

## ANALISIS PENGARUH KUALITAS GAS SULFUR HEKSAFLUORIDA (SF<sub>6</sub>) HASIL PURIFICATION PADA SEPARATING PLANT SEBAGAI MEDIA ISOLASI TEGANGAN TINGGI

Salsya Mika Lova<sup>1</sup>, P. Jannus<sup>1\*</sup>, Isnanda Nuriskasari<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta,  
Jl. Prof. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425

E-mail address: salsya.mika.lova.tm22@mhs.wpnj.ac.id [p.jannus@mesin.pnj.ac.id](mailto:p.jannus@mesin.pnj.ac.id)

### Abstrak

Gas sulfur heksafluorida (SF<sub>6</sub>) banyak digunakan sebagai media isolasi pada peralatan tegangan tinggi, namun kualitasnya dapat menurun akibat kontaminasi kelembapan dan produk dekomposisi selama operasional, sehingga berpotensi menurunkan kemampuan isolasi peralatan. Permasalahan tersebut mendorong perlunya proses *purification* menggunakan *separating plant* untuk mengembalikan kualitas gas, namun kelayakan teknis penggunaannya kembali (*reuse*) berdasarkan standar internasional belum banyak dikaji secara spesifik. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh kualitas gas SF<sub>6</sub> hasil *purification* pada *separating plant* DILO tipe B121R12 terhadap kelayakannya sebagai media isolasi tegangan tinggi. Penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif komparatif-eksperimental terhadap 41 sampel tabung gas SF<sub>6</sub> yang diuji sebelum dan sesudah pemurnian pada empat parameter kualitas, yaitu *purity*, *dew point*, *moisture*, dan dekomposisi produk (SO<sub>2</sub>), dengan analisis statistik deskriptif, uji normalitas Shapiro-Wilk, uji berpasangan Wilcoxon Signed-Rank, uji kelayakan One-Sample Test, dan uji korelasi Spearman Rank. Hasil penelitian menunjukkan bahwa proses pemurnian memberikan perubahan signifikan pada seluruh parameter ( $p < 0,05$ ), dengan seluruh 41 sampel (100%) sesudah pemurnian memenuhi standar IEC 60480: *purity* rata-rata 99,72%, *dew point* rata-rata -45,26°C, *moisture* rata-rata 70,35 ppmv, dan SO<sub>2</sub> tereliminasi sempurna menjadi 0 ppmv. Hasil uji korelasi menunjukkan bahwa *moisture* memiliki korelasi sangat kuat dengan *dew point* ( $r = 0,805$ ). Berdasarkan hasil ini, dapat disimpulkan bahwa gas SF<sub>6</sub> hasil *separating plant* layak digunakan kembali sebagai media isolasi tegangan tinggi, dengan *moisture/dew point* direkomendasikan sebagai parameter prioritas dalam pemantauan kualitas gas secara berkala.

Kata Kunci: Gas SF<sub>6</sub>, *Separating plant*, *Purification*, IEC 60480, Media Isolasi Tegangan Tinggi

### Abstract

Sulfur hexafluoride (SF<sub>6</sub>) gas is widely used as an insulation medium in high-voltage equipment, yet its quality can deteriorate due to moisture contamination and decomposition products during operation, potentially reducing the equipment's insulation capability. This issue necessitates a purification process using a separating plant to restore gas quality, although the technical feasibility of its reuse based on international standards has not been extensively studied. This study aims to analyze the effect of SF<sub>6</sub> gas quality resulting from purification at a DILO type B121R12 separating plant on its feasibility as a high-voltage insulation medium. The research employed a quantitative comparative-experimental approach on 41 SF<sub>6</sub> gas cylinder samples tested before and after purification across four quality parameters: *purity*, *dew point*, *moisture*, and decomposition products (SO<sub>2</sub>), using descriptive statistical analysis, the Shapiro-Wilk normality test, the Wilcoxon Signed-Rank paired test, the One-Sample suitability test, and the Spearman Rank correlation test. The results show that the purification process produced significant changes in all parameters ( $p < 0.05$ ), with all 41 samples (100%) meeting IEC 60480 standards after purification: average *purity* of 99.72%, average *dew point* of -45.26°C, average *moisture* of 70.35 ppmv, and SO<sub>2</sub> completely eliminated to 0 ppmv. Correlation analysis revealed a very strong correlation between *moisture* and *dew point* ( $r = 0.805$ ). Based on these findings, SF<sub>6</sub> gas from the separating plant is concluded to be suitable for reuse as a high-voltage insulation medium, with *moisture/dew point* recommended as a priority parameter for routine gas quality monitoring.

