

EVALUASI KUALITAS GAS SF6 PADA GAS INSULATED SWICTHGEAR (GIS) SETELAH REVITALISASI

(STUDI KASUS PADA PT. PLN (PERSERO) GIS SIMPANG)

TUGAS AKHIR

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar S1

Pada Program Studi Teknik Elektro

Universitas Islam Sultan Agung Semarang



Di Susun Oleh :

MARIO JAMAL

30602200185

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
SEMARANG**

2025

***EVALUATION OF SF₆ GAS QUALITY IN GAS
INSULATED SWITCHGEAR (GIS) AFTER
REVITALIZATION***

CASE STUDY AT PT. PLN (Persero) GIS SIMPANG

FINAL PROJECT

*Proposed to complete the requirement to obtain a bachelor's degree (S1) at
Department of Electrical Engineering, Faculty of Industrial Technology, Sultan
Agung Islamic University*



Di Susun Oleh :

MARIO JAMAL

30602200185

DEPARTEMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
SEMARANG

2025

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

Laporan Tugas Akhir dengan judul “EVALUASI KUALITAS GAS SF6 PADA GAS INSULATED SWICTHGEAR (GIS) SETELAH REVITALISASI STUDI KASUS PADA PT. PLN (PERSERO) GIS SIMPANG” ini disusun oleh:

Nama : MARIO JAMAL
NIM : 30602200185
Program Studi : Teknik Elektro

Telah disahkan dan disetujui oleh dosen pembimbing pada:

Hari : Kamis
Tanggal : 27 Februari 2025

Pembimbing I


Prof. Dr. Ir. Hj. Sri Arttini Dwi P., M.Si.
NIDN : 0620026501

Mengetahui,

Ka. Program Studi Teknik Elektro



Jenny Putri Hapsari, ST., MT.
NIDN : 0607018501

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

Laporan Tugas Akhir dengan judul “EVALUASI KUALITAS GAS SF6 PADA GAS INSULATED SWICTHGEAR (GIS) SETELAH REVITALISASI STUDI KASUS PADA PT. PLN (PERSERO) GIS SIMPANG” ini telah dipertahankan di depan Penguji sidang Tugas Akhir pada:

Hari : Kamis
Tanggal : 27 Februari 2025

Tim Penguji

Tanda Tangan

Dr. Muhammad Khosvi'in. ST.,MT.,IPM.

NIDN : 0625077901

Ketua

Dr.Ir. Agus Adhi Nugroho.MT.,IPM.

NIDN : 0628086501

Penguji I

Prof. Dr. Ir. Hj. Sri Arttini Dwi P.,M.Si.

NIDN : 0620026501

Penguji II

SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Mario Jamal
NIM : 30602200185
Jurusan : Teknik Elektro
Fakultas : Fakultas Teknologi Industri

Dengan ini saya menyatakan bahwa Tugas Akhir yang diajukan dengan judul **“EVALUASI KUALITAS GAS SF6 PADA GAS INSULATED SWICTHGEAR (GIS) SETELAH REVITALISASI STUDI KASUS PADA PT. PLN (PERSERO) GIS SIMPANG”** adalah hasil karya sendiri, tidak pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di perguruan tinggi lain maupun ditulis dan diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam daftar pustaka. Tugas Akhir ini adalah milik saya segala bentuk kesalahan dan kekeliruan dalam Tugas Akhir ini adalah tanggung jawab saya.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sadar dan penuh tanggung jawab.

Semarang, 27 Februari 2025

Yang Menyatakan



Mario Jamal

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI ILMIAH

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Mario Jamal
NIM : 30602200185
Program Studi : Teknik Elektro
Fakultas : Teknologi Industri

Dengan ini saya menyerahkan karya ilmiah berupa Tugas Akhir dengan judul **“EVALUASI KUALITAS GAS SF6 PADA GAS INSULATED SWICTHGEAR (GIS) SETELAH REVITALISASI STUDI KASUS PADA PT. PLN (PERSERO) GIS SIMPANG”** dan menyetujui menjadi hak milik Universitas Islam Sultan Agung serta memberikan hak bebas royalti non-eksklusif untuk disimpan, dialih mediakan, dikelola dalam pangkalan data dan publikasinya di internet atau media lain untuk kepentingan akademis selama tetap mencantumkan nama penulis sebagai pemilik Hak Cipta.

Pernyataan ini saya buat dengan sungguh-sungguh. Apabila dikemudian hari terbukti ada pelanggaran Hak Cipta/ Plagiarisme dalam karya ilmiah ini, maka segala bentuk tuntutan hukum yang timbul akan saya tanggung secara pribadi tanpa melibatkan pihak Universitas Islam Sultan Agung

Semarang, 27 Februari 2025

Yang Menyatakan



Mario Jamal

PERSEMBAHAN DAN MOTTO

Persembahan :

Pertama,

Tugas Akhir ini akan saya persembahkan kepada kedua orang tua saya yang saya cintai bapak (Alm) Jamalus & ibu (Almh) Masni Wilis yang sudah membesarkan saya, memberikan dukungan dan menjadi motivasi hidup saya dalam menyelesaikan studi saya hingga saat ini dan juga kepada saudara saya yang menyemangati saya, serta istri saya (Chindy Claudya) merupakan penunjang untuk dapat menyelesaikan perkuliahan.

