

# Analisis Moisture Content dan Dew Point Gas SF<sub>6</sub> PMT di GITET Gresik PT PLN (Persero) Transmisi Jawa Bagian Timur dan Bali

Muhammad Ridwan<sup>\*1</sup>, Denny Irawan<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Gresik, Indonesia

<sup>\*</sup>Corresponding author, [muh.rhydwan@gmail.com](mailto:muh.rhydwan@gmail.com)

## Abstrak

*Gas Insulated Substation (GIS)* adalah merupakan rangkaian dari beberapa peralatan yang terpasang dalam sebuah kompartemen dan diisolasi oleh gas yang bertekanan. Pada umumnya gas bertekanan yang digunakan adalah *Sulfur Hexafluoride (SF<sub>6</sub>)*. Pada gas tersebut yang perlu diperhatikan adalah *purity, moisture content, dewpoint* dan kandungan *SO<sub>2</sub>*. Pada penelitian ini, metode yang dilakukan penulis adalah menganalisa hasil dari nilai uji *dew point* dan *moisture content* berdasarkan standar yang ditentukan dan menganalisa pengaruh suhu lingkungan terhadap nilai *dew point*. Pada penelitian ini penulis melakukan penelitian disebuah GIS yang ada naungan PT PLN (Persero) Unit Induk Transmisi Jawa Bagian Timur dan Bali yaitu GIS Gresik pada bay IBT 1 dan IBT 2, dimana pada bay tersebut terdapat 4 PMT yaitu PMT 7AB1 dan PMT 7B1 untuk Bay IBT 1, dan PMT 7AB3 dan PMT 7A3 untuk Bay IBT 2. Nilai *dew point* dan *moisture content* pada keempat PMT tersebut masih dibawah standar yang ditentukan oleh PT PLN (Persero) yaitu  $-5^{\circ}\text{C}$ , dan nilai *moisture content*  $<3960$  ppmv atau  $<400$  pa ( $T = 20^{\circ}\text{C}$ ) sehingga tidak perlu dilakukan penggantian gas SF<sub>6</sub>.

## Abstract

*Gas Insulated Substation (GIS)* is a series of several pieces of equipment installed in a compartment and isolated by pressurized gas. In general, the pressurized gas used is *Sulfur Hexafluoride (SF<sub>6</sub>)*. The gas that needs to be considered is *purity, moisture content, dew point* and *SO<sub>2</sub>* content. In this study, the method used by the author was to analyze the results of the test for the dew point value and water content based on the specified standard and to think about the effect of ambient temperature on the dew point value. In this study the authors conducted research in a GIS under the auspices of PT PLN (Persero) Transmission Main Unit for Eastern Java and Bali, namely GIS Gresik in bays IBT 1 and IBT 2, where there are 4 PMTs in these bays, namely PMT 7AB1 and PMT 7B1 for Bay IBT 1, and PMT 7AB3 and PMT 7A3 for Bay IBT 2. The dew point and moisture content values of the four PMTs are still below the established standard. determined by PT PLN (Persero), which is  $-5^{\circ}\text{C}$ , and the moisture content value is  $<3960$  ppmv or  $<400$  pa ( $T=20^{\circ}\text{C}$ ) so there is no need to replace SF<sub>6</sub> gas.

## INFO.

### Info. Artikel:

No. 470

Received. August, 7, 2023

Revised. August, 15, 2023

Accepted. August, 18, 2023

Page. 694 – 704

### Kata kunci:

- ✓ SF<sub>6</sub>
- ✓ Dew point
- ✓ Moisture Content
- ✓ Suhu

## PENDAHULUAN

Gardu Induk (GI) merupakan bagian dari sistem pembangkit, transmisi dan distribusi listrik. Tugas dari gardu induk adalah mengubah tegangan listrik dari tinggi menjadi rendah, atau sebaliknya, atau untuk menjalankan beberapa fungsi penting lainnya. Gardu Induk memiliki banyak kompartemen penting dalam jaringannya seperti salah satu nya adalah PMT ( Pemutus Tenaga ) dimana alat ini bekerja sebagai pemutus arus listrik pada rangkaian listrik di suatu sistem tenaga listrik yang mampu membuka dan menutup rangkaian listrik dalam semua kondisi[1]. PMT memiliki proteksi ( isolator ) untuk memadamkan busur api ketika melakukan pemutusan dengan menggunakan Gas SF<sub>6</sub>. Isolator listrik merupakan suatu hal yang memiliki peran sangat penting pada sebuah sistem instalasi listrik, baik pada sebuah Gardu induk ataupun instalasi listrik lainnya. Sehingga bilamana isolator tidak dapat bekerja dengan baik atau maksimal, hal ini dapat menimbulkan kegagalan isolasi yang mengakibatkan akan terganggunya kinerja sistem dan keandalan dari kompartemen tersebut [2]-[3].

Gas SF<sub>6</sub> ( Sulfur Heksafluorida ) merupakan suatu unsur campuran gas yang dimana gas ini tidak berbau, tidak berwarna, dan tidak mudah terbakar. Gas ini tidak mempunyai sifat kimia aktif sampai suhu diatas 150°C, bahkan hal ini dapt dibuktikan dengan cara memanaskan gas tersebut sampai temperatur 500°C tanpa terjadi penguraan [4].