Keywords: SF<sub>6</sub> Gas, *Separating plant*, *Purification*, IEC 60480, High Voltage Insulation Medium

## 1. Pendahuluan

Gas sulfur heksafluorida ( $\text{SF}_6$ ) merupakan salah satu media isolasi paling banyak digunakan pada peralatan tegangan tinggi seperti Gas Insulated Switchgear (GIS) dan circuit breaker. Gas ini memiliki kekuatan dielektrik sekitar 2-3 kali lebih besar dibandingkan udara, bersifat elektronegatif, serta memiliki stabilitas kimia yang tinggi [1]. Namun dalam operasionalnya, kualitas gas  $\text{SF}_6$  dapat mengalami penurunan akibat kontaminasi kelembapan, degradasi akibat proses pemutusan arus, serta adanya partikel asing di dalam sistem [2].

Penurunan kualitas  $\text{SF}_6$  berdampak langsung pada kemampuan isolasi, yang dapat mengakibatkan flashover, kegagalan isolasi, hingga pemadaman listrik. Dalam konteks GIS yang beroperasi pada tekanan gas tertentu, penurunan kemurnian gas di bawah ambang batas kritis dapat mengurangi kekuatan dielektrik secara proporsional dan meningkatkan risiko kegagalan sistem [1]. Untuk mengatasi hal ini, dilakukan proses *purification* menggunakan *separating plant*. Standar IEC 60480 menetapkan batasan kualitas untuk penggunaan kembali gas  $\text{SF}_6$ , mencakup kemurnian ( $>97\%$  volume), kadar air ( $<200$  ppmv), dew point, dan kandungan produk dekomposisi [3].

Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa kandungan kelembapan dan produk dekomposisi dalam  $\text{SF}_6$  secara signifikan menurunkan kekuatan dielektrik gas [4]. Selain itu,  $\text{SF}_6$  dikenal sebagai gas rumah kaca dengan *Global Warming Potential* (GWP) sebesar 23.500 kali lebih besar dari  $\text{CO}_2$  dalam periode 100 tahun dan dapat bertahan di atmosfer hingga 3.200 tahun [9]. Urgensi pengelolaan gas  $\text{SF}_6$  semakin tinggi karena setiap kebocoran atau pembuangan yang tidak terkendali berdampak serius pada perubahan iklim global [9]. Oleh karena itu, proses purifikasi dan reuse gas  $\text{SF}_6$  menjadi strategi yang tidak hanya meningkatkan keandalan sistem, tetapi juga berkontribusi pada pengurangan emisi gas rumah kaca.

Namun masih terdapat keterbatasan penelitian yang secara khusus menganalisis pengaruh kualitas gas  $\text{SF}_6$  hasil purifikasi pada *separating plant* di Indonesia secara statistik. Selain itu, penelitian mengenai hubungan antar parameter kualitas gas  $\text{SF}_6$  serta implikasinya terhadap strategi pemeliharaan prediktif masih sangat terbatas [10]. Berdasarkan *research gap* tersebut, penelitian ini bertujuan: (1) menganalisis perubahan kualitas gas  $\text{SF}_6$  sebelum dan sesudah proses pemurnian, (2) mengevaluasi kelayakan *reuse* berdasarkan IEC 60480, dan (3) menyusun rekomendasi teknis pemeliharaan berbasis data hubungan antar parameter. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata bagi industri kelistrikan dalam menyusun strategi pemantauan kualitas gas  $\text{SF}_6$  dan mendukung program pemeliharaan prediktif yang lebih efisien.

## 2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif yang menggunakan data hasil pengujian 41 sampel tabung gas  $\text{SF}_6$  dari PT PLN (Persero) UIT JBB, yang diuji pada periode November-Desember 2025.

### 2.1 Objek dan Data Penelitian

Objek penelitian dalam skripsi ini adalah Gas ( $\text{SF}_6$ ) yang berasal dari peralatan sistem tenaga listrik tegangan tinggi yang telah mengalami kontaminasi selama masa operasional.