Kedua,

Untuk Dosen pembimbing, Dosen Teknik Elektro, beserta admin Teknik Elektro yang selalu sabar menghadapi saya, memberikan ilmu, saran dan pengarahannya.

Ketiga,

Untuk teman seperjuangan Tugas Akhir dan tidak lupa teman-teman Teknik Elektro angkatan 2022 yang saling memberikan dukungan.

Motto :

“Maka sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan” (QS Al Insyirah : 5)

“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya”
(QS. Al Baqarah : 286)

“Dan bersabarlah. Sesungguhnya Allah beserta orang – orang yang sabar” (AQ. Al
Baqarah : 153)

“Sesungguhnya Allah tidak akan mengubah keadaan suatu kaum sebelum mereka
mengubah keadaan diri mereka sendiri”
(QS. Ar Ra’d : 11)

“Dan apabila dikatakan. “Berdirilah kamu,” maka berdirilah, niscaya Allah akan
mengangkat (derajat) orang – orang yang beriman diantaramu dan orang – orang
yang diberi ilmu beberapa derajat”
(QS. Al Mujadilah : 11)

“ Siapa yang menempuh jalan untuk mencari ilmu, maka Allah akan memudahkan
baginya jalan menuju surga”
(HR. Muslim. No. 2699)

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Alhamdulillahirobbilalamin segala puja dan puji syukur yang tak terhingga atas kehadiran Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat serta hidayah -Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan sekaligus laporan tugas akhir yang berjudul “Evaluasi Kualitas Gas SF6 pada *Gas Insulated Switchgear* (GIS) setelah Revitalisasi Studi Kasus pada PT.PLN (PERSERO) GIS Simpang” dengan sebaik -baiknya. Sholawat serta salam senantiasa tercurahkan kepada Nabi besar kita Nabi Muhammad SAW.

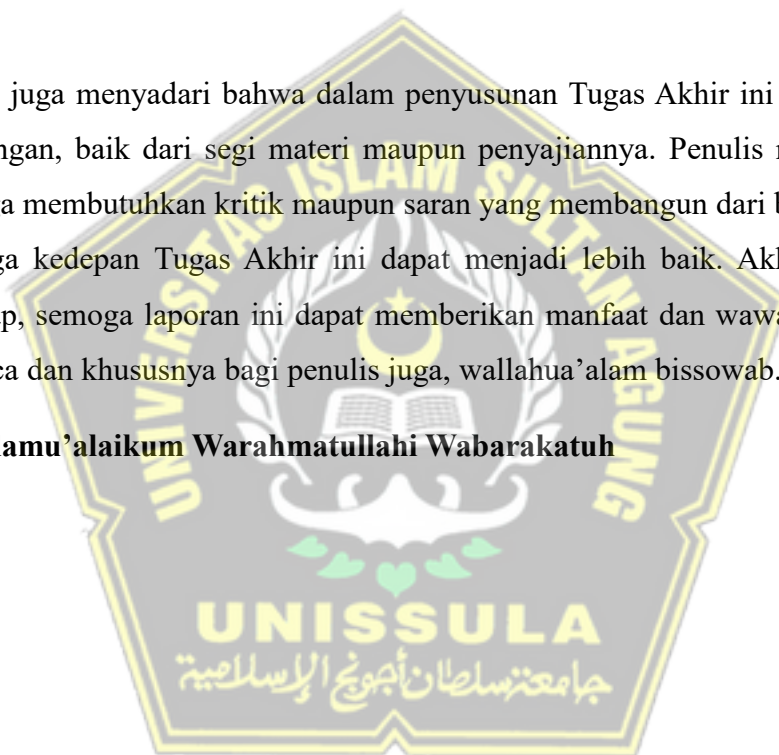
Laporan tugas akhir merupakan salah satu syarat bagi mahasiswa/i untuk meraih gelar sarjana (S1) di program studi Teknik Elektro, Universitas Islam Sultan Agung Semarang. Dalam penyusunan laporan tugas akhir ini tidak lepas mendapat bantuan dari berbagai pihak. Dengan rasa setulus hati, penulis ingin menyampaikan banyak terimakasih kepada :

1. Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan ridhonya serta memberikan ketabahan, kesabaran dan kelapangan hati serta pikiran dalam menimba ilmu.
2. Bapak Prof. Dr. H. Gunarto, SH., MH selaku Rektor Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
3. Ibu Dr. Ir. Novi Marlyana, ST., MT., selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
4. Ibu Jenny Putri Hapsari, S.T., MT., selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
5. Terimakasih kepada Dosen Pembimbing saya ibu Prof. Dr. Ir. Hj. Sri Arttini Dwi P., M.Si. yang telah memberikan bimbingan dan dukungan dalam penyusunan Tugas Akhir ini.