Gas ini jika dibandingkan dengan udara, gas SF<sub>6</sub> memiliki massa 5 kali lebih berat dengan sifat elektronegatif yang dimiliki pada gas ini, serta energi ikat yang tinggi, dan juga gas SF<sub>6</sub> memiliki kekuatan dielektrik 2 ½ sampai 3 kali dibanding udara, kekuatan dielektrik akan seiring bertambah dengan pertambahan pada tekanan [5].

Atom *fluoride* mempunyai sifat elektronegatif, dan ini berfungsi untuk menangkap elektron bebas ke bentuk muatan ion yang negatif, yang tidak dapat digunakan sebagai pembawa arus. Sifat elektronegatif ini menyebabkan waktu pembusuran pendek. Gas SF<sub>6</sub> memiliki stabilitas yang begitu baik, sehingga tidak menimbulkan adanya perubahan kimia pada temperatur tinggi. Keunggulan dari gas SF<sub>6</sub> ialah kemampuannya dapat memadamkan busur api denga cukup baik, hal ini dikarenakan SF<sub>6</sub> memiliki sifat elektro negatifnya, artinya molekul-molekulnya dengan mudah dan cepat menyerap elektron bebas pada lintasan busur api yang timbul diantara kontak pemutus tenaga (*Circuit Breaker*) untuk membentuk lon negatif. Gas ini bisa mencair pada temperatur yang rendah, temperatur pencairan bergantung pada tekanan yang diberikan. Pada temperatur 100°C dan tekanan 15 atm. Gas juga akan mencair jika tekanan gas tinggi dan temperatur pencairan tinggi [6]-[7].

Cara untuk mencari nilai *Dew Point* dan mencari nilai standarisasi *Moisture Content* pada suhu 20°C dalam konteks pengujian kualitas SF<sub>6</sub> sebagai pemadam busur api dengan perhitungan yang mengacu pada standar CIGRE 234 dan kemudian membandingkan hasil perhitungan dengan hasil uji, untuk melihat pengaruh yang ditimbulkan dari suhu sekitar [8].

Metode yang digunakan dalam melakukan pengujian gas SF<sub>6</sub> pada PMT yaitu berdasarkan metode analisis FMEA (*Failure Modes Effects Analysis*). FMEA merupakan prosedur analisa dari model kegagalan (*failure modes*) yang dapat terjadi dalam sebuah sistem untuk diklasifikasikan berdasarkan hubungan sebab-akibat dan penentuan efek dari kegagalan tersebut terhadap sistem. Pada masalah terjadinya anomaly berdasarkan masalah tersebut maka untuk mengatasi hal ini perlu dilakukan studi pengujian gas SF<sub>6</sub> dengan menggunakan metode FMEA, yaitu dengan mengganti gas SF<sub>6</sub> pada PMT tersebut dan melakukan pengujian kemurnian gas SF<sub>6</sub> kembali agar tidak terjadi gangguan yang meluas serta demi menjamin keandalan sistem penyaluran tenaga listrik [9]-[10].

Beberapa gangguan yang sering terjadi pada Gas SF<sub>6</sub> antara lain karena adanya kandungan atau kadar uap air (*Moisture Content*) yang terdapat di compartment dan hal ini akan mempengaruhi karakteristik dan kualitas gas SF<sub>6</sub> sebagai isolasi. Maka untuk menghindari hal-hal demikian sangatlah perlu dilakukan monitoring diagnosis parameter gas SF<sub>6</sub> dan identifikasi resiko yang terjadi pada gas SF<sub>6</sub> ataupun pengujian yang telah disebutkan sebelumnya demi menghindari atau memperkecil resiko yang tidak diinginkan seperti kegagalan isolasi yang dapat berakibat fatal pada sebuah instalasi. Apabila didapatkan hasil sesuai dengan standar yang ada, maka gas SF<sub>6</sub> tidak diperlukan adanya pembaharuan atau pergantian dengan SF<sub>6</sub> baru. Kemudian sebaliknya bilamana hasil dari pengujian tersebut didapatkan hasil yang tidak mencapai atau memenuhi nilai standarisasi, maka gas SF<sub>6</sub> pada PMT tersebut harus diganti atau diperbaharui. Setelah dilakukan pengujian SF<sub>6</sub> pada PMT kita dapat mengetahui dan menentukan kualitas dari gas SF<sub>6</sub> tersebut dalam keadaan baik atau sudah tidak sesuai dengan standar yang ditentukan (buruk) [11]-[13]. Dalam penelitian ini penulis lebih fokus kepada analisa kualitas hasil uji nilai *Dew Point* ( Titik embun ) dan *Moisture Content* ( Kadar Uap Air ) gas SF<sub>6</sub> pada PMT Bay IBT 1 dan IBT 2 500 kV di GITET Gresik PT PLN (Persero) Transmisi Jawa Bagian Timur dan Bali. Dan juga menganalisa nilai *Dew point* pada suhu 20°C dan melihat pengaruh yang terjadi pada kedua nilai dengan suhu lingkungan sekitar yang berbeda.