Gambar 2. 1 Gas sulfur heksafluorida ( $\text{SF}_6$ )

Pengumpulan data dilakukan secara primer dengan mencatat hasil pengujian Gas SF<sub>6</sub> sebelum proses *separating plant* dijadikan sebagai kondisi awal (*baseline atau pre-test*), sedangkan gas SF<sub>6</sub> setelah proses *separating plant* dijadikan sebagai kondisi akhir (*post-test*) untuk mengamati perubahan kualitas gas akibat proses pemurnian.

## 2.2 Metode Analisis Data

Analisis data dilakukan menggunakan SPSS dengan tahapan sebagai berikut:

- (1) Analisis statistik deskriptif untuk gambaran karakteristik data mencakup nilai rata-rata, standar deviasi, nilai minimum dan maksimum;
- (2) Uji normalitas Shapiro-Wilk untuk menentukan distribusi data dengan taraf signifikansi 5% ( $\alpha = 0,05$ );
- (3) Uji berpasangan Wilcoxon Signed-Rank untuk menguji efektivitas proses pemurnian pada data yang tidak berdistribusi normal;
- (4) Uji kelayakan *reuse* menggunakan One-Sample Wilcoxon (*purity*) dan One-Sample T-Test (*dew point, moisture*) terhadap batas standar IEC 60480; dan
- (5) Uji korelasi Spearman Rank untuk menganalisis hubungan antar parameter kualitas gas. Pemilihan metode non-parametrik didasarkan pada hasil uji normalitas Shapiro-Wilk yang menunjukkan sebagian besar data *pretest* tidak berdistribusi normal ( $\text{Sig.} < 0,05$ ) [7].

## 2.3 Peralatan dan Proses Pemurnian

Proses pemurnian dilakukan menggunakan *Separating plant* DILO tipe B121R12, yaitu peralatan pemurnian gas SF<sub>6</sub> yang mengintegrasikan fungsi *recovery, purification*, dan pengisian ulang dalam satu unit [5]. Unit ini dilengkapi dengan sistem kompresor bertekanan tinggi, filter partikel, filter kimia (untuk menyerap produk dekomposisi seperti SO<sub>2</sub> dan HF), serta filter molekuler (*molecular sieve*) untuk menyerap uap air. Kapasitas pemurnian unit ini mencapai 1 kg/jam gas SF<sub>6</sub> cair. Pengujian kualitas gas dilakukan menggunakan Multi-Analyzer SF<sub>6</sub> (DILO 3-038-R002) yang mampu mengukur secara simultan parameter kemurnian (*purity*), *dew point*, *moisture content*, dan kandungan gas dekomposisi (SO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, HF) dalam satu kali pengukuran. Setiap sampel tabung diuji dua kali, yaitu sebelum (*pretest*) dan setelah (*posttest*) proses pemurnian, untuk memperoleh data berpasangan yang valid.

## 2.4 Variabel Penelitian

Sesuai dengan desain penelitian komparatif-eksperimental yang digunakan, penelitian ini melibatkan tiga jenis variabel sebagai berikut:

**Variabel bebas (independent variable):** proses *purification* (pemurnian) menggunakan *separating plant* DILO tipe B121R12, yaitu perlakuan yang diberikan terhadap sampel gas SF<sub>6</sub> sehingga menghasilkan dua kondisi pengamatan, yaitu sebelum (*pretest*) dan sesudah (*posttest*) proses pemurnian.

**Variabel terikat (dependent variable):** kualitas gas SF<sub>6</sub> yang diukur melalui empat parameter, yaitu *purity, dew point, moisture content*, dan kandungan produk dekomposisi (SO<sub>2</sub>), yang diamati perubahannya sebagai akibat dari perlakuan *purification*.

