

Analisis Hasil Reklamasi Gas Terhadap Kondisi SF6 Kompartemen Bay Jatirangon GIS 150 KV Miniatur

¹Sigit Aprianto, ²Nurwijayanti K.N

^{1,2} Teknik Elektro, Universitas Dirgantara Marsekal Suryadarma, Jakarta Timur

E-mail : sigit.aprianto2319@gmail.com , nurwijayanti_kn@yahoo.com

ABSTRAK

SF6 ialah media utama isolasi yang memiliki peranan signifikan terhadap peralatan Gardu Induk. Dilakukan pengujian rutin guna memonitoring kondisi SF6 pada kompartemen GIS (Gas Insulated Switchgear). Tujuan penelitian ini adalah untuk membandingkan hasil pengujian dan hasil perhitungan standarisasi nilai moisture content dan penentuan nilai dew point pada suhu gas SF6 tertentu menggunakan acuan dari standar CIGRE 234. Metode yang digunakan adalah pengujian dan perhitungan terhadap 2 parameter pada SF6 yaitu, Moisture Content dan Dew Point yang mana dilakukan perbandingan antara hasil pengujian rutin dan perhitungan menggunakan acuan CIGRE 234.

Pada penelitian ini berhasil dilakukan analisis sehingga menghasilkan nilai pengujian terhadap parameter moisture content dan dew point yang ditentukan sesuai dengan standar CIGRE 234 serta melakukan perbaikan kembali pada parameter yang masih memiliki nilai dibawah standar dengan melakukan reklamasi gas SF6 sehingga mendapatkan nilai akhir setiap parameter yang diatas standar. dimana setelah dilakukan reklamasi gas SF6 dapat diketahui pada kompartemen sealing end nilai moisture content sudah berada pada kondisi ideal yaitu dengan nilai 395 ppmv dimana nilai standar sesuai dengan CIGRE 234 bernilai <468,93 nilai dew point setelah dilakukan reklamasi gas SF6 berada pada suhu -7°C dimana suhu tersebut sudah sesuai dengan standar CIGRE 234 yang bernilai <-5°C. Pada kompartemen CB juga berada pada kondisi ideal yaitu dengan nilai 239 ppmv dimana nilai standar sesuai dengan CIGRE 234 bernilai <445,43 ppmv dan nilai dew point setelah dilakukan reklamasi gas SF6 berada pada suhu -12,6°C.

Kata kunci: GIS, SF6, Moisture Content, Dew Point, Sealing End, Reklamasi

ABSTRACT

SF6 is the main isolation medium which has a significant role in substation equipment. Routine testing is carried out to monitor the condition of SF6 in the GIS (Gas Insulated Switchgear) compartment. The purpose of this research is to compare the test results and calculation results of the standardization of moisture content values and determining the dew point value at a certain SF6 gas temperature using references from the CIGRE 234 standard. The method used is testing and calculating 2 parameters in SF6, namely, Moisture Content and Dew The point at which a comparison is made between routine test results and calculations using the CIGRE 234 reference.

In this research, the analysis was successfully carried out to produce test values for the moisture content and dew point parameters determined in accordance with the CIGRE 234 standard and to make improvements to parameters that still had values below the standard by reclaiming SF6 gas to obtain a final value for each parameter that was above the standard. . where after reclamation of SF6 gas it can be seen that in the sealing end compartment the moisture content value is already in ideal conditions, namely with a value of 395 ppmv where the standard value according to CIGRE 234 is <468.93, the dew point value after reclamation of SF6 gas is at a temperature of -7 °C where the temperature is in accordance with the CIGRE 234 standard which is <-5°C. The CB compartment is also in ideal conditions, namely with a value of 239 ppmv where the standard value according to CIGRE 234 is <445.43 ppmv and the dew point value after SF6 gas reclamation is at a temperature of -12.6°C.

Keyword : GIS, SF6, Moisture Content, Dew Point, Sealing End, Reclaiming

1. PENDAHULUAN

Dalam sistem transmisi energi listrik yang sudah dibangkitkan pada pembangkit akan di kirimkan melalui Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) maupun Saluran Switchgear Udara Tegangan Ekstra Tinggi (SUTET) ke Gardu Induk (Syahputra, 2016). Berdasarkan media isolasinya Gardu Induk dibagi menjadi 2 yaitu Gardu Induk dengan media isolasi udara dan Gardu Induk dengan media isolasi SF6. *Gas Insulated Switchgear* atau biasa disebut dengan GIS, merupakan sebuah sistem penghubung maupun pemutus jaringan listrik yang memakai Gas SF6 bertekanan sebagai media isolasi elektrik dan pemadam busur api (Glaubitz et al., 2003). Rumusan masalah pada jurnal ini yaitu bagaimana analisis perhitungan standarisasi nilai *moisture content* dan nilai *dew point* pada suhu 20°C Gas SF6 kompartemen di bay penghantar Jatirangon GIS Miniatur berdasarkan standar CIGRE 234. Kemudian bagaimana menentukan kualitas kelayakan isolasi gas SF6 pada bay penghantar 150 kV Jatirangon GIS Miniatur serta menentukan apa yang harus dilaksanakan apabila hasil pengujian dari kualitas isolasi gas SF6 tidak sesuai dengan standar.