## METODE PENELITIAN

Dalam pengujian dan penentuan keandalan gas SF<sub>6</sub> sebagai pemadam busur api terdapat beberapa parameter pengujian yang mana parameter ini digunakan secara praktikal untuk justifikasi kondisi gas SF<sub>6</sub> seperti yang dijelaskan pada [5] yaitu:

1. *Purity* adalah kandungan gas SF<sub>6</sub> setelah mengalami penguraian sekian kali sebagai pemadam busur api. Batas *purity* untuk gas SF<sub>6</sub> adalah 97 %. Semakin tinggi persentase ini maka semakin sedikit zat lain dalam isolasi gas SF<sub>6</sub>.
2. *Decomposition Product* merupakan hasil turunan gas SF<sub>6</sub> akibat suhu tinggi yang disebabkan adanya *electric discharge* (*corona*, *spark* dan *arching*). *Decomposition product* dapat berupa gas dan padat.
3. *Dew point* (titik embun) gas SF<sub>6</sub> adalah suhu di mana uap air dalam gas tersebut berkondensasi (berubah menjadi zat cair). Batas *Dew Point* untuk gas SF<sub>6</sub> didalam peralatan adalah kurang dari -5°C.
4. *Moisture Content* pengujian *moisture content* dilakukan untuk mengetahui kandungan atau kadar uap air yang terdapat di compartment. Uap air di dalam kompartemen bisa mengalami kondensasi sehingga mengurangi kekuatan isolasi gas SF<sub>6</sub>. Standar *moisture content* mengacu pada standar pabrikan. Jika standar pabrikan tidak ditemukan, dapat menggunakan standar internasional bahwa batas maksimal kadar uap air (*Moisture Content*) yang diizinkan adalah < 3960 ppmv atau < 400 Pa (T= 20°C).

Disini penulis hanya akan membahas 2 dari parameter tersebut sebagai acuan untuk menentukan kualitas gas tersebut, yaitu membandingkan nilai hasil pengujian *dew point* dengan perhitungan nilai *dew point* pada suhu 20°C, dengan dilakukannya perhitungan sebagai landasan untuk menganalisa pengaruh suhu terhadap nilai *dew point* dalam menentukan kualitas atau kelayakan SF<sub>6</sub> sebagai isolasi pada PMT. Maka hal ini dilakukan dengan cara menentukan nilai *dew point* pada suhu 20°C untuk melihat hasil yang didapatkan, kemudian membandingkan kedua nilai tersebut.

Dan juga penulis akan menghitung nilai standarisasi dari *Moisture Content* (kandungan uap air) dan kemudian membandingkan dengan hasil uji yang telah dilakukan. Nilai Dewpoint dan nilai *Moisture Content* adalah kedua nilai yang berbanding lurus pada hasilnya. Karena nilai kedua parameter ini dapat menentukan kualitas gas SF<sub>6</sub> yang bisa saja berkondensasi sewaktu-waktu, sehingga mengurangi keefektifan pada saat pemadaman busur api akibat berkurangnya tekanan gas standar pemadaman dan juga menurunkan sifat dielektrik dari gas tersebut.

langkah-langkah dalam penelitian ini seperti observasi lapangan, pengumpulan dan pengolahan data yang bertujuan untuk memudahkan penulis mengerjakan penelitian ini secara sistematis yang disusun kedalam suatu metode penelitian. Adapun metode penelitian laporan penelitian ini dijelaskan seperti pada Gambar 1.

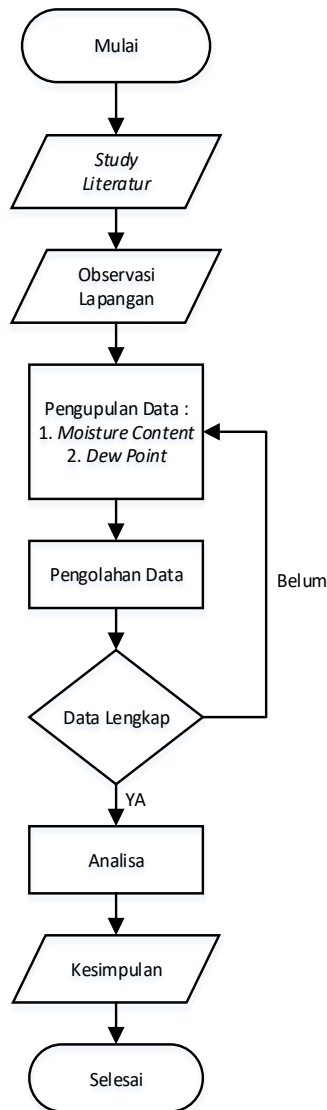
Pada Gambar 1 menjelaskan bagaimana metodologi penelitian ini atau tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini.

### **Study Literatur**

Disini penulis memulai semuanya dengan mencari, mempelajari serta mengumpulkan materi-materi, serta literatur yang mendukung penyusunan laporan penelitian ini, seperti teori yang didapat dari buku pedoman perusahaan, dari mata kuliah yang telah diambil sebelumnya, dan juga penelitian yang sudah pernah dilakukan peneliti terdahulu, serta sumber lainnya untuk dijadikan sebagai pembandingan dalam pembahasan yang akan dibahas atau diteliti oleh penulis.