**Variabel kontrol:** faktor-faktor yang dikendalikan agar tidak menjadi sumber bias dalam hasil pengukuran, meliputi jenis dan spesifikasi alat uji yang digunakan secara konsisten untuk seluruh sampel, yaitu Multi-Analyzer SF<sub>6</sub> DILO 3-038-R002; prosedur pengujian *pretest* dan *posttest* yang diterapkan secara seragam pada setiap sampel; sumber sampel gas SF<sub>6</sub> yang seluruhnya berasal dari PT PLN (Persero) UIT JBB; serta periode pengujian yang sama, yaitu November-Desember 2025. Pengendalian variabel-variabel tersebut dimaksudkan agar perubahan kualitas gas yang teramati dapat diatribusikan secara valid pada pengaruh proses *purification*, bukan pada faktor perancu (*confounding factor*) lainnya.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Karakteristik Data Penelitian

Analisis statistik deskriptif terhadap 41 sampel gas SF<sub>6</sub> menunjukkan perbaikan signifikan pada keempat parameter setelah proses pemurnian. Kondisi *pretest* menunjukkan variasi yang sangat lebar, terutama pada parameter *moisture* dengan rentang 81,16 hingga 7.358,00 ppmv, yang mencerminkan heterogenitas tingkat kontaminasi pada tabung-tabung gas dari berbagai peralatan GIS dengan riwayat operasional berbeda. Tabel 1 merangkum hasil statistik deskriptif secara lengkap.

Tabel 1. Hasil Uji Statistik Deskriptif

| Parameter                    | Range <i>Pretest</i> | Rata-rata <i>Pretest</i> | Range <i>Posttest</i> | Rata-rata <i>Posttest</i> |
|------------------------------|----------------------|--------------------------|-----------------------|---------------------------|
| <i>Purity (%)</i>            | 90,20 - 100,00       | 98,8268                  | 99,30 - 99,90         | 99,7244                   |
| <i>Dew point(°C)</i>         | -15,90 s.d. -44,70   | -34,9244                 | -36,80 s.d. -52,00    | -45,2634                  |
| <i>Moisture (ppmv)</i>       | 81,16 - 7.358,00     | 497,9124                 | 27,00 - 98,89         | 70,3544                   |
| <i>SO<sub>2</sub> (ppmv)</i> | 0,00 - 138,80        | 19,8854                  | 0,00 (konstan)        | 0,0000                    |

### 3.2 Uji Normalitas dan Uji Berpasangan

Uji normalitas Shapiro-Wilk menunjukkan sebagian besar data *pretest* tidak berdistribusi normal ( $\text{Sig.} = 0,000 < 0,05$ ), yang dapat dijelaskan oleh sifat data lapangan yang sangat bervariasi tergantung pada kondisi operasional masing-masing peralatan. Data *posttest* pada seluruh parameter cenderung lebih homogen karena proses pemurnian menstandarkan kualitas gas dalam rentang sempit yang mendekati nilai batas atas standar IEC 60480. Oleh karena itu, digunakan uji non-parametrik Wilcoxon Signed-Rank untuk pengujian berpasangan. Hasil uji Wilcoxon pada Tabel 2 membuktikan bahwa proses pemurnian memberikan perubahan yang signifikan pada seluruh parameter ( $p < 0,05$ ).

Tabel 2. Hasil Uji Wilcoxon Signed-Rank

| Parameter             | Nilai Z | Asymp. Sig. | Keterangan |
|-----------------------|---------|-------------|------------|
| <i>Purity</i>         | -4,920  | 0,000       | Signifikan |
| <i>Dew Point</i>      | -5,462  | 0,000       | Signifikan |
| <i>Moisture</i>       | -5,514  | 0,000       | Signifikan |
| <i>SO<sub>2</sub></i> | -3,200  | 0,001       | Signifikan |

Nilai *purity* meningkat dari rata-rata 98,83% menjadi 99,72%. Nilai *dew point* menurun (menjadi lebih negatif) dari -34,92°C menjadi -45,26°C, menunjukkan pengurangan kadar uap air secara signifikan. *Moisture* turun drastis dari 497,91 ppmv menjadi 70,35 ppmv, atau setara dengan penurunan sebesar 85,88% dari kondisi awal. Penurunan *moisture* yang sangat signifikan ini menunjukkan bahwa proses adsorpsi pada filter molekuler dalam *separating plant* DILO B121R12 bekerja secara efektif [5]. Kandungan *SO<sub>2</sub>* tereliminasi sempurna menjadi 0 ppmv pada seluruh 41 sampel, mengindikasikan bahwa filter kimia dalam sistem pemurnian mampu menyerap produk dekomposisi secara menyeluruh [6].