Tujuan penelitian ini adalah untuk membandingkan hasil pengujian dan hasil perhitungan standarisasi nilai *moisture content* dan penentuan nilai *dew point* pada suhu gas SF6 tertentu menggunakan acuan dari standar CIGRE 234. Kemudian untuk mengetahui kualitas gas SF6 dapat diketahui dengan melalui pengujian dengan parameter pengukuran yaitu prosentase *purity*, *moisture content*, *dew point*, *decomposition products*, dan *pressure* (Sewagetra & Fauziah, 2021). Pengujian Gas SF6 dilakukan rutin dan apabila ditemukan anomali pada kondisi gas SF6 di peralatan, maka dilakukan perbaikan seperti reklamasi atau penggantian gas SF6 tergantung hasil pengujian (Committee et al., 2013).

2. LANDASAN TEORI

Gas Insulated Switchgear merupakan sistem penghubung jaringan listrik serta pemutus yang terpasang di dalam sebuah metal enclosure dan dipisahkan oleh gas ber tekanan (Ihsan et al., 2022). Pada umumnya komponen di dalam GIS berisikan bahan Sulfur Heixafluoiridei (SF6) yang digunakan sebagai media isolasi. SF6 mempunyai properti elektronegatif yang berfungsi sebagai penghambat busur api yang ketika

melaksanakan operasi switchgear (Wulandari & Permata, 2023). Adapun karakteristik gas SF₆ memiliki sifat-sifat sebagai berikut :

- a. Gas SF₆ yang murni tidak memiliki sifat berwarna, tidak beracun, dan dapat memadamkan busur api (Winanti et al., 2022).
- b. Gas SF₆ memiliki kekuatan dielektrik yang tinggi, dengan nilai 2,35 kali dari udara. Semakin tinggi tekanan gas SF₆ maka akan semakin tinggi kekuatan dielektriknya (Harunanda & Fauziah, 2021).
- c. Dalam penggunaannya gas SF₆ juga dapat dikategorikan gas yang stabil, tidak mudah bereaksi dan memiliki viskositas yang rendah (Mukti, 2023).

Sebagai media isolasi utama dan selalu bekerja pada tegangan tinggi, Kinerja gas SF₆ harus selalu handal, agar mengetahui kondisi gas SF₆ selalu dalam kondisi baik harus dilakukan pengukuran dengan parameter terukur seperti *purity*, *moisture*, *dew point*, SO₂, dan *pressure* (Pambudi & Latifa, 2023). Pada kondisi normal pengukuran kualitas gas SF₆ dilaksanakan secara periodik setiap 2 tahunan, adapun pengukuran kualitas gas SF₆ dilakukan secara kondisional ketika ditemukan kondisi sebagai berikut:

- a. Kompartemen GIS ditemukan kebocoran
- b. Temuan pengujian rutin berupa kandungan *moisture* dan *dew point* buruk
- c. Ditemukan dekomposisi produk (SF₆)
- d. Pekerjaan menggunakan gas handling
- e. Adanya anomali atau ketidakserempakan kerja PMT dan anomali kerja mekanik PMS / PMS Tanah
- f. Kondisi setelah gangguan dengan arus gangguan yang cukup tinggi (PLN, 2024).

Kondisi diatas adalah kondisi yang dapat merubah kualitas dari gas SF₆, faktor seperti gangguan sistem,

kelembapan tinggi, dan usia pemakaian dapat memperburuk kondisi dari gas SF₆, maka dari itu salah satu tindakan preventif yang dilakukan yaitu pre asesmen rutin minimal 1 tahun sekali, dan apabila ditemukan peningkatan pemburukan hasil pengukuran, maka periode pengujian dipersingkat sampai dengan dilakukan tindak lanjut perbaikan. Hal tersebut dilakukan demi menjaga kemurnian dan kualitas gas SF₆ (Kurniawati et al., 2022). Apabila terjadi salah satu dari kondisi di atas, maka periode pengukuran kualitas gas SF₆ dipersingkat menyesuaikan trend yang terjadi (tahunan, 6 bulanan, 3 bulanan) (Prasojo et al., 2022).