6. Seluruh Dosen dan Karyawan Jurusan Teknik Elektro, Universitas Islam Sultan Agung Semarang atas ilmu, bimbingan, dan bantuannya sehingga penulis bisa menyelesaikan Tugas Akhir ini.
7. Kedua orang tua saya tercinta yang telah memberikan dukungan baik materil maupun non materiil.
8. Kepada sahabat seperjuangan saya, yaitu Mahasiswa Teknik Elektro angkatan 2022 yang membantu dalam pembuatan laporan Tugas Akhir ini.

Penulis juga menyadari bahwa dalam penyusunan Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan, baik dari segi materi maupun penyajiannya. Penulis meminta maaf dan juga membutuhkan kritik maupun saran yang membangun dari berbagai pihak, sehingga kedepan Tugas Akhir ini dapat menjadi lebih baik. Akhirnya penulis berharap, semoga laporan ini dapat memberikan manfaat dan wawasan bagi para pembaca dan khususnya bagi penulis juga, wallahua'alam bissowab.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh



Semarang, 27 Februari 2024

Mario Jamal

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	iii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI	iv
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	v
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	vi
PERSEMBAHAN DAN MOTTO	vii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xv
ABSTRAK	xvi
ABSTRACT	xvii
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
I.1 Latar Belakang	1
I.2 Perumusan Masalah	2
I.3 Pembatasan Masalah	3
I.4 Tujuan Penelitian	3
I.5 Manfaat Penelitian	3
I.6 Sistematika Penulisan	4
BAB II	5
TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	5
2.1 Tinjauan Pustaka	5
2.2 Landasan Teori	6
2.2.1 Gas Insulated Swichgear (GIS)	6
2.2.2. Karakteristik Gas SF6	8
2.2.3 Pengujian Kualitas Gas SF6	11
2.2.4 Ringkasan Satuan Pengukuran untuk Ketidakmurnian	16

2.2.5 Revitalisasi GIS	17
2.2.6 Evaluasi Kualitas Gas SF6	18
2.2.7 Analisis Statistik Pada Kualitas Gas SF6 dengan Uji - Mann Wheatney .	20
BAB III	23
METODE PENELITIAN	23
3.1 Model Penelitian	23
3.2 Data Hasil Pengujian Kualitas Gas SF6	24
3.2.1 Data kualitas Gas SF6 Sebelum dilakukan revitalisasi	24
3.2.2 Data kualitas gas SF6 setelah dilakukan revitalisasi.	27
3.3 Diagram Alir	30
3.4 Tahapan Penelitian Evaluasi Kualitas Gas SF6 Pasca Revitalisasi:	31
3.5 Proses Pengolahan data Statistik Uji Mann-Whitney dengan SPSS	33
3.5.1 Alat dan Bahan	33
3.5.2 Proses Olah data	33
BAB IV	38
DATA DAN ANALISA	38
4.1 Hasil Penelitian	38
4.2 Evaluasi Pengujian Kualitas Gas SF6 sebelum Revitalisasi	38
4.3 Evaluasi Pengujian Kualitas Gas SF6 setelah Revitalisasi	42
4.4 Riwayat Anomali Sebelum dan Setelah Revitalisasi	45
4.5 Uji - Mann Whitney efektifitas proses revitalisasi di dalam meningkatkan kinerja GIS	47
4.5.1 Uji Mann whitney <i>Purity</i>	47
4.5.2 Uji Mann Whitney <i>Moisture Content</i>	48
4.5.3 Uji Mann Whitney Dew Point	50
4.5.4 Uji Mann Whitney <i>Decomposition Product</i> (SO2)	51
BAB V	54
KESIMPULAN DAN SARAN	54
5.1 Kesimpulan	54
5.2 Saran	55

Daftar Pustaka	56
----------------------	----



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Kemampuan SF6 dalam memadamkan busur api	9
Gambar 2. 2 Pengujian Purity dan Dew Point SF6.	12
Gambar 2. 3 Reaksi kimia terbentuknya decomposition products SF6.	14
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian	30
Gambar 3. 2 Tampilan Awal SPSS	33
Gambar 3. 3 Halaman Variabel View aplikasi SPSS	34
Gambar 3. 4 Inputan Label pada aplikasi SPSS	34
Gambar 3. 5 Inputan Values pada aplikasi SPSS	35
Gambar 3. 6 Tampilan Halaman Data View aplikasi SPSS	36
Gambar 3. 7 Melakukan Analisa Statistik pada aplikasi SPSS	36
Gambar 3. 8 Hasil Ouput SPSS	37