### **Observasi Lapangan**

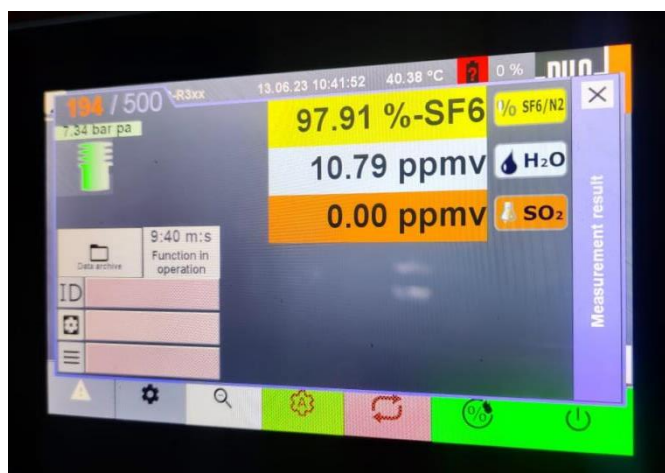
Dalam penyusunan penelitian untuk laporan penelitian ini, peneliti melakukan observasi lapangan terlebih dahulu yang dilakukan di PT. PLN (Persero) GITET Gresik. Hal ini bertujuan untuk penulis lebih memahami dan memudahkan dalam penelitian yang akan dilakukan. Adapun kegiatan observasi lapangan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 2 dan Gambar 3.



Gambar 1. Metodologi penelitian



Gambar 2. Proses pengujian gas SF<sub>6</sub>



Gambar 3. Tampilan SF<sub>6</sub> analyzer

### Pengumpulan Data

Untuk memperoleh data yang di inginkan dalam proses penelitian pengujian kualitas gas SF<sub>6</sub> pada GITET Gresik, maka terlebih dahulu harus dilakukan pengukuran terhadap:

- a. Suhu sekitar



Gambar 4. Suhu lingkungan

- b. Tekanan Gas SF<sub>6</sub> ( Tertera pada barometer)



Gambar 5. Tekanan gas pada kompartemen PMT



c. Data hasil Uji *Moisture Content*

BAY	KOMPARTEMEN REFERENSI	KOMPARTEMEN REFERENSI	Ident	PHASA	TANGGAL PENGUJIAN	Tekanan Kompartemen (Bar)	PURITY (%)		MOISTURE CONTENT (PPMV)		DEW POINT [ °C ]				
							HASIL UJI	STANDAR IEC 376	HASIL UJI	STANDAR PABRIK	HASIL UJI SUHU UJI	STANDAR CIGRE **)	STANDAR PABRIKAN ***)		
7B1 DIAMETER#1 500kV	PMT	PMT 7B1	PMT	R	9-May-23	7.30	99.35	>	97.0	233.93	<	-34.57	<	-5.00	<
7B1 DIAMETER#1 500kV	PMT	PMT 7B1	PMT	S	9-May-23	7.30	99.81	>	97.0	231.48	<	-34.67	<	-5.00	<
7B1 DIAMETER#1 500kV	PMT	PMT 7B1	PMT	T	9-May-23	7.20	99.25	>	97.0	295.48	<	-32.39	<	-5.00	<
7AB1 DIAMETER#1 500kV	PMT	PMT 7AB1	PMT	R	8-May-23	7.10	97.57	>	97.0	210.23	<	-35.56	<	-5.00	<
7AB1 DIAMETER#1 500kV	PMT	PMT 7AB1	PMT	S	8-May-23	7.10	98.28	>	97.0	223.75	<	-34.99	<	-5.00	<
7AB1 DIAMETER#1 500kV	PMT	PMT 7AB1	PMT	T	8-May-23	7.10	99.22	>	97.0	218.87	<	-35.19	<	-5.00	<
7AB3 DIAMETER#3 500kV	PMT	PMT 7AB3	PMT	R	8-May-23	7.20	99.65	>	97.0	186.68	<	-36.64	<	-5.00	<
7AB3 DIAMETER#3 500kV	PMT	PMT 7AB3	PMT	S	8-May-23	7.00	99.67	>	97.0	152.26	<	-38.48	<	-5.00	<
7AB3 DIAMETER#3 500kV	PMT	PMT 7AB3	PMT	T	8-May-23	7.10	99.94	>	97.0	158.72	<	-38.11	<	-5.00	<
7A3 DIAMETER#3 500kV	PMT	PMT 7A3	PMT	R	3-Apr-23	7.20	99.90	>	97.0	143.92	<	-38.99	<	-5.00	<
7A3 DIAMETER#3 500kV	PMT	PMT 7A3	PMT	S	3-Apr-23	7.00	99.79	>	97.0	183.61	<	-36.80	<	-5.00	<
7A3 DIAMETER#3 500kV	PMT	PMT 7A3	PMT	T	3-Apr-23	6.90	99.96	>	97.0	127.53	<	-40.06	<	-5.00	<