SF₆ Analyzer merupakan alat yang berfungsi untuk mengetahui kondisi gas SF₆ yang ada dalam kompartemen apakah dalam kondisi baik atau tidak (Winanti et al., 2022). Alat ini dapat menguji keseluruhan parameter untuk mengetahui kondisi SF₆ seperti kemurnian (*purity*) gas SF₆, *dew point*, *moisture content*, kasar SO₂ atau dekomposisi produk dan tekanan. Indikator kualitas gas SF₆ yang disesuaikan dengan standar internasional CIGRE 234 dan buku pedoman SK Dirjen yang ditetapkan oleh PT PLN (PLN, 2024) . Hal-hal yang dapat dilakukan untuk meminimalkan kontaminasi gas SF₆ pada saat penanganan SF₆ adalah sebagai berikut:

- a. Mengganti absorbent.
- b. Prosedur penanganan gas yan tepat.
- c. Melakukan evakuasi udara dengan hati-hati dari kompartemen sebelum diisi dengan gas SF₆ (direkomendasikan tekanan udara sisa < 100 Pa atau < 0.1 mBar).

3. METODOLOGI

Metode yang digunakan penulis dengan tahapan dijelaskan melalui flowchart pada gambar 1. Berikut metode yang digunakan oleh penulis :

- a. Metode Studi Literatur
Pada tahap ini penulis mengumpulkan data dan referensi melalui literatur seperti jurnal, buku dan sumber media yang berkaitan dengan permasalahan seperti pengujian dan reklamasi gas SF6.
- b. Metode Observasi
Penulis melakukan penelitian untuk mendapatkan data dan melakukan pengujian langsung ke GIS Miniatur dan diperoleh data hasil uji *moisture content*, uji *dew point*, dan temperatur.
- c. Metode Pengujian dan Perhitungan
Melakukan pengujian gas SF6 di bay penghantar Jatirangon 1 dengan alat uji SF6 *multi analyzer* untuk melihat parameter berupa *moisture content* dan *dew point* untuk mengkaji hasil pengujian dengan membandingkannya dengan standar CIGRE 234.

nilai *moisture content* dan *dew point* dapat dijelaskan sebagai berikut :

- a. Pressure
Konsep tekanan sama dengan penyebaran gaya pada luas suatu permukaan. Sehingga, apabila gaya yang diberikan pada suatu benda (F) semakin besar, maka tekanan yang dihasilkan akan semakin besar. Sebaliknya, semakin luas permukaan suatu benda, tekanan yang dihasilkan semakin kecil.

Rumus perhitungan tekanan dapat dilihat pada persamaan 2 sebagai berikut:

$$P = F/A \quad (2)$$

Keterangan:

P = Tekanan dengan satuan pascal

F = Gaya dengan satuan newton

A = Luas permukaan dengan satuan m²

- a. Pressure Absolute
Tekanan mutlak (absolute pressure) adalah nilai mutlak tekanan yang bekerja pada wadah tersebut atau gaya yang bekerja pada satuan luas, tekanan ini dinyatakan dan diukur terhadap tekanan nol atau suatu tekanan yang ada diatas nol absolute atau jumlah dari tekanan atmosfer dengan tekanan relatif.

Rumus perhitungan pressure absolute pada persamaan 3 sebagai berikut :

$$P_{absolute} = P_{gauge} + P_{normal} \quad (3)$$

Keterangan :

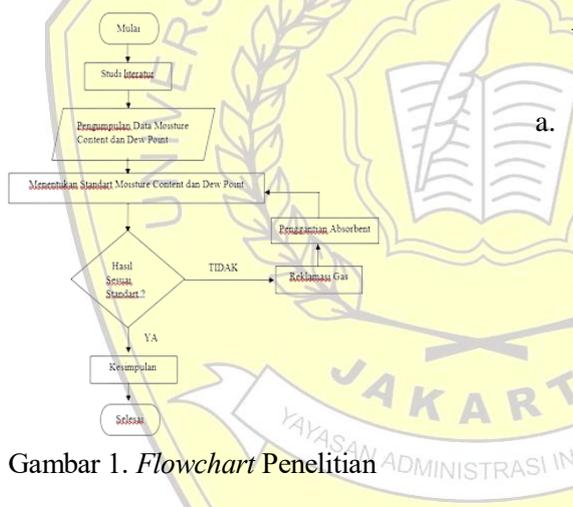
P_{absg} = Tekanan absolute SF6 (Bar)

P_{gauge} = Tekanan gas SF6 yang terukur (Bar)

P_{normal} = Tekanan normal (1,01 Bar)

- b. Pressure Absolute Pada Suhu 20 °C
Rumus Perhitungan pada suhu 20°C sebagaimana pada persamaan 4 sebagai berikut:

$$P_{abs} 20^{\circ}C = \frac{P_{absg} \times 293}{273 \times T_{SF6}} \quad (4)$$