### 3.3 Evaluasi Kelayakan Reuse Berdasarkan IEC 60480

Evaluasi kelayakan dilakukan dengan membandingkan nilai *posttest* terhadap batas standar IEC 60480 [3]. Standar ini menetapkan bahwa gas *SF<sub>6</sub>* yang akan digunakan kembali harus memenuhi persyaratan: kemurnian ( $>97\%$  volume), kadar air ( $<200$  ppmv), *dew point* ( $<-36^{\circ}\text{C}$ ), dan kandungan *SO<sub>2</sub>* ( $<12$  ppmv). Berdasarkan uji One-Sample Wilcoxon untuk *purity* (test value 97%), diperoleh Standardized Test Statistic 4,978 dengan  $\text{Sig.} = 0,000 < 0,05$ , menunjukkan nilai *purity posttest* secara signifikan berada di atas batas 97% [3]. Uji One-Sample T-Test untuk *dew point* (batas  $-36^{\circ}\text{C}$ ) menghasilkan  $t = -22,561$ ,  $\text{Sig.} = 0,000$ , Mean Difference =  $-9,26^{\circ}\text{C}$ , artinya *dew point posttest* jauh di bawah batas yang dipersyaratkan. Untuk *moisture* (batas 200 ppmv), diperoleh  $t = -46,389$ ,  $\text{Sig.} = 0,000$ , Mean Difference =  $-129,65$  ppmv, menunjukkan kadar air jauh di bawah batas yang dipersyaratkan oleh standar [7]. Parameter *SO<sub>2</sub>* dievaluasi secara deskriptif: seluruh 41 sampel bernilai 0,00 ppmv, jauh di bawah batas IEC 60480 sebesar 12 ppmv. Hasil ini selaras dengan penelitian Aprianto dan Nurwijayanti yang menemukan bahwa proses reklamasi gas *SF<sub>6</sub>* secara efektif dapat mengembalikan kualitas gas ke dalam rentang standar operasional [2]. Dengan demikian, seluruh 41 sampel (100%) dinyatakan layak untuk digunakan kembali sebagai media isolasi pada peralatan tegangan tinggi.

Jika dibandingkan secara lebih kritis, efektivitas proses *purification* pada penelitian ini menunjukkan keunggulan yang lebih terukur dibandingkan penelitian reklamasi/pemurnian gas *SF<sub>6</sub>* terdahulu. Penelitian Aprianto dan Nurwijayanti melaporkan perbaikan pada parameter *moisture content* dan *dew point* akibat proses reklamasi, namun dilakukan pada objek GIS miniatur skala laboratorium dan tidak disertai evaluasi kelayakan *reuse* berdasarkan IEC 60480 secara eksplisit [2]. Demikian pula, penelitian Mukti dan Samsurizal melaporkan

perbaikan kualitas gas SF<sub>6</sub> pada bay penghantar GIS Kebun Sirih yang mendekati standar operasional, tetapi cakupan parameternya lebih terbatas dan tidak membahas kelayakan *reuse* secara spesifik terhadap standar IEC 60480 [6]. Berbeda dengan kedua penelitian tersebut, penelitian ini membuktikan secara kuantitatif bahwa seluruh 41 sampel (100%) mencapai kepatuhan penuh terhadap keempat parameter IEC 60480 secara simultan pada peralatan operasional nyata, didukung oleh pengujian statistik formal (Wilcoxon Signed-Rank dan One-Sample Test) pada setiap parameter serta persentase penurunan *moisture* yang terukur sebesar 85,88%. Dengan demikian, tingkat efektivitas proses *purification* pada *separating plant* DILO B121R12 dapat dinyatakan lebih terverifikasi secara statistik dan lebih komprehensif dibandingkan studi-studi reklamasi/purifikasi SF<sub>6</sub> sebelumnya yang bersifat deskriptif dan parsial.

