribusi.[4]



Gambar 2. 1 Transformator

Transformator merupakan suatu alat listrik yang mengubah tegangan arus bolak balik dari satu tingkat ke tingkat yang lain melalui suatu gandengan magnet dan berdasarkan prinsip-prinsip induksi electromagnet. Untuk menjaga kehandalan operasi transformator tenaga diperlukan pemeliharaan yang sesuai prosedur dilakukan secara berkala maupun berdasarkan kondisi realtime.[5] Transformator memerlukan isolasi cair sebagai bahan pengisolasian bagian-bagian dari transformator, seperti isolasi antra belitan, belitan inti dan belitan dengan badan transformator. Isolator merupakan suatu sifat bahan yang mampu untuk memisahkan dua buah penghantar atau lebih yang berdekatan untuk mencegah adanya kebocoran arus /hubungan singkat, maupun sebagai pelindung mekanis dari kerusakan yang diakibatkan oleh krosif atau stressing. Disamping itu juga, minyak isolasi berfungsi sebagai pendingin atau menyalurkan panas ke srip-srip Transformator, minyak isolator yang dipergunakan dalam transformator daya mempunyai tugas utama, yaitu media isolator, media pendingin, media/alat untuk memadamkan busur api, dan perlindungan terhadap korosi dan oksidasi. [6] Minyak transformator merupakan bahan isolasi cair, minyak ini secara luas digunakan sebagai bahan dielektrik pada berbagai peralatan tenaga seperti transformator, circuit breaker, switchgear, kabel daya, dsb. Sebagai bahan dielektrik minyak transformator dapat berfungsi ganda. Fungsi utama adalah sebagai media isolasi diantara bagian-bagian yang mengandung beda potensial agar tidak terjadi lompatan listrik (tash-over) atau percikan api (spark-over) dan fungsi lainnya sebagai media pendingin pada transformator, kabel daya, atau sebagai media pemadam busur api pada circuit breaker.[7]



Gambar 2.2 Minyak Transformator

III. ANALISA DAN PEMBAHASAN

Dissoved Gas Analysis (DGA) adalah salah satu pengujian minyak pada transformator yang bertujuan untuk

mengetahui gas-gas terlarut dalam minyak transformator yang umumnya gas tersebut tidak dapat terdeteksi pada pengujian minyak. Pemantauan gas-gas terlarut bertujuan untuk mengetahui jenis kegagalan pada minyak transformator, dan mencegah transformator terbakar akibat gas-gas mudah terbakar.[8] Gas yang berada dalam transformator dapat berfungsi sebagai penanda untuk berbagai jenis kegagalan.[7] Pengujian kandungan gas terlarut yang dilakukan di PT. Indonesia Power PLTU Pangkalan Susu, menggunakan alat yang digunakan dalam pengambilan minyak trasformator yaitu syringe, oli flusing dan botol sampel. Sesudah pengambilan sampel minyak transformator, selanjutnya diujikan dengan alat uji DGA (*Dissolved Gas Analysis*). Pertama hidupkan alat uji DGA (*Dissolved Gas Analysis*) kemudian menginjeksi sampel minyak dedalam botol sampel kemudian kita lakukan pengujian. Waktu pengujian minyak transformator di PT. Indonesia Power PLTU Pangkalan Susu kurang lebih satu jam sekali pengujian minyak transformator. Sampai dapat hasil pengujiannya kemudian hasil pengujiannya bisa diprint. Kemudian hasil pengujian minyak trnsformator bisa kita analisa bagaimana keadaan minyak trnsformator tersebut. Sehingga bisa dilakukan pemeliharaan rutin untuk menjaga kinerja pengoperasian minyak transformator.