Gambar 1. Flowchart Penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk menentukan standarisasi nilai perhitungan kandungan (*Moisture Content*) dan *Dew Point* pada Gas SF6 dapat dihitung berdasarkan Standar CIGRE 234 dengan persamaan 1 :

$$Standarisasi = \frac{0,004}{P_{absg}} \times 1000000 \quad (1)$$

Dimana :

Standarisasi = Standarisasi berdasarkan standar CIGRE 234 (ppmv : *part per million volume*)

P_{absg} = Tekanan absolut gas SF6 (bar)

Parameter menentukan standarisasi

Dimana :

$P_{abs} 20^{\circ}\text{C}$ = Tekanan Absolute pada suhu 20°C (Pa)

P_{absg} = Tekanan Absolute Gas SF6 (Pa)

T_{SF6} = Suhu Gas SF6

c. Parsial Uap Air

Tekanan parsial adalah tekanan yang digunakan masing-masing gas dalam suatu campuran gas terhadap lingkungan sekitarnya. Menurut Hukum Dalton bahwa unsur kimia terbuat dari atom-atom dan tekanan total campuran gas adalah jumlah dari tekanan masing-masing gas di dalam campuran tersebut. Rumus standarisasi dapat dilihat pada persamaan 5 sebagai berikut :

$$P_{parsial} = \frac{\text{Kadar uap air}}{1M \text{ ohm}} \times P_{abs} 20 \quad (5)$$

Dimana :

$P_{parsial}$ = Tekanan Parsial Uap Air (mmHg)

Moisture Content = Hasil Pengujian MC (ppmv)

$P_{abs} 20^{\circ}\text{C}$ = Tekanan Absolute pada suhu 20°C (Pa)

Berikut Hasil Pengujian Gas SF6 Pada Kompartemen Bay Jatirangon GIS Miniatur:

Tabel 1. Hasil Uji Gas SF6 Bay Jatirangon GIS Miniatur

Tanggal Pengujian	Kompartemen	Moisture Content (ppmv)	Dew Point (°C)	Suhu Uji (°C)	Pressure (Bar)
22/11/2023	Sealing End	1525,27	9,3	-15,9	7,52
22/11/2023	Mekanik CB	68,69	-24,3	-45,4	7,97
22/11/2023	Comp CB	798,02	1,7	-22,7	9,02

Dengan melakukan perhitungan menggunakan persamaan 1 sampai persamaan 5 didapatkan nilai standar pengujian sesuai standar CIGRE 234

Tabel 2. Hasil Perhitungan Sesuai Standar CIGRE 234

Tanggal Perhitungan	Kompartemen	Moisture Content (ppmv)	Dew Point (°C)	Suhu Uji (°C)	Pressure (Bar)
10-06-2024	Sealing End	< 468,93	13°C	20°C	8.23
10-06-2024	Mekanik CB	<398,80	-24°C	20°C	8.49
10-06-2024	Comp CB	<445,43	5°C	20°C	8.71

Setelah dilakukan analisis perhitungan nilai dew point serta standarisasi nilai moisture content pada kompartemen Sealing End, Mekanik CB 1, dan Kompartemen CB Bay Jatirangon 1 GIS Miniatur, hasil tersebut di jelaskan pada tabel 3 sebagai berikut :

Tabel 3. Hasil Pengujian & Perhitungan Pada Suhu 20°C

Hasil Uji Kualitas Gas SF6 dan Perhitungan Moisture Content dan Dew Point Pada Suhu 20°C Bay Jatirangon 1 GIS Miniatur									
Tanggal Pengujian	Kompartemen	Tekanan (Bar)	Suhu Uji (°C)	Moisture Content (ppmv)		Dew Point (°C)			Kesimpulan
				Hasil Uji	Hasil Hitung Moisture Content Sesuai CIGRE 234	Hasil Uji	Hasil Hitung Dew Point Sesuai CIGRE 234	Standar CIGRE 234	
22-11-2023	Sealing End	7,52	-15,9	1525,27	< 468,93	9,3	13°C	< -5°C	Gas Lembab
22-11-2023	Mekanik CB	9,02	-45,4	68,69	<398,80	-24,3	-24°C	< -5°C	Normal
22-11-2023	Komp CB	7,97	-22,7	798,02	<445,43	1,7	5°C	< -5°C	Gas Lembab

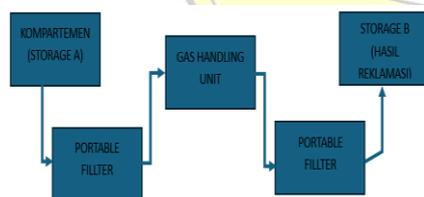
Berdasarkan tabel 3 dapat diketahui bahwa hasil uji gas pada kompartemen sealing end dan kompartemen CB menunjukkan hasil yang tidak sesuai dengan standard CIGRE 234 sehingga dapat disimpulkan bahwa gas SF6 tersebut berada pada kondisi lembab. Hal tersebut dikarenakan nilai *moisture content* dan *dew point* yang tidak sesuai standard. Menurut CIGRE 234 untuk nilai *moisture content* pada kompartemen *sealing end* yaitu <468,93 ppmv sedangkan pada pengujian mendapatkan hasil 1525,27 ppmv.