### 3.4 Analisis Korelasi Antar Parameter

Uji korelasi Spearman Rank dilakukan terhadap data *pretest* untuk mengidentifikasi hubungan antar parameter kualitas gas SF<sub>6</sub> dalam kondisi terkontaminasi. Penggunaan data *pretest* dipilih karena data *posttest* cenderung sangat seragam (SO<sub>2</sub> = 0 pada semua sampel) sehingga tidak memungkinkan analisis korelasi yang bermakna. Interpretasi kekuatan korelasi mengacu pada kriteria Sugiyono (2019): 0,00–0,199 (sangat lemah), 0,20–0,399 (lemah), 0,40–0,599 (sedang), 0,60–0,799 (kuat), dan 0,80–1,00 (sangat kuat). Hasil selengkapnya disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Uji Korelasi Spearman

| Pasangan Parameter                | r      | Sig.  | Interpretasi                     |
|-----------------------------------|--------|-------|----------------------------------|
| <i>Purity vs Moisture</i>         | -0,388 | 0,012 | Lemah negatif (signifikan)       |
| <i>Purity vs SO<sub>2</sub></i>   | -0,401 | 0,009 | Sedang negatif (signifikan)      |
| <i>Moisture vs SO<sub>2</sub></i> | 0,277  | 0,079 | Lemah positif (tidak signifikan) |
| <i>Moisture vs Dew Point</i>      | 0,805  | 0,000 | Sangat kuat positif (signifikan) |

Korelasi sangat kuat antara *moisture* dan *dew point* ( $r = 0,805$ ) mengkonfirmasi bahwa keduanya mengukur fenomena fisik yang sama yaitu kandungan uap air dalam gas. Hal ini konsisten dengan hukum fisika dimana tekanan uap air dalam gas secara langsung menentukan titik embun (*dew point*), sehingga keduanya merupakan representasi dari satu variabel yang sama, yaitu kadar kelembapan [7]. Korelasi negatif *purity* terhadap SO<sub>2</sub> ( $r = -0,401$ ) menunjukkan bahwa produk dekomposisi berkontribusi pada penurunan kemurnian gas, sesuai dengan temuan Wu et al. (2020) yang menyatakan bahwa produk dekomposisi SF<sub>6</sub> secara langsung mempengaruhi kemurnian gas [4]. Tidak terdapatnya korelasi signifikan antara *moisture* dan SO<sub>2</sub> mengindikasikan bahwa kedua parameter ini berasal dari mekanisme kontaminasi yang berbeda: *moisture* berasal dari infiltrasi udara luar, sedangkan SO<sub>2</sub> dihasilkan dari proses pemutusan arus listrik di dalam peralatan [8].

### 3.5 Rekomendasi Teknis

Berdasarkan hasil analisis, rekomendasi teknis pemeliharaan gas SF<sub>6</sub> adalah sebagai berikut. Pertama, menjadikan *moisture/dew point* sebagai parameter prioritas pemantauan dalam program *predictive maintenance*, karena *moisture* memiliki hubungan signifikan terhadap *purity* dan korelasi sangat kuat terhadap *dew point* ( $r = 0,805$ ). Pendekatan ini efisien secara biaya karena pengukuran *dew point* umumnya lebih mudah dilakukan di lapangan dibandingkan analisis *moisture* langsung [7]. Kedua, menggunakan pengukuran *dew point* sebagai indikator cepat estimasi kadar *moisture* di lapangan. Ketiga, melakukan inspeksi terpisah terhadap indikasi peluahan listrik untuk pemantauan SO<sub>2</sub>, karena SO<sub>2</sub> tidak berkorelasi signifikan dengan *moisture* dan berasal dari mekanisme yang berbeda [8]. Keempat, menjadwalkan proses pemurnian secara berkala menggunakan *separating plant* sebelum *reuse* gas, mengacu pada Pedoman Pemeliharaan GIS PLN [5]. Kelima, membangun basis data historis kualitas gas untuk mendukung pemeliharaan prediktif dan pengambilan keputusan berbasis data dalam manajemen aset GIS [10].