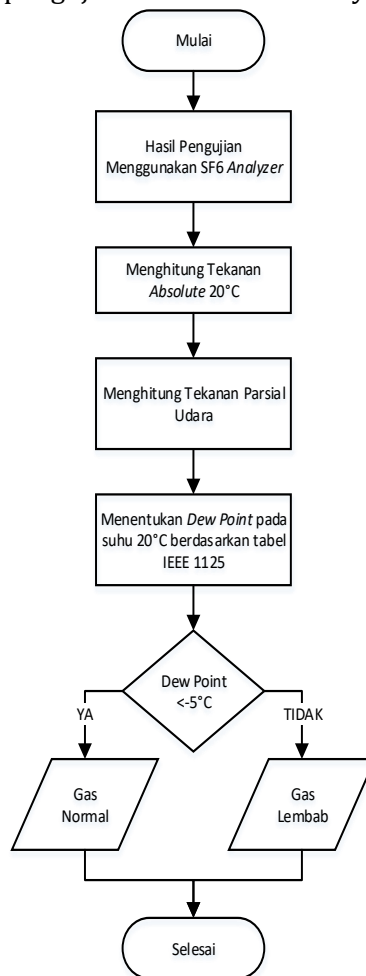
Gambar 6. Hasil pengujian *moisture content* gas SF<sub>6</sub>

d. Data hasil Uji *Dew point*

BAY	KOMPARTEMEN REFERENSI	KOMPARTEMEN REFERENSI	Ident	PHASA	TANGGAL PENGUJIAN	Tekanan Kompartemen (Bar)	PURITY (%)		MOISTURE CONTENT (PPMV)		DEW POINT [ °C ]				
							HASIL UJI	STANDAR IEC 376	HASIL UJI	STANDAR PABRIK	HASIL UJI SUHU UJI	STANDAR CIGRE **)	STANDAR PABRIKAN ***)		
7B1 DIAMETER#1 500kV	PMT	PMT 7B1	PMT	R	9-May-23	7.30	99.35	>	97.0	233.93	<	-34.57	<	-5.00	<
7B1 DIAMETER#1 500kV	PMT	PMT 7B1	PMT	S	9-May-23	7.30	99.81	>	97.0	231.48	<	-34.67	<	-5.00	<
7B1 DIAMETER#1 500kV	PMT	PMT 7B1	PMT	T	9-May-23	7.20	99.25	>	97.0	295.48	<	-32.39	<	-5.00	<
7AB1 DIAMETER#1 500kV	PMT	PMT 7AB1	PMT	R	8-May-23	7.10	97.57	>	97.0	210.23	<	-35.56	<	-5.00	<
7AB1 DIAMETER#1 500kV	PMT	PMT 7AB1	PMT	S	8-May-23	7.10	98.28	>	97.0	223.75	<	-34.99	<	-5.00	<
7AB1 DIAMETER#1 500kV	PMT	PMT 7AB1	PMT	T	8-May-23	7.10	99.22	>	97.0	218.87	<	-35.19	<	-5.00	<
7AB3 DIAMETER#3 500kV	PMT	PMT 7AB3	PMT	R	8-May-23	7.20	99.65	>	97.0	186.68	<	-36.64	<	-5.00	<
7AB3 DIAMETER#3 500kV	PMT	PMT 7AB3	PMT	S	8-May-23	7.00	99.67	>	97.0	152.26	<	-38.48	<	-5.00	<
7AB3 DIAMETER#3 500kV	PMT	PMT 7AB3	PMT	T	8-May-23	7.10	99.94	>	97.0	158.72	<	-38.11	<	-5.00	<
7A3 DIAMETER#3 500kV	PMT	PMT 7A3	PMT	R	3-Apr-23	7.20	99.90	>	97.0	143.92	<	-38.99	<	-5.00	<
7A3 DIAMETER#3 500kV	PMT	PMT 7A3	PMT	S	3-Apr-23	7.00	99.79	>	97.0	183.61	<	-36.80	<	-5.00	<
7A3 DIAMETER#3 500kV	PMT	PMT 7A3	PMT	T	3-Apr-23	6.90	99.96	>	97.0	127.53	<	-40.06	<	-5.00	<

Gambar 7. Hasil pengujian *dew point* gas SF<sub>6</sub>

Alat uji yang digunakan untuk mengukur tekanan Gas SF<sub>6</sub>, hasil pengujian *Decomposition Product*, hasil pengujian *Dew point*, dan hasil pengujian *Moisture Content* yaitu menggunakan SF<sub>6</sub> Analyzer.



Gambar 8. Pengolahan data

Jika melihat Gambar 8, dengan menggunakan diagram alur diatas hal ini dapat mempermudah penulis dalam melakukan pengolahan data, seperti menghitung nilai standarisasi tekanan *Moisture Content* yang tidak ditemukan oleh pabrikan dan juga penulis bisa menentukan nilai *Dew Point* pada suhu 20°C pada PMT.

1. Menghitung *Pressure Gauge Absolute* dengan persamaan berikut :

$$P_{gauge\ absolute} = Inlet\ Press + P_{normal} \quad (1)$$

Keterangan :

*Inlet Press* : Tekanan yang ada pada peralatan

*P<sub>gauge</sub>* : Tekanan gas terhadap tekanan atmosfer disekitar

*P<sub>normal</sub>* : Tekanan normal (Atmosfer)

2. Kemudian menghitung *Pressure absolute* menggunakan persamaan berikut :

$$P_{absolute} = P_{gauge\ absolute} \times 1\ bar \quad (2)$$

Keterangan :

*P<sub>absolute</sub>* : Tekanan yang ada pada peralatan

3. Setelah itu, menghitung *Pressure absolute* pada suhu 20°C ssebagai berikut :

$$P_{absolute\ 20^{\circ}C} = \frac{P_{absolute} \times 293}{273 + T_{SF_6}} \quad (3)$$