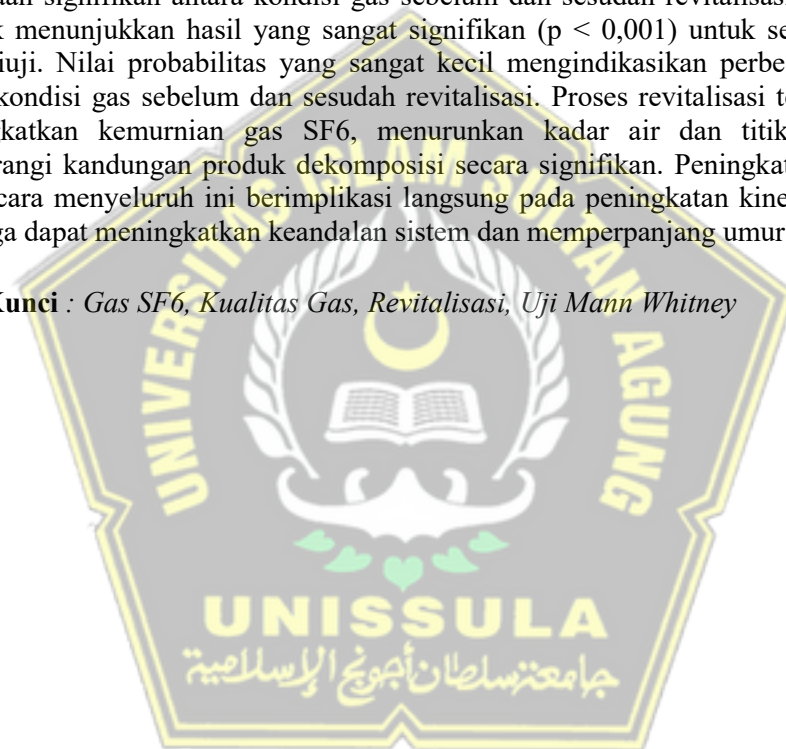
DAFTAR TABEL

Tabel 2 1 Kualitas SF6 sebagai isolasi GIS	9
Tabel 2.2 <i>Decomposition Products</i> SF6	15
Tabel 3.1 Data Kualitas Gas SF6 Sebelum revitalisasi.....	24
Tabel 3.2 Data Kualitas Gas SF6 Sesudah revitalisasi	27
Tabel 4. 1 Kualitas Gas SF6 sebelum Revitalisasi bay line Ngagel 1	38
Tabel 4. 2 Kualitas Gas SF6 sebelum Revitalisasi bay line Ngagel 2	39
Tabel 4. 3 Kualitas Gas SF6 sebelum Revitalisasi bay Trafo 1	40
Tabel 4. 4 Kualitas Gas SF6 sebelum Revitalisasi bay Trafo 2	41
Tabel 4. 5 Kualitas Gas SF6 sebelum Revitalisasi bay Kopel	41
Tabel 4. 6 Kualitas Gas SF6 setelah Revitalisasi bay Ngagel 1	42
Tabel 4. 7 Kualitas Gas SF6 setelah Revitalisasi bay Ngagel 2	43
Tabel 4. 8 Kualitas Gas SF6 setelah Revitalisasi bay Trafo 1	44
Tabel 4. 9 Kualitas Gas SF6 setelah Revitalisasi bay Trafo 2	44
Tabel 4. 10 Kualitas Gas SF6 setelah Revitalisasi bay Kopel	45
Tabel 4. 11 Riwayat Anomali Sebelum dan Sesudah Revitalisasi	45
Tabel 4. 12 Hasil Peringkat data Uji Mann Wheatney dari <i>Purity</i> (Kemurnian) Gas SF6	47
Tabel 4. 13 Test Statistik <i>Purity</i> Gas SF6	48
Tabel 4. 14 Hasil Peringkat data Uji Mann Whitney dari <i>Moisture Content</i> Gas SF6	48
Tabel 4. 15 Test Statistik <i>Moisture Content</i> Gas SF6	49
Tabel 4. 16 Hasil Peringkat data Uji Mann Wheatney dari <i>Dew Point</i> Gas SF6	50
Tabel 4. 17 Test Statistik <i>Dew Point</i> Gas SF6	50
Tabel 4. 18 Hasil Peringkat data Uji Mann Wheatney dari <i>Decomposition Product</i> Gas SF6	51
Tabel 4. 19 Test Statistik <i>Decomposition Product</i> Gas SF6	52

ABSTRAK

Gas Insulated Switchgear (GIS) merupakan komponen krusial dalam sistem transmisi tenaga listrik yang menggunakan gas SF₆ sebagai media isolasi. Seiring waktu, kualitas gas SF₆ dapat menurun akibat kebocoran, dekomposisi, kontaminasi, atau usia peralatan, yang berdampak negatif pada kinerja dan keandalan GIS. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi efektivitas revitalisasi pada GIS Simpang milik PT. PLN (Persero) untuk mengatasi masalah pemburukan kualitas gas SF₆. Fokus evaluasi meliputi *Purity* (kemurnian), kadar air (*moisture content*), titik embun (*dew point*), dan kandungan produk dekomposisi gas SF₆. Metode komparasi digunakan dengan membandingkan hasil pengujian kualitas gas SF₆ sebelum dan sesudah revitalisasi dengan standar yang berlaku. Analisis statistik non-parametrik Mann-Whitney digunakan untuk menganalisis perbedaan signifikan antara kondisi gas sebelum dan sesudah revitalisasi. Hasil analisis statistik menunjukkan hasil yang sangat signifikan ($p < 0,001$) untuk semua parameter yang diuji. Nilai probabilitas yang sangat kecil mengindikasikan perbedaan signifikan antara kondisi gas sebelum dan sesudah revitalisasi. Proses revitalisasi terbukti berhasil meningkatkan kemurnian gas SF₆, menurunkan kadar air dan titik embun, serta mengurangi kandungan produk dekomposisi secara signifikan. Peningkatan kualitas gas SF₆ secara menyeluruh ini berimplikasi langsung pada peningkatan kinerja isolasi GIS, sehingga dapat meningkatkan keandalan sistem dan memperpanjang umur pakai peralatan.