Hasil Data Pengujian DGA (*Dissolved Gas Analysis*) Transformator GT Unit 2

No	Tanggal Uji	H2 Ppm	CO2 ppm	CO Ppm	C2H4 Ppm	C2H6 ppm	CH4 ppm	C2H2 ppm	Hasil Uji TDCG ppm	Status Minyak Transformator
1	23 Sep 2015	3,00	754	168	2,00	9,00	4,00	1,50	187	K.1
2	6 Jan 2016	3,00	696	143	21,00	8,00	4,00	1,00	179	K.1
3	30 Mar 2016	3,00	819	157	13,00	8,00	2,00	0,50	183	K.1
4	13 Mar 2017	3,00	861	155	28,00	27,00	7,00	1,00	219	K.1
5	9 Jun 2017	3,00	1122	281	6,00	2,00	13,00	0,05	304	K.1
6	28 Sep 2018	3,00	1199	216	1,00	36,00	13,00	1,50	269	K.1
7	19 Dec 2018	3,00	1385	421	17,00	6,00	10,00	1,00	458	K.1
8	28 Jul 2019	5,00	202	13,00	11,00	6,00	3,00	0,50	34,00	K.1
9	11 Sep 2019	5,00	536	52,00	9,00	6,00	2,00	0,50	70,00	K.1
10	14 Feb 2020	3,00	1318	238	6,00	4,00	6,00	0,50	245	K.1
11	3 Jun 2020	5,00	1638	326	15,00	6,00	4,00	0,05	352	K.1
12	20 Jan 2021	5,00	1608	384	9,00	1,00	11,00	1,00	408	K.1
13	3 Jun 2021	5,00	1182	383	4,00	14,00	2,00	0,00	406	K.1
14	9 Feb 2022	5,00	1957	519	5,00	1,00	6,00	0,50	532	K.1
15	2 Jun 2022	5,00	1985	551	4,00	8,00	6,00	0,50	571	K.1
16	1 Feb 2023	5,00	2291	563	6,00	3,00	11,00	0,50	584	K.1
17	31 Aug 2023	8,00	2303	533	5,00	7,00	7,00	0,50	562	K.1

Dari hasil pengujian gas terlarut pada transformator unit 2, dapat dilihat hasil pengujian minyak transformator dengan alat uji DGA (*Dissolved Gas Analysis*). Pengujian dilakukan dari tanggal 23 September 2015 sampe 31 Agustus 2023. Dapat dilihat data-data hasil pengujian minyak transformator tanggal 31 Agustus 2023 yaitu H2 (8.00), CO2 (2303), CO (533), C2H4 (5.00), C2H6 (7.00) CH4 (7.00), C2H2 (0.50). Data yang digunakan merupakan data keluaran dari alat uji *Morgan Schaffer*. Hasil pengujian minyak transformator yang diujikan pada tanggal 31 Agustus 2023 dalam kondisi 1 dengan intepretasi bahwa transformator dapat beroperasi dengan normal. Kondisi gas terlarut yang diujikan mengindikasi bahwa operasi transformator memuaskan dan tetap melakukan pemantauan kandungan gas terlarut pada transformator. Akan tetapi nilai

dari CO harus diwaspadai guna untuk mencegah *breakdown* pada transformator.

Hasil Data Pengujian DGA (Dissolved Gas Analysis) Transformator GT Unit 3

No	Tanggal Uji	H2 Ppm	CO2 ppm	CO Ppm	C2H4 Ppm	C2H6 ppm	CH4 ppm	C2H2 ppm	Hasil Uji TDCG ppm	Status Minyak Transformator
1	23 Sep 2015	3,00	754	168	2,00	9,00	4,00	1,50	187	K.1
2	6 Jan 2016	3,00	696	143	21,00	8,00	4,00	1,00	179	K.1
3	30 Mar 2016	3,00	819	157	13,00	8,00	2,00	0,50	183	K.1
4	13 Mar 2017	3,00	861	155	28,00	27,00	7,00	1,00	219	K.1
5	9 Jun 2017	3,00	1122	281	6,00	2,00	13,00	0,05	304	K.1
6	28 Sep 2018	3,00	1199	216	1,00	36,00	13,00	1,50	269	K.1
7	19 Dec 2018	3,00	1385	421	17,00	6,00	10,00	1,00	458	K.1
8	28 Jul 2019	5,00	202	13,00	11,00	6,00	3,00	0,50	34,00	K.1
9	1 Sep 2019	5,00	536	52,00	9,00	6,00	2,00	0,50	70,00	K.1
10	14 Feb 2020	3,00	1318	238	6,00	4,00	6,00	0,50	245	K.1
11	3 Jun 2020	5,00	1638	326	15,00	6,00	4,00	0,05	352	K.1
12	20 Jan 2021	5,00	1608	384	9,00	1,00	11,00	1,00	408	K.1
13	3 Jun 2021	5,00	1182	383	4,00	14,00	2,00	0,00	4,06	K.1
14	9 Feb 2022	5,00	1957	519	5,00	1,00	6,00	0,50	532	K.1
15	2 Jun 2022	5,00	1985	551	4,00	8,00	6,00	0,50	571	K.1
16	1 Feb 2023	5,00	2291	563	6,00	3,00	11,00	0,50	584	K.1
17	31 Aug 2023	8,00	2303	533	5,00	7,00	7,00	0,50	562	K.1