Keterangan :

*P<sub>absolute 20°C</sub>* : Tekanan udara pada suhu sekitar 20°C

*T* : Suhu gas SF<sub>6</sub>

4. Selanjutnya menghitung Tekanan Parsial yaitu :

$$P_{parsial} = \frac{Hasil\ Uji}{1\ M\ ohm} \times P_{absolute\ 20^{\circ}C} \quad (4)$$

Keterangan :

*P<sub>parsial</sub>* : Tekanan parsial uap air

5. Selanjutnya menghitung standarisasi sebagai berikut :

$$Standarisasi = \frac{0.004}{P_{gauge\ absolute}} \times 1000000 \quad (5)$$

6. Untuk menentukan nilai *dew point*, dilakukan perhitungan tekanan parsial berdasarkan nilai *moisture content*, tekanan dan suhu SF<sub>6</sub> saat pengujian menggunakan SF<sub>6</sub> Analyzer . Dari nilai tekanan parsial uap air yang didapatkan maka penulis merujuk ke table IEEE 1125 tahun 1993 [14]-[15] untuk mendapatkan nilai *dew point* pada suhu 20°C.

Setelah melakukan analisa dan perhitungan pada pengolahan data mengenai *Dew point* dan *Moisture Content* penulis dapat menyimpulkan dan memberikan pengetahuan mengenai kualitas gas SF<sub>6</sub> pengaruh suhu sekitar terhadap kualitas gas SF<sub>6</sub> dalam PMT Bay IBT 1 dan IBT 2 500 kV di GITET Gresik. Tentunya hal tersebut juga berguna ketika melakukan pemeliharaan PMT SF<sub>6</sub>.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Data dari hasil pengujian *Dew point* dan *moisture content* pada PMT Bay IBT 1 dan IBT 2 500kV di GITET Gresik dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1. Hasil pengujian *dew point* dan *moisture content***

PMT	Fasa	Moisture Content (ppmv)	Dew point (°C)		Tekanan (Bar)	Suhu (°C)
			Hasil Pengujian	Standar		
7AB1	R	233.93	-34.57	-5	7.10	32
	S	231.84	-34.67	-5	7.10	32
	T	295.48	-32.59	-5	7.10	32
7B1	R	233.98	-34.57	-5	7.30	32
	S	231.48	-34.67	-5	7.30	32
	T	295.48	-32.39	-5	7.30	32
7AB3	R	186.68	-36.64	-5	7.20	32
	S	152.26	-38.48	-5	7.00	32
	T	158.72	-38.11	-5	7.10	32
7A3	R	143.92	-38.99	-5	7.20	32
	S	183.61	-36.80	-5	7.00	32
	T	127.53	-40.06	-5	6.90	32

Perhitungan standarisasi PMT Bay IBT 1 dan IBT 2 500kV di GITET Gresik ada beberapa tahapan yang diperlukan untuk mencari nilai *Dew Point* pada suhu 20°C dan standarisasi *Moisture Content* yaitu menggunakan persamaan (1),(2),(3),(4) dan (5) sebagai berikut :

a. PMT 7AB1 phasa R

$$P_{gauge\ absolute} = 7,01 + 1,01 = 8,02\ Bar$$

$$P_{absolute} = 8.02\ bar \times 1\ bar \\ = 812626\ Pa$$

$$P_{absolute\ 20^{\circ}C} = \frac{812626 \times 293}{273 + 32} \\ = \frac{238099418}{305} \\ = 780653\ pa$$

$$P_{parsial} = \frac{233.93}{1000000} \times 780653 \\ = 182,61\ Pa \\ = 1,365\ mmHg$$

$$Standarisasi = \frac{0.004}{8,02} \times 1000000 = 498,75\ ppmv$$

Dari nilai tekanan parsial yang didapatkan yaitu 1,365 maka jika merujuk ke tabel IEEE 1125 tahun 1993 didapatkan nilai *Dew point* yaitu -14°C

b. PMT 7AB1 phasa S

$$P_{gauge\ absolute} = 7,01 + 1,01 = 8,02\ Bar$$

$$P_{absolute} = 8.02\ bar \times 1\ bar \\ = 812626\ Pa$$

$$P_{absolute\ 20^{\circ}C} = \frac{812626 \times 293}{273 + 32} \\ = \frac{238099418}{305} \\ = 780653\ pa$$

$$P_{parsial} = \frac{231.84}{1000000} \times 780653 \\ = 180,98\ Pa \\ = 1,357\ mmHg$$

$$Standarisasi = \frac{0.004}{8,02} \times 1000000 = 498,75\ ppmv$$

Dari nilai tekanan parsial yang didapatkan yaitu 1,357 maka jika merujuk ke tabel IEEE 1125 tahun 1993 didapatkan nilai *Dew point* yaitu -14°C

c. PMT 7AB1 phasa T

$$P_{gauge\ absolute} = 7,01 + 1,01 = 8,02\ Bar$$

$$P_{absolute} = 8.02\ bar \times 1\ bar \\ = 812626\ Pa$$

$$P_{absolute\ 20^{\circ}C} = \frac{812626 \times 293}{273 + 32}$$



$$= \frac{238099418}{305}$$

$$= 780653 \text{ pa}$$

$$P_{\text{parsial}} = \frac{295,84}{1000000} \times 780653$$

$$= 230,94 \text{ Pa}$$

$$= 1,730 \text{ mmHg}$$

$$\text{Standarisasi} = \frac{0.004}{8,02} \times 1000000 = 498,75 \text{ ppmv}$$

Dari nilai tekanan parsial yang didapatkan yaitu 1,730 maka jika merujuk ke tabel IEEE 1125 tahun 1993 didapatkan nilai *Dew point* yaitu -11°C.