Selanjutnya pada nilai *dew point* sesuai dengan standard CIGRE 234 dew point harus berada pada suhu -5°C sedangkan pada pengujian nilai *dew point* berada pada suhu 13.02°C . Dari tabel diatas juga diketahui bahwa gas pada kompartemen CB menunjukkan hasil yang

dibawah standard dimana pada pengujian nilai *moisture content* bernilai 798,02 ppmv sedangkan menurut standard CIGRE 234 nilai *moisture content* harus berada pada nilai <445,43 ppmv, begitu pula dengan *dew point* dimana menurut standard nilai *dew point* harus berada pada suhu -5°C, sedangkan pada pengujian bernilai 5°C. Agar kualitas gas SF6 membaik maka rekomendasi hasil pengujian adalah dilaksanakan reklamasi.

Berikut metode reklamasi gas SF6 :

1. Sebagai petugas lakukan koordinasi antar petugas pelaksana pekerjaan sehingga tugas dan tanggung jawab masing-masing pelaksana dapat dipahami serta dikerjakan dengan baik
2. Menyiapkan data hasil pengukuran terakhir, ketidaksesuaian dan gangguan, serta alat kerja
3. Reklamasi dilakukan untuk gas dengan hasil pengujian *dew point* > 5°C dan terdapat *decomposition product* seperti SO2
4. Lakukan vakum storage tank B (tempat penyimpanan gas hasil reklamasi)
5. Lakukan evakuasi gas yang akan direklamasi dari kompartemen ke storage tank A (tempat penyimpanan gas yang akan direklamasi)
6. Rangkai instalasi reklamasi sesuai blok diagram pada gambar 2



Gambar 2. Blok Diagram Reklamasi Gas SF6

7. Reklamasi dari storage tank A ke storage tank B
8. Vakum storage tank A
9. Uji kualitas gas SF6 yang telah direklamasi

10. Lakukan kembali langkah No. 8 & 9 sampai hasil uji gas SF6 memenuhi syarat (max 4 cycle). Apabila telah melewati cycle 4 kondisi gas belum memenuhi syarat, lakukan penggantian komponen filter
11. Lakukan kembali langkah No. 8 & 9 sampai hasil uji gas SF6 memenuhi syarat (atau max 4 cycle). Hentikan reklamasi bila hasil uji *decomposition product* tetap tinggi
12. Ulangi langkah No.11, bila nilai hasil pengujian kualitas gas tidak mengalami perbaikan
13. Lakukan pengujian kualitas gas setelah 24 jam, bila hasil uji kualitas gas SF6 buruk, lakukan langkah No. 8 & 9
14. Catat tanggal dan hasil pengujian terakhir pada kartu gantung tabung (storage tank)
15. Periksa kembali kondisi dan fungsi peralatan instalasi yang telah diukur termasuk fasilitas pengukuran dan peralatan monitoring tekanan gas SF6
16. Laporkan kepada petugas pemilik aset terkait bila pelaksanaan pekerjaan telah selesai
17. Berita acara pelaksanaan pekerjaan telah selesai.

Apabila dalam proses reklamasi menunjukkan pengujian kualitas gas SF6 tidak membaik, maka direkomendasikan untuk melakukan penggantian gas SF6 oleh pabrikan. Berikut standar parameter hasil pengujian kualitas gas SF6 :

a. *Purity* / Kemurnian gas SF6

Batas minimum *purity* untuk gas SF6 di dalam kompartemen GIS yang sudah beroperasi adalah 97 % (IEC 60480:2019), sedangkan untuk gas SF6 baru adalah 98.5 % (IEC 60376:2018). Untuk kompartemen GIS yang tidak murni menggunakan SF6 maka batas minimum *purity* disesuaikan dengan nameplate kompartemen (contoh: LA 150 kV GIS Gresik merek Siemens dengan

komposisi gas 5 – 10 % O₂ dan 95 – 90 % SF₆).

b. Pengujian *Decomposition Product* Gas SF₆

Decomposition product gas SF₆ merupakan hasil turunan gas SF₆ akibat suhu tinggi yang disebabkan adanya *electric discharge* (corona, spark dan arcing). Dalam hal ini hasil pengujian *decomposition product* berupa SO₂. Maka batas maksimum SO₂ + SOF₂ adalah 12 ppmv.