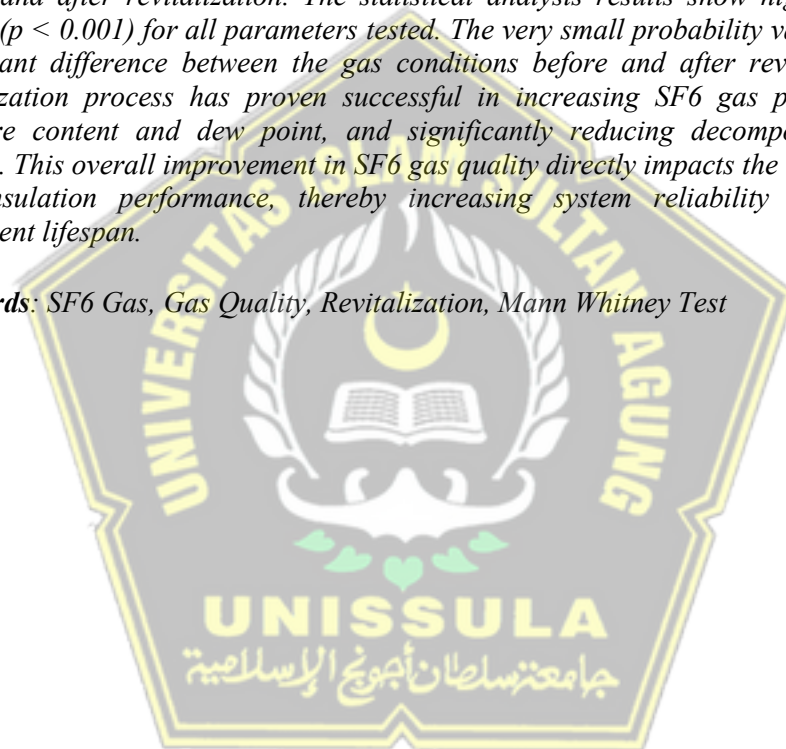
Kata Kunci : *Gas SF₆, Kualitas Gas, Revitalisasi, Uji Mann Whitney*



ABSTRACT

Gas Insulated Switchgear (GIS) is a crucial component in electrical power transmission systems that utilizes SF₆ gas as an insulation medium. Over time, the quality of SF₆ gas can degrade due to leaks, decomposition, contamination, or equipment aging, negatively impacting GIS performance and reliability. This research aims to evaluate the effectiveness of revitalization on the Simpang GIS owned by PT. PLN (Persero) to address the issue of SF₆ gas quality degradation. The evaluation focuses on Purity, moisture content, dew point, and decomposition product content of the SF₆ gas. A comparative method is employed by comparing the SF₆ gas quality test results before and after revitalization with applicable standards. The non-parametric Mann-Whitney statistical analysis is used to analyze significant differences between the gas conditions before and after revitalization. The statistical analysis results show highly significant results ($p < 0.001$) for all parameters tested. The very small probability value indicates a significant difference between the gas conditions before and after revitalization. The revitalization process has proven successful in increasing SF₆ gas purity, lowering moisture content and dew point, and significantly reducing decomposition product content. This overall improvement in SF₆ gas quality directly impacts the enhancement of GIS insulation performance, thereby increasing system reliability and extending equipment lifespan.

Keywords: SF₆ Gas, Gas Quality, Revitalization, Mann Whitney Test



BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Gas Insulated Switchgear (GIS) merupakan komponen vital dalam sistem transmisi tenaga listrik modern. GIS menggunakan gas *Sulfur Heksafluorida* (SF₆) sebagai media isolasi karena sifat dielektriknya yang unggul[6]. Namun, seiring berjalannya waktu, kualitas gas SF₆ di dalam GIS dapat mengalami penurunan. Penurunan kualitas gas SF₆ dalam *Gas Insulated Switchgear* (GIS) dapat diakibatkan oleh beberapa faktor. Kebocoran gas SF₆ dari sambungan atau segel GIS menyebabkan pengurangan jumlah gas yang tersedia untuk isolasi. Dekomposisi gas SF₆ menjadi produk sampingan berbahaya terjadi akibat paparan busur listrik atau panas berlebih. Kontaminasi partikel, kelembaban, atau udara mengurangi sifat isolasi gas SF₆. Selain itu, usia peralatan juga berperan penting degradasi komponen GIS seiring waktu menyebabkan penurunan kualitas gas SF₆ secara keseluruhan. Degradasi kualitas gas SF₆ dalam *Gas Insulated Switchgear* (GIS) memicu serangkaian konsekuensi merugikan yang mengancam kinerja dan keandalan sistem. Penurunan kekuatan dielektrik, sebagai contoh, secara signifikan meningkatkan kerentanan terhadap kegagalan isolasi, menempatkan peralatan dalam risiko tinggi. Peningkatan risiko kegagalan secara langsung berimplikasi pada gangguan listrik yang merugikan, dengan potensi kerugian finansial yang signifikan dan ancaman terhadap keselamatan. Terakhir, penurunan umur pakai peralatan yang diakibatkan oleh gas SF₆ berkualitas rendah mempercepat degradasi komponen GIS, mengarah pada penggantian prematur dan peningkatan biaya pemeliharaan jangka panjang [6].