Untuk hasil perhitungan standarisasi PMT 7B1, PMT 7AB3, dan PMT 7A3 sama dengan menggunakan persamaan (1),(2),(3),(4) dan (5) dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2. Hasil pengujian dan perhitungan *dew point* dan *moisture content***

PMT	Phasa	Moisture Content (ppmv)		Dew point (°C)			Tekanan (Bar)	Suhu (°C)
		Hasil Pengujian	Hasil Perhitungan	Hasil Pengujian	Hasil Perhitungan	Standar		
7AB1	R	233.93	< 498.75	-34.57	-14	< -5	7.10	32
	S	231.84	< 498.75	-34.67	-14	< -5	7.10	32
	T	295.48	< 498.75	-32.59	-11	< -5	7.10	32
7B1	R	233.98	< 481.34	-34.57	-14	< -5	7.30	32
	S	231.48	< 481.34	-34.67	-14	< -5	7.30	32
	T	295.48	< 487.21	-32.39	-11	< -5	7.20	32
7AB3	R	186.68	< 487.21	-36.64	-17	< -5	7.20	32
	S	152.26	< 499.37	-38.48	-19	< -5	7.00	32
	T	158.72	< 498.75	-38.11	-18	< -5	7.10	32
7A3	R	143.92	< 487.21	-38.99	-19	< -5	7.20	32
	S	183.61	< 499.37	-36.80	-17	< -5	7.00	32
	T	127.53	< 505.68	-40.06	-21	< -5	6.90	32

Dari hasil nilai pengujian *dew point* pada ke empat PMT diatas masih berada dalam status aman, sesuai dengan parameter pengujian karakteristik gas SF<sub>6</sub> untuk PMT dengan standar yang telah ditentukan yaitu -5°C.

Hasil yang cukup berbeda jauh nilainya antara hasil pengujian dengan hasil perhitungan pada suhu 20°C. Pada perhitungan di suhu 20°C nilai *dew point* pada ke empat PMT tersebut berada diantara *range* -11°C sampai dengan -21°C. Sedangkan pada hasil pengujian menggunakan alat uji SF<sub>6</sub> Analyzer didapatkan hasil antara -32°C sampai dengan -40°C. Hal tersebut bisa terjadi untuk hasil pengujian memiliki nilai lebih rendah dibandingkan hasil perhitungan, dikarenakan adanya pengaruh lingkungan yang cukup tinggi, yang menyebabkan titik embun pada kompartemen semakin rendah. Hal demikian juga sejalan dengan karakteristik gas SF<sub>6</sub> yang bisa mencair pada temperatur rendah.

Hasil dari nilai pengujian *Moisture content* pada ke empat PMT tersebut masih berada dalam status aman, sesuai dengan parameter pengujian karakteristik gas SF<sub>6</sub> untuk PMT dengan standar yang telah ditentukan yaitu < 2000 ppmv atau < 400 Pa (T=20°C).

Pada pengujian *Moisture content* di keempat PMT pada Bay IBT 1 (PMT 7AB1 dan PMT 7B1) dan Bay IBT 2 (PMT 7AB3 dan PMT 7A3) dapat dilihat bahwa perbedaan hasilnya tidak terlalu signifikan. Hal tersebut dapat diindikasikan bahwa PMT pada Bay IBT 1 memiliki waktu kerja yang cukup banyak atau pembebanan kerja yang jauh lebih besar dibandingkan dengan Bay IBT 2. Karena nilai *Moisture content* yang cukup tinggi ini mengartikan bahwa kandungan uap air dalam

kompartemen tersebut cukup banyak. Hal ini tentunya memiliki resiko untuk mengganggu kinerja SF<sub>6</sub> sebagai pemadam busur api.