c. Pengukuran *Dew Point* dan *Moisture Content* Gas SF₆

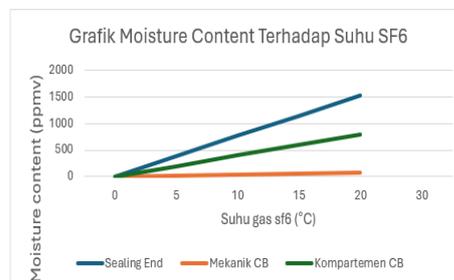
Dew point (titik embun) gas SF₆ adalah suhu di mana uap air dalam gas tersebut berkondensasi (berubah menjadi zat cair). Batas *dew point* untuk gas SF₆ di dalam peralatan adalah kurang dari -5 °C (pada suhu 20 °C). Sedangkan pengujian *moisture content* dilakukan untuk mengetahui kandungan atau kadar uap air yang terdapat di kompartemen. Standar *moisture content* mengacu pada standar pabrikan. Jika standar pabrikan tidak ditemukan, dapat menggunakan standar internasional.

Tabel 4. Hasil Pengujian Setelah Reklamasi Gas SF₆

Tanggal Perhitungan	Kompartemen	Moisture Content Hasil Pengujian (ppmv)	Dew Point (°C)	Standar CIGRE 234 (°C)	Moisture Content Sesuai CIGRE 234 (ppmv)
22/11/2023	Sealing End	395	-7	-5°C	< 468,93
22/11/2023	Mekanik CB	68,68	-24,3	-5°C	<398,80
22/11/2023	Comp CB	239	-12,6	-5°C	<445,43

Dari tabel diatas dapat diketahui setelah melakukan reklamasi gas SF₆ *moisture content* dan *dew point* sudah sesuai dengan standard CIGRE 234. Hal tersebut sangat penting dikarenakan nilai *moisture content* dan *dew point* sangat erat kaitannya dengan kekuatan isolasi gas SF₆ semakin bagus nilai *moisture*

content dan *dew point* maka akan semakin baik juga kekuatan isolasi pada gas SF₆.

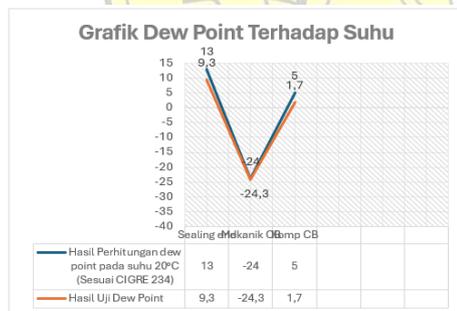


Gambar 3. Grafik *Moisture Content* Terhadap Suhu

Merujuk dari gambar 3 grafik diatas dapat disimpulkan bahwa Ketika suhu gas SF₆ berada pada suhu 20°C kelembaban udara pada sealing end bernilai 1525,27 ppmv. Dimana hasil ini tidak sesuai dengan standarisasi perhitungan CIGRE 234 yang memiliki nilai standarisasi sebesar <468,93 ppmv. Hal ini akan mengakibatkan kurangnya efisiensi pada isolasi gas SF₆, sehingga dapat mengakibatkan kegagalan isolasi. Selanjutnya pada mekanik CB ketika melakukan pengujian pada suhu gas 20°C nilai kelembaban pada mekanik CB sebesar 68,69 dimana hasil ini sudah sesuai dengan standarisasi menurut perhitungan CIGRE 234 yang memiliki nilai standarisasi sebesar <398,80 ppmv. Dalam kondisi ini gas SF₆ pada mekanik CB dapat dikategorikan gas normal. Berikutnya pada kompartemen CB ketika melakukan pengujian pada suhu gas 20 nilai kelembaban kompartemen CB sebesar 798,02 ppmv Dimana hasil ini tidak sesuai dengan standarisasi menurut perhitungan CIGRE 234 yang memiliki nilai standarisasi sebesar <445,43ppmv. Hal ini akan mengakibatkan kurangnya efisiensi pada isolasi gas SF₆, sehingga dapat mengakibatkan kegagalan isolasi.