Revitalisasi GIS merupakan upaya untuk mengembalikan kondisi GIS ke kondisi semula atau bahkan lebih baik. Proses revitalisasi biasanya meliputi pembersihan komponen, penggantian komponen yang rusak, dan pengisian ulang gas SF₆. Setelah proses revitalisasi, penting untuk dilakukan evaluasi terhadap kualitas gas SF₆ untuk memastikan bahwa GIS telah berfungsi dengan baik dan aman selain itu juga memastikan keefektifan revitalisasi. Untuk mengatasi

masalah penurunan kualitas gas SF₆, revitalisasi GIS menjadi solusi yang penting. Revitalisasi melibatkan serangkaian tindakan untuk mengembalikan kualitas gas SF₆ ke standar yang dapat diterima. Tindakan ini dapat mencakup: Pengisian Ulang Gas SF₆: Menambahkan gas SF₆ baru untuk menggantikan gas yang bocor. Pemurnian Gas SF₆: Menghilangkan kontaminan dan produk dekomposisi dari gas SF₆. Pengeringan Gas SF₆: Menghilangkan kelembaban dari gas SF₆.

Gas Insulated Switchgear (GIS) Simpang, sebagai instalasi vital dalam sistem tenaga listrik yang memasok pusat kota Surabaya, memerlukan perhatian khusus dalam pemeliharaan dan perawatannya. Dengan dua trafo berkapasitas 60 MVA dan usia yang mendekati 22 tahun, GIS Simpang tergolong instalasi tua yang rentan terhadap penurunan kualitas gas SF₆. Kondisi gas SF₆ yang memburuk sebelum revitalisasi menjadi perhatian utama, mengingat dampaknya terhadap keandalan sistem. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas revitalisasi yang dilakukan pada GIS Simpang milik PT. PLN (Persero) dalam meningkatkan kualitas gas SF₆. Fokus evaluasi meliputi parameter-parameter penting seperti kemurnian, kadar air, titik embun, dan kandungan produk dekomposisi. Untuk menentukan keberhasilan revitalisasi dalam meningkatkan kualitas gas SF₆ sesuai standar yang ditetapkan, penelitian ini menggunakan metode komparasi dengan membandingkan hasil pengujian sebelum dan sesudah revitalisasi, serta analisis statistik non-parametrik Mann-Whitney untuk melihat perbedaan signifikan. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi berharga bagi PT. PLN (Persero) dalam menjaga keandalan GIS, memperpanjang umur pakai peralatan, dan memastikan pasokan listrik yang stabil di wilayah Surabaya.

I.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dibuat, maka penulis dapat merumuskan masalah sebagai berikut :

- a. Bagaimana kualitas Gas SF₆ sebelum dan sesudah revitalisasi di bandingkan dengan standard?

- b. Apakah terdapat perbedaan signifikan pada hasil uji kualitas gas SF6 di GIS Simpang sebelum dan sesudah dilakukan revitalisasi?
- c. Rekomendasi perbaikan seperti apa yang dapat diajukan untuk meningkatkan efektivitas dan efisiensi prosedur revitalisasi dan pemeliharaan GIS berdasarkan hasil penelitian?

I.3 Pembatasan Masalah

- a. Penelitian ini akan diperlihatkan nilai hasil pengujian kualitas gas sebelum dan sesudah revitalisasi .
- b. Pengujian yang dilakukan diantaranya (tekanan gas SF6, *purity*, *moisture content dew point* dan *decomposition product*)
- c. Pada penelitian juga akan di tampilkan hasil evaluasi yang dilakukan sebagai upaya peningkatan perbaikan prosedur dan kualitas dari revitalisasi.

I.4 Tujuan Penelitian

- a. Membandingkan kualitas gas SF6 sebelum dan sesudah dilakukan revitalisasi dengan standard.
- b. Melakukan evaluasi apakah kualitas gas SF6 sesudah revitalisasi mengalami peningkatan secara signifikan.
- c. Menganalisis hubungan antara kualitas gas SF6 dengan kinerja GIS secara keseluruhan.
- d. Memberikan rekomendasi perbaikan prosedur revitalisasi dan pemeliharaan GIS berdasarkan hasil penelitian.

I.5 Manfaat Penelitian

- a. Meningkatkan keandalan sistem ketenagalistrikan dengan memastikan kualitas gas SF6 dalam keadaan baik maka kinerja dari GIS optimal dan resiko terjadi gangguan lebih kecil.
- b. Memperpanjang umur dari peralatan dengan melakukan evaluasi
- c. Peningkatan keselamatan kerja bagi teknisi di lapangan
- d. Memberikan rasa aman untuk masyarakat dan pihak PT PLN (Persero)
- e. Menjadi acuan untuk peningkatan kualitas dari revitalisasi.