Dari hasil pengujian gas terlarut pada transformator unit 3, dapat dilihat hasil pengujian DGA (*Dissolved Gas Analysis*), hasil pengujian minyak transformator yang diujikan mulai tanggal 2 Februari 2022 sampai 31 Agustus 2023. sehingga kita bisa menganalisa bagaimana keadaan dari minyak transformator unit 3 di PT. Indonesia Power PLTU Pangkalan Susu. Dapat dilihat data-data hasil pengujian minyak transformator tanggal 31 Agustus 2023 yaitu H2 (8,00), CO2 (2303), CO (533), C2H4 (5,00), C2H6 (7,00) CH4 (7,00), C2H2 (0,50). Data yang digunakan merupakan data keluaran dari alat uji *Morgan Schaffer*. Pengujian dilakukan dari tanggal 23 September 2015 sampe 31 Agustus 2023. Hasil pengujian minyak transformator yang diujikan pada tanggal 31 Agustus 2023 dalam kondisi 1 dengan intepretasi bahwa transformator dapat beroperasi dengan normal. Kondisi gas terlarut yang diujikan mengindikasi bahwa operasi transformator memuaskan dan tetap melakukan pemantauan kandungan gas terlarut pada transformator. Akan tetapi nilai dari CO harus diwaspadai guna untuk mencegah *breakdown* pada transformator.

Jenis Kegagalan Menurut Analisa Key Gas

Key Gas	Kriteria	Diagnosis Gangguan
Asetilen (C2H2)	Konsentrasi gas C2H2 dan H2 dalam jumlah yang besar, disertai timbulnya gas CH4 dan C2H4 dalam jumlah kecil. CO dan CO2 juga dapat timbul jika terjadi dekomposisi pada selulosa.	Arching (Busur Api)
Hidrogen (H2)	Konsentrasi H2 dalam jumlah yang besar, CH4 tidak terlalu banyak, serta C2H6 dan C2H4 dalam jumlah kecil. CO dan CO2 juga dapat timbul jika terjadi dekomposisi pada selulosa.	Corona (PD)
Etilen (C2H4)	Konsentrasi C2H4 dalam jumlah sangat besar, C2H6 dan CH4 besar, H2 dalam jumlah kecil, dan serta sedikit konsentrasi CO.	Overheating Of oil

Karbon Monoksida (CO)	Konsentrasi CO dan CO2 dalam jumlah besar. Gas-gas hidrokarbon dapat juga timbul.	Overheating Of Cellulose
-----------------------	---	--------------------------

Mengetahui kriteria diagnosa metode Key Gas dapat dilihat pada tabel 4.5 diatas sesuai dengan gangguan yang terjadi didasarkan pada standar IEEE C57. 104 2008. Kemudian hasil pengujian minyak Transformator dilihat dari molekulnya:

- a. Hidrogen (H2) dalam jumlah kecil dengan 8,00 ppm
- b. Methane (CH4) dalam jumlah kecil dengan 7,00 ppm
- c. Acetylene (C2H2) dalam jumlah kecil dengan 0,05 ppm
- d. Ethylene (C2H4) dalam jumlah kecil dengan 5,00 ppm
- e. Ethane (C2H6) dalam jumlah kecil dengan 7,00 ppm
- f. Carbon Monoxide (CO) dalam jumlah sangat besar 533,00 ppm

Dengan hasil sampel yang diperoleh pada metode *Key Gas* ini maka diketahui besar kecilnya molekul yang diperoleh pada gangguan diagnose. Sehingga kita mengetahui jenis kegagalan yang terjadi pada transformator unit 2. Jenis gangguannya dapat kita lihat pada tabel 4.6 dibawah ini:

Tabel 4.1 Hasil Diagnosa Minyak Transformator Unit 2

Gas Kunci	Kriteria	Diagnosis Gangguan
Karbon Monoksida (CO)	Konsentrasi CO dan CO2 dalam jumlah besar. Gas-gas hidrokarbon dapat juga timbul.	Overheating Of Cellulose

Dari analisa tabel 4.6 diatas dikarenakan konsentrasi CO dan CO2 dalam jumlah besar dan gas-gas hidrokarbon dapat juga timbul.

Tabel 4.2 Hasil Diagnosa Minyak Transformator Unit 3

Gas Kunci	Kriteria	Diagnosis Gangguan
Karbon Monoksida (CO)	Konsentrasi CO dan CO2 dalam jumlah besar. Gas-gas hidrokarbon dapat juga timbul	Overheating Of Cellulose

Dari analisa tabel 4.7 diatas dikarenakan konsentrasi CO dan CO2 dalam jumlah besar dan gas-gas hidrokarbon dalam jumlah besar.