Korelasi antara kandungan kelembaban (*moisture content*) terhadap suhu gas SF₆ juga sangat penting dalam

pengelolaan gas. hubungan antara kandungan kelembaban dan suhu gas SF6 juga terkait erat dengan kondisi lingkungan dan parameter gas itu sendiri. Kandungan kelembaban dalam gas SF6 dapat bervariasi tergantung pada sejumlah faktor, termasuk suhu dan tekanan gas tersebut serta kelembaban lingkungan di sekitarnya. Secara umum, semakin tinggi suhu gas SF6, semakin rendah kemungkinan terjadinya kondensasi, karena udara akan dapat menampung lebih banyak uap air. Namun suhu gas yang tinggi juga harus diperhatikan karena dapat mengurangi efisiensi isolasi. Pada umumnya, ketika suhu gas SF6 meningkat, kemampuan udara untuk menampung uap air meningkat, yang pada gilirannya dapat menurunkan kandungan kelembaban relatif dalam gas tersebut. Sebaliknya, ketika suhu turun, kandungan kelembaban relatif cenderung naik, yang dapat menyebabkan risiko kondensasi jika kelembaban sudah mencapai titik embun.



Gambar 4. Grafik Dew Point Terhadap Suhu

Merujuk gambar 4 diatas dapat disimpulkan menurut standarisasi CIGRE 234 nilai *dew point* harus berada di level $< -5^{\circ}\text{C}$ apabila hasil pengujian pada kompartemen GIS berada di level diatas dari -5°C maka dapat dikategorikan gas lembab. Pada sealing end hasil perhitungan nilai *dew point* pada kompartemen sealing end sesuai dengan standard CIGRE 234 menunjukkan hasil 13°C . Dari data

perhitungan diatas dapat disimpulkan bahwa kondisi gas SF6 pada kompartemen *sealing end* merupakan kondisi gas tidak normal (gas lembab). Selanjutnya hasil perhitungan nilai *dew point* pada mekanik CB menurut standarisasi CIGRE 234 berada pada level $-24,3^{\circ}\text{C}$. dari data hasil perhitungan tersebut dapat disimpulkan kondisi gas SF6 pada mekanik CB merupakan kondisi normal. Berikutnya pada kompartemen CB hasil perhitungan *dew point* menurut standarisasi CIGRE 234 berada pada level $-1,7^{\circ}\text{C}$ sehingga dapat disimpulkan bahwa kondisi gas tidak normal (gas lembab) karena tidak sesuai dengan standarisasi CIGRE 234 dimana nilai *dew point* harus berada pada suhu $< -5^{\circ}\text{C}$.

Dew point adalah dimana uap air dalam udara mulai mengembun menjadi bentuk cair. Suhu gas SF6 dapat mempengaruhi kelembaban relative disekitarnya. Dan pada saat tertentu dapat mempengaruhi titik embun gas tersebut. Saat suhu turun, kelembaban relatif bisa naik yang dapat menyebabkan uap air dalam gas SF6 mulai mengembun. Hal ini menjadi masalah karena kelembaban yang tinggi dapat menyebabkan kegagalan isolasi.

5. KESIMPULAN

Dari data, perhitungan dan analisis serta pembahasan maka dapat disimpulkan bahwa :

- Hasil dari pengujian dan perhitungan *moisture content* serta *dew point*, untuk kompartemen sealing end nilai yang di peroleh sebesar $1525,27$ ppmv, sedangkan kompartemen mekanik CB sebesar $68,69$ ppmv, kemudian kompartemen CB nilai yang di peroleh adalah $798,02$ ppmv. Setelah dilakukan perhitungan, nilai yang di dapat pada kompartemen sealing end nilai yang di peroleh sebesar $<468,93$ ppmv, sedangkan kompartemen mekanik CB

sebesar <398,80 ppmv, kemudian kompartemen CB nilai yang di peroleh adalah <445,43 ppmv. Selanjutnya hasil pengujian *dew point* di kompartemen Sealing end 9,3 °C, Mekanik CB -24,3 °C, dan Kompartemen CB 1,7°C. Apabila di konversi pada perhitungan suhu 20°C, nilai kadar *dew point* kompartemen Sealing end 13°C, Mekanik CB -24°C, dan Kompartemen CB 5°C. Berpedoman referensi dari CIGRE 234 untuk standar nilai *dew point* -5°C.

- b. Setelah dilakukan reklamasi gas SF6 dapat diketahui pada kompartemen CB dan Sealing End sudah berada pada kondisi ideal, dimana hasil dari pengujian *moisture content* serta *dew point*, jika dilihat pada tabel 4 untuk kompartemen sealing end nilai yang di peroleh sebesar 395 ppmv, sedangkan kompartemen mekanik CB sebesar 68,69 ppmv, kemudian kompartemen CB nilai yang di peroleh adalah 239 ppmv. Selanjutnya hasil pengujian *dew point* di kompartemen *sealing end* -7 °C, Mekanik CB -24,3 °C, dan Kompartemen CB -12.6 °C, dimana hasil tersebut sudah memenuhi standar nilai *dew point* yaitu -5°C.