## 4. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis terhadap 41 sampel gas SF<sub>6</sub> menggunakan *Separating plant* DILO tipe B121R12, disimpulkan:



- (1) Proses pemurnian terbukti signifikan secara statistik meningkatkan kualitas gas SF<sub>6</sub> pada seluruh empat parameter (uji Wilcoxon,  $p < 0,05$  pada semua parameter). *Purity* meningkat dari rata-rata 98,83% menjadi 99,72%, *dew point* turun dari -34,92°C menjadi -45,26°C, *moisture* turun dari 497,91 ppmv menjadi 70,35 ppmv, dan SO<sub>2</sub> tereliminasi sempurna menjadi 0 ppmv.
- (2) Seluruh 41 sampel (100%) memenuhi seluruh batas standar IEC 60480 setelah proses pemurnian, sehingga gas SF<sub>6</sub> hasil *separating plant* dinyatakan layak digunakan kembali sebagai media isolasi tegangan tinggi.
- (3) Parameter *moisture* memiliki keterkaitan paling dominan dengan parameter lainnya, terutama korelasi sangat kuat dengan *dew point* ( $r = 0,805$ ), sementara *purity* berkorelasi negatif sedang terhadap SO<sub>2</sub> ( $r = -0,401$ ). Tidak terdapat korelasi signifikan antara *moisture* dan SO<sub>2</sub>, mengindikasikan mekanisme kontaminasi yang berbeda untuk kedua parameter tersebut. *Moisture* direkomendasikan sebagai parameter utama pemantauan dalam program predictive maintenance peralatan GIS.
- (4) Secara keseluruhan, penelitian ini membuktikan bahwa proses purifikasi menggunakan *separating plant* DILO B121R12 merupakan solusi teknis yang efektif dan terstandar untuk mengembalikan kualitas gas SF<sub>6</sub> bekas pakai ke dalam kondisi yang memenuhi persyaratan standar IEC 60480. Penerapan program pemeliharaan prediktif berbasis parameter *moisture* dan *dew point* direkomendasikan sebagai strategi jangka panjang untuk menjaga keandalan peralatan GIS dan meminimalkan risiko kegagalan isolasi pada sistem tenaga listrik tegangan tinggi.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada PT PLN (Persero) UIT JBB yang telah memberikan data dan dukungan lapangan dalam penelitian ini, serta kepada Politeknik Negeri Jakarta atas dukungan akademis yang diberikan.

## REFERENSI

- [1] M. Ridwan, S. Pambudi, and U. Latifa, "Penggunaan Gas SF<sub>6</sub> Sebagai Media Isolasi Pemutus Tenaga," J. Ilm. Wahana Pendidikan, vol. 2023, no. 12, pp. 319-325, 2023.
- [2] S. Aprianto and N. K. Nurwijayanti, "Analisis Hasil Reklamasi Gas Terhadap Kondisi SF<sub>6</sub> Kompartemen Bay Jatirangon GIS 150 KV," IKRA-ITH Teknol., vol. 8, no. 3, pp. 22-31, 2024.
- [3] ISO 15835-1, "International Standard," 61010-1, 2009.
- [4] P. Wu, X. Zhang, D. Chen, and J. Tang, "Adsorption of SF<sub>6</sub> Decomposed Products on ZnO-Modified C3N: A Theoretical Study," 2020.
- [5] Buku Pedoman Pemeliharaan Gas Insulated Substation (GIS), "Pedoman Pemeliharaan GIS," Pdm/Pgi/14:2014, 2014.
- [6] C. D. M. Mukti and S. Samsurizal, "Analisis Kualitas Gas SF<sub>6</sub> sebagai Media Isolasi Bay Penghantar Budikemuliaan 2 GIS Kebun Sirih," Semin. Nas. Tek. Elektro, 2023.
- [7] P. Slamet, R. Sarwo, B. Hariadi, and A. J. Marbun, "Comprehensive Evaluation of *Moisture* and *Dew point* Characteristics of SF<sub>6</sub> Gas in 150 kV GIS Circuit Breakers," vol. 77, no. 2, 2025.
- [8] M. Jamal, "Evaluasi Kualitas Gas SF<sub>6</sub> pada Gas Insulated Switchgear Setelah Revitalisasi," Electr. J. Rekayasa dan Teknol. Elektro, vol. 19, no. 2, pp. 221-231, 2025.
- [9] Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), "Climate Change 2021: The Physical Science Basis - Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report," Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom, 2021.
- [10] R. Kurniawan and A. Wibowo, "Implementasi Sistem Manajemen Aset Berbasis Data pada Peralatan Gas Insulated Switchgear di Gardu Induk Tegangan Tinggi," J. Teknol. Elektro dan Kejuruan, vol. 16, no. 1, pp. 45-54, 2023.