I.6 Sistematika Penulisan

Memberikan gambaran secara garis besar, dalam hal ini dijelaskan isi dari masing-masing bab dari laporan ini. Sistematika penulisan dalam pembuatan laporan ini adalah sebagai berikut :

BAB 1 PENDAHULUAN

Berisi tentang latar belakang penelitian, rumusan masalah, batasan penelitian, manfaat dan tujuan penelitian, keaslian penelitian, sistematis penulisan.

BAB II KAJIAN PUSTAKA & DASAR TEORI

Berisi tentang materi hasil – hasil penelitian sesuai topik yang dibuat dengan mengadaptasi laporan – laporan, report jurnal, makalah atau referensi lain. Serta menuliskan kelebihan serta kekurangan di masing – masingnya.

BAB III METODE PENELITIAN

Berisi tentang model penelitian, alat bahan yang digunakan bisa menggunakan software/hardware sebagai media pendukung, memberikan prosedur penelitian, melakukan simulasi atau eksperimen serta mendapatkan hasil dari suatu penelitian yang dilakukan.

BAB IV HASIL DAN ANALISIS

BAB V PENUTUP

Bab yang mendeskripsikan penyelesaian Tugas Akhir, dapat dibuat pertimbangan dan rekomendasi berdasarkan temuan data penelitian dan analisis yang dilakukan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Pada penelitaian yang dilakukan oleh Rahman azis prasojo,Devi soviati mahmudah,imron ridzki, muhammad fahmi hakim dan priya surya harijanto Pada penelitian ini dilakukan penilaian kondisi GISTET Kembangan 500/150 kV berdasarkan standar internasional yang berlaku. Terdapat fenomena menarik berupa anomali titik embun dan kadar air di beberapa kompartemen yang menunjukkan bahwa gas tersebut lembab. Hasil penelitian ini menunjukkan kelayakan operasional GISTET Kembangan 500/150 kV [1].

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Anis hani kurniawati, arfa mumtaza ghalya, ni cening nicky prasada gayatri, dwi januar dan kusnadi membahas parameter parameter pada SF6 yang dipantau dan dianalisa pada saat melakukan *condition assessment*. Metode penelitian yang diterapkan pada penyusunan jurnal ini adalah studi literatur dari beberapa dokumen standar-standar yang berlaku dan artikel-artikel terkait. Hasil dari studi literatur akan dihadirkan berupa data-data yang berisi parameter yang harus dicapai pada saat *condition assessment*. Pada akhirnya, data hasil pemantauan dan analisis *condition assessment* pada gas SF6 ini akan menentukan tindakan yang perlu dilakukan pada media isolasi GIS atau GIS itu sendiri [2].

Menurut penelitian yang dilakukan oleh muhammad ridwan, deni irawan metode yang dilakukan penulis adalah menganalisa hasil dari nilai uji *dew point* dan moisture content berdsarkan standar yang ditentukan dan menganalisa pengaruh suhu lingkungan terhadap nilai *dew point*. Pada penelitian nya dilakukan penelitian disebuah GIS pada bay IBT 1 dan IBT 2 , dimana pada bay tersebut terdapat 4 PMT. Nilai *dew point* dan *moisture content* pada keempat PMT tersebut masih dibawah standar yang ditentukan oleh PT PLN (Persero) yaitu -50C, dan

nilai moisture content <3960 ppmv atau <400 pa ($T = 20^{\circ}\text{C}$) sehingga tidak perlu dilakukan penggantian gas SF₆ [3].

Menurut penelitian yang dilakukan oleh antonov bachtar, Tony Sudaryanto penelitian ini melakukan *condition assesment* berdasarkan pada monitoring diagnosis dan risk assesment. Monitoring diagnosis terdiri dari 2 yakni: *in service inspection* dan *in service measurement*, *in service inspection* terdiri dari 3 form yakni meliputi inspeksi harian, mingguan dan bulanan sedangkan *in service measurement* terdiri dari 4 pengujian yakni meliputi kualitas gas SF₆ (*purity, dew point dan decomposition products*), aktivitas partial discharge, suhu, dan korona. Pada akhirnya hasil *condition assesment* yang dilakukan akan dihasilkan suatu rekomendasi sebagai tindak lanjut perbaikan [4].

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Royden Zulfai Hutapea, Syahrawardi *Condition assesment* dapat dibagi menjadi dua bagian utama. Bagian pertama adalah pengidentifikasian resiko (*risk assesment*). Dalam hal ini, dicari bentuk kegagalan beserta parameter gas SF₆ yang terlibat, lalu ditentukan parameter gas apa yang lebih berpengaruh dalam menyebabkan kegagalan tersebut. Bagian kedua adalah monitoring diagnosis yang merupakan cara untuk mengetahui dan mengukur parameter-parameter gas SF₆ pada GIS yang diperiksa. Kemudian hasil dari pengidentifikasian resiko dan monitoring diagnosis akan dikombinasikan untuk menentukan kondisi akhir dari GIS [5].