IV. KESIMPULAN

Dari hasil analisa mengenai *Dissolved Gas Analysis* (DGA) ini dapat diambil kesimpulan yaitu:

- 1. Pengujian minyak transformator dilakukan tiga bulan sekali, mulai dari unit 1, unit 2 unit 3 dan unit 4.
- 2. Dengan metode TDCG (Total Dissolved Combustible Gas) dapat diketahui jumlah konsentrasi gas mudah terbakar yang terlarut didalam sampel minyak transformator unit 2 berjumlah 562 ppm masih dalam kondisi 1 dengan intepretasi bahwa transformator dapat beroperasi dengan normal.
- 3. Dengan metode TDCG dapat diketahui jumlah konsentrasi gas mudah terbakar yang terlarut

- didalam sampel minyak Transformator unit 3 berjumlah 122 ppm masih dalam kondisi 1 dengan interpretasi bahwa transformator dapat beroperasi dengan normal.
4. Dengan metode *Key Gas* dapat diketahui minyak Transformator Unit 2 akan menyebabkan gangguan *overting of cellulose* (Kenaikan Suhu dari Senyawa Organik).
 5. Dengan metode *key gas* dapat diketahui minyak Transformator Unit 3 akan menyebabkan gangguan *overting of cellulose* (Kenaikan Suhu dari Senyawa Organik).
 6. Dari perbandingan pengujian minyak transformator unit 2 dan unit 3 sama memiliki kondisi minyak transformator yang bagus dengan interpretasi bahwa transformator dapat beroperasi dengan normal, karena perawatan yang dilakukan secara rutin. Dan dapat dilihat spesifikasi dari transformator, Tegangan Rendah: 15.750 V, Tegangan Tinggi: 275.000 V, Arus: 9.530,9 A, Kapasitas Daya: 260 MVA, dan Data Produksi Transformator Tahun: 2010

V. REFERENSI

- [1] F. A. F. Badaruddin, "Analisa minyak transformator pada transformator tiga fasa," *Jurnal Teknologi Elektro, Universitas Mercu Buana*, no. 1645, pp. 1–76, 2016.
- [2] R. Furqaranda, A. Bintoro, A. Asri, W. K. A. Al-Ani, and A. Shrestha, "Analysis Oil Condition of Transformer PT-8801-A by Using the Method TDCG, Rogers Ratio, Key Gas, and Duval Triangle: A Case Study at PT. Perta Arun Gas," *Journal of Renewable Energy, Electrical, and Computer Engineering*, vol. 2, no. 2, p. 47, Nov. 2022, doi: 10.29103/jreece.v2i2.8567.
- [3] A. Siswanto *et al.*, "ANALISIS KARAKTERISTIK MINYAK TRANSFORMATOR MENGGUNAKAN PENGUJIAN DISSOLVED GAS ANALYSIS (DGA) PADA IBT 1 GARDU INDUK," *ANALISIS KARAKTERISTIK MINYAK TRANSFORMATOR MENGGUNAKAN PENGUJIAN DISSOLVED GAS ANALYSIS (DGA) PADA IBT 1 GARDU INDUK Agus*, pp. 30–42, 2022.
- [4] M. F. A. R and T. Sukmadi, "Analisis Indikasi Kegagalan Transformator Dengan Metode Dissolved Gas Analysis," *2011 Makalah Seminar Tugas Akhir*, vol. 13, no. 3, pp. 95–102, 2011.
- [5] S. Shidiq, A. Sujatmiko, and A. H. Paronda, "Pengujian Dissolved Gas Analysis (DGA) Pada Trafo Tenaga 150 / 20kv 60mva Di Gardu Induk Tambun," vol. 7, no. 1, pp. 43–52, 2008.
- [6] P. L. Gardu, A. R. Demmassabu, S. Patras, F. Lisi, and J. T. E. Unsrat, "Analisa Kegagalan Transformator Dayaberdasar Hasil Uji Dga Dengan Metode Tdcg, Key Gas, Rogerâ€™s Ratio, Duvalâ€™s Triangle Pada Gardu Induk," *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer*, vol. 3, no. 4, pp. 47–56, 2014.
- [7] P. Prayitno, U. S. Serang, and B. Corresponding, "Diagnosis Minyak Isolasi pada Trafo dengan Metode Dissolved Gas Analysis (DGA)," *Asian Journal of Mechatronics, and Electrical Engineering (AJMEE)*, vol. 1, no. 1, pp. 47–52, 2022.
- [8] Y. Afrida and Fitriyono, "Analisa Kondisi Minyak Trafo Berdasarkan Hasil Uji Dissolved Gas Analisis Pada Trafo Daya #1 Di PT.PLN (PERSERO) GARDU INDUK KOTABUMI," *Electrician*, vol. 16, no. 3, pp. 355–358, 2022, doi: 10.23960/elc.v16n3.2408.