## KESIMPULAN

Nilai *Dewpoint* dan nilai *Moisture Content* adalah kedua nilai yang berbanding lurus pada hasilnya, hal ini memiliki keterkaitan satu sama lain atau saling berpengaruh. Seperti pada pengujian ketika nilai *Dewpoint* semakin tinggi nilainya, maka untuk nilai *Moisture Content* juga akan semakin membesar atau mendekati batas maksimal toleransi standar. kedua parameter ini sangatlah penting dan berkaitan satu sama lain dalam nilainya. Apabila kedua nilai ini semakin tinggi/besar atau mendekati standar toleransi nya maka hal ini tentunya beresiko untuk SF<sub>6</sub> tidak dapat bekerja dengan baik sebagai pemadam busur api, dan dapat menimbulkan resiko lainnya seperti kebakaran atau kecelakaan kerja lainnya. Dikarenakan tekanan gas sebagai pemadam busur api pun akan ikut menurun akibat gas tersebut mencair (berkondensasi). Jika hasil dari nilai pengujian melebihi standar, seperti jika nilai *dewpoint* berada luar batas maksimum standarisasi yaitu -5°C, dan nilai *moisture content* <3960 ppmv atau <400 pa (T = 20°C). maka sangat dipastikan gas SF<sub>6</sub> tersebut perlu dilakukan penggantian, mengingat nilai dari kedua parameter tersebut sudah melewati dari standar yang ada akan mempengaruhi kinerja SF<sub>6</sub> sebagai media isolasi pemadam busur api tidak dapat bekerja dengan baik, dan akan memberikan dampak yang lebih buruk baik terhadap sistem maupun lingkungan sekitar.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada PT PLN (Persero) UPT Gresik Transmisi Jawa Bagian Timur dan Bali atas kesempatan telah diberikan untuk memperoleh sampel dan melakukan penelitian.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] SKDIR No. 0520-2K/DIR/2014, "Himpunan Buku Petunjuk Batasan Operasi Dan Pemeliharaan Penyaluran Tenaga Listrik - Buku Pedoman Pemeliharaan Pemutus Tenaga", (Dokumen: PDM/PGI/14:2014), PT PLN (Persero), 2018.
- [2] Arismunandar, A., Teknik Tegangan Tinggi Suplemen. Jakarta : Ghalia Indonesia. 1983.
- [3] Goeritno, A., Rasiman, S., and Komara, Z., "Kinerja Pemutus Tenaga Tegangan Tinggi Bermedia Gas SF<sub>6</sub> Berdasarkan Sejumlah Parameter Diri", Jurnal *EECCIS*, Vol.12 (2), pp. 104 -111, 2018.
- [4] Yulistiawan, Hasan, B., Hasbullah, "Analisis Penggunaan Gas Sf<sub>6</sub> Pada Pemutus Tenaga ( PMT ) di Gardu Induk Cigereleng Bandung", Jurnal *ELECTRANS*, Vol. 11 (2), pp. 81-93, 2012.
- [5] Ekaputra, H., Negara, I. M. Y., and Satriyadi, I. G. N., "Analisis Kinerja Insulasi SF<sub>6</sub> Pada Gas Insulated Switchgear (GIS) P3B Waru Berdasarkan Interpretasi Pengukuran Acoustic Insulation Analyzer (AIA) Menggunakan Metode Stokastik", *JURNAL TEKNIK POMITS* Vol. 1 (1), pp. 1-6, 2012.
- [6] Setiono, I, "Gas SF<sub>6</sub> (*Sulfur Hexa Fluorida*) Sebagai Pemadam Busur Api Pada Pemutus Tenaga (PMT) Di Saluran Transmisi Tegangan Tinggi", *METANA*, Vol. 13 (12), pp. 1-6, 2017.
- [7] SKDIR No. 0520-2K/DIR/2014, "Himpunan Buku Petunjuk Batasan Operasi Dan Pemeliharaan Penyaluran Tenaga Listrik - Buku Pedoman GIS", ( Dokumen : PDM/PGI/14:2014), PT PLN (Persero), 2014.
- [8] Pratama, I. A., and Arfianto, T., "Analisis Kualitas Gas SF<sub>6</sub> Pada Sealing End Terhadap Moisture Content dan Dewpoint Di Gis Kiaracandong PT PLN (Persero) Transmisi Jawa Bagian Tengah", *Rang Teknik Journal*, Vol. 2 (1), pp. 49-56, 2018.
- [9] Bachtiar, A., and Sudaryanto, T., "Evaluasi Keandalan Gis Simpang Haru Padang", *Jurnal Teknik Elektro ITP*, Vol 5 (2), pp. 165 - 169, 2016.
- [10] Nurjannah, D. S., Santoso, D. B., and Bangsa, I. A., "Analisa Pengujian Gas SF<sub>6</sub> Pada Pemutus Tenaga (PMT) 66 Kv Bay Reaktor 4R2 di GITET Bandung Selatan", *Power Elektronik : Jurnal Orang Elektro*, Vol.10 (2), pp. 57-59, 2021.
- [11] Sewagetra, Andri, Dini Fauziah, "Analisis *Moisture content* dan *Dewpoint* Gas SF<sub>6</sub> pada PMT Gardu Induk Cigelereng PT PLN (Persero) Transmisi Jawa Bagian Tengah. *SNETO 2021*, pp. 305 - 315. 2021.
- [12] Kurniawan, Rio Isa, Analisis Pengaruh Tekanan SF<sub>6</sub> Terhadap Kinerja Pemutus Tenaga (PMT) Di Gas Insulated Switchgear (GIS) Bangil - Pasuruan. Malang : Institute Teknologi Nasional Malang. 2007.

- [13] T. Nitta Y. Shibuyaya, "SF<sub>6</sub> Pressure Effect With Duty Of Circuit Breaker", IEEE Transaction On Power Insulation, Vol. 14, No.4, 1999.
- [14] IEEE, "IEEE Guide For Moisture Measurement and Control in SF<sub>6</sub> Gas-Insulated Equipment." *IEEE Std 1125 - 1993*. 50, 1993.
- [15] IEEE, "Recommended Practice for Emergency and Standby Power System for Industrial and Commercial Application." *IEEE Std 446 - 1995* 53, 1996.