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulisan ini tidak lepas dari bimbingan dan bantuan dari sejumlah pihak. Untuk itu izinkanlah penulis untuk mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada :

- 1) Ibu Nurwijayanti K.N., ST, MT selaku pembimbing dan penulis kedua dalam penulis jurnal ini
- 2) Jajaran manajemen beserta pegawai PLN ULTG Cawang & ULTG Petungkang yang sudah mendukung, membantu serta memberikan semangat yang luar biasa.
- 3) Keluarga dan orang-orang terkasih yang telah memberikan semangat dan doanya

DAFTAR PUSTAKA

- Committee, S., Power, I., & Society, E. (2013). IEEE Guide for Moisture Measurement and Control in SF 6 Gas-Insulated Equipment. *IEEE Power and Energy Society, 2013*.
- Glaubitz, P., Stangherlin, S., Bessede, J. L., Degen, W., Fushimi, Y., Henriot, J., Holm, A., Mauthe, G., Meguro, M., & Niemeyer, L. (2003). *SF6 RECYCLING GUIDE*.
- Harunanda, P., & Fauziah, D. (2021). Analisis Pengaruh Tekanan Gas SF6 terhadap Laju Busur Listrik pada PMT di Gardu Induk Cilegon PT PLN (Persero) Transmisi Jawa Bagian Barat. *Prosiding Seminar Nasional Energi, Telekomunikasi Dan Otomasi (SNETO)*, 354–361.
- Ihsan, A. N., Joko, J., Suprianto, B., & Wrahatnolo, T. (2022). Analisis dan Efisiensi Kebutuhan Kapasitas Baterai 110 Volt DC Gas Insulated Switchgear (GIS) 150 KV Wonokromo Surabaya. *Jurnal Teknik Elektro, 11*(3), 481–488.
- Kurniawati, A. H., Mumtaza Ghalya, A., Gayatri, N. C. N. P., Januar, D., & Kusnadi. (2022). Parameter Gas SF 6 untuk Condition Assessment pada GIS. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Elektro, 7*, 2022.
- Mukti, C. D. (2023). Analisis Kualitas Gas SF 6 sebagai Media Isolasi Bay Penghantar Budikemuliaan 2 GIS Kebun Sirih Sebelum dan Setelah Reklamasi Gas SF 6. *Seminar Nasional Teknik Elektro (SNTE)*.
- Nurwijayanti. (2021). Analisa Jaringan Lokal Area Network (Lan) Di Salah Satu Hotel Wilayah Jakarta Timur. *Jurnal Ilmiah Matrik, 23*(3), 251–259.
<https://doi.org/10.33557/jurnalmatr>

ik.v23i3.1567

- Pambudi, M. R. S., & Latifa, U. (2023). Penggunaan Gas SF₆ Sebagai Media Isolasi Pemutus Tenaga Dan Peredam Sumbu Api Listrik Kubikel Pada Sistem Distribusi Listrik di PT. PLN (Persero) Up3 Pln Kramat Jati. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 9(12), 319–325.
- PLN. (2024). Pedoman Pemeliharaan Gas Insulated Substation (GIS). *Pdm/Pgi/14:2014*, 0520.
- PLN. (2024). Pedoman Pemeliharaan Pemutus Tenaga. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699.
- Prasojo, R. A., Mahmudah, D. S., Ridzki, I., Hakim, M. F., & Harijanto, P. S. (2022). Penilaian Kualitas Gas SF₆ Pada GISTET 500/150 kV. *ELPOSYS: Jurnal Sistem Kelistrikan*, 9(3), 93–98.
- Sewagetra, A., & Fauziah, D. (2021). Analisis Moisture Content dan Dew Point Gas SF₆ Pada PMT di Gardu Induk Cigereleng PT PLN (Persero) Transmisi Jawa Bagian Tengah. *Prosiding Seminar Nasional Energi, Telekomunikasi Dan Otomasi (SNETO)*, 305–315.
- Syahputra, R. (2016). Transmisi dan Distribusi Tenaga Listrik. *LP3M UMY, Yogyakarta*, 249–256.
- Winanti, N., Taryana, E., & Sa'adah, G. N. (2022). Analisis Kebocoran Gas SF₆ Terhadap Kecepatan Busur Api dan Tegangan Tembus pada PMT di GISTET Saguling. *EPSILON: Journal of Electrical Engineering and Information Technology*, 20(1), 20–28.
- Wulandari, A., & Permata, E. (2023). Perbaikan Kebocoran Gas SF₆ Pada Pipa Fleksibel GS Busbar 1 Fasa S Pada GIS Labuan 150 KV PT. PLN (PERSERO) ULTG Rangkasbitung. *Jurnal Teknik Mesin, Industri, Elektro Dan Informatika*, 2(1), 47–59.