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Gas Insulated Swichgear (GIS)

Gas Insulated Swichgear (GIS) didefinisikan sebagai rangkaian beberapa peralatan yang terpasang di dalam sebuah *metal enclosure* dan diisolasi dengan gas bertekanan, pada umumnya gas yang digunakan adalah *Sulfur Hexafluoride* (SF₆) [6]. GIS mempunyai umur seperti halnya masa hidup manusia di bumi. Banyak yang beranggapan bahwa GIS bebas pemeliharaan yang dikenal juga dengan istilah “*Free Maintenance*”. Akan tetapi anggapan itu salah karena setiap peralatan pasti akan mengalami penuaan (*ageing*) sehingga perlu dilakukan

perawatan dan pemeliharaan di mana khusus untuk GIS periode dan item pemeliharaan lebih sedikit “*Less Maintenance*” dibandingkan dengan peralatan konvensional yang lain. Hal ini bertujuan untuk menjamin kesiapan setiap peralatan GIS sehingga kontinuitas dan keandalan penyaluran tenaga listrik dapat terjamin. Dengan demikian tujuan pemeliharaan adalah untuk meningkatkan *reliability*, *availability* dan *efficiency*, memperpanjang umur peralatan, mengurangi resiko terjadinya kegagalan atau kerusakan peralatan, meningkatkan tingkat keamanan peralatan, serta mengurangi lama waktu padam akibat gangguan. Gas SF₆ saat baik digunakan sebagai media isolasi bahkan hampir 80% digunakan di seluruh dunia karena memiliki sifat yang penghantar panas (*thermal conductivity*) yang bersifat mendisipasikan panas yang timbul. Kemudian juga memiliki kemampuan isolasi yang sangat baik, mampu memadamkan busur api, stabil dan tidak mudah bereaksi [6].

Minimalisasi kehilangan kebocoran dari peralatan telah menjadi masalah utama di masa lalu. Pengembangan peralatan berinsulasi gas telah menghasilkan tingkat kebocoran praktis dalam urutan 0,1% per tahun. Ada juga sistem tekanan tertutup (peralatan tertutup seumur hidup) yang tidak memerlukan penanganan gas selama masa pakai . Diinginkan, baik dari sudut pandang ekologi maupun ekonomi, untuk menjaga SF₆ pada tingkat kontaminasi yang rendah dengan penanganan yang hati-hati sehingga dapat digunakan kembali berkali-kali. SF₆ harus terus-menerus digunakan kembali selama pengembangan peralatan, pengujian produk, komisioning, pemeliharaan dan perbaikan, dan penonaktifan. Itu juga harus ditransfer dari peralatan yang dihentikan secara bertahap ke peralatan yang baru dipasang. Dengan demikian, ia melalui siklus penggunaan kembali yang berkelanjutan. Penggunaan kembali SF₆ yang sistematis seperti itu mengharuskan gas dijaga pada tingkat kualitas yang dinyatakan di mana ia dapat menjalankan fungsinya. Ini dapat dicapai dengan penanganan dan reklamasi yang tepat. Dengan peralatan reklamasi yang dirancang dan dipelihara dengan baik, kelembaban dan produk sampingan reaktif hampir selalu dapat dikurangi di lokasi ke tingkat pengotor yang dapat ditoleransi untuk digunakan kembali [8].

2.2.2. Karakteristik Gas SF₆

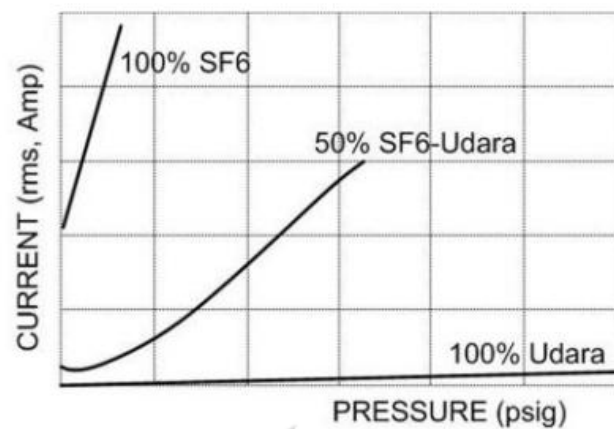
Hingga saat ini sebanyak 80% gas SF₆ yang diproduksi di seluruh dunia dipakai sebagai media isolasi dalam sistem kelistrikan. Hal ini disebabkan oleh sifat-sifat gas SF₆ sebagai berikut :

- a) Penghantar panas (thermal conductivity) yang bersifat dapat mendisipasikan
- b) panas yang timbul pada peralatan.
- c) Isolasi yang sangat baik (excellent insulating).
- d) Mampu memadamkan busur api (arc).
- e) Viskositas rendah.
- f) Stabil dan tidak mudah bereaksi.

Sifat dielektrik yang bagus pada SF₆ karena luasnya penampang molekul SF₆ dan sifat electron affinity (electronegativity) yang besar dari atom fluor (1). Dengan adanya sifat ini maka SF₆ mampu menangkap elektron bebas (sebagai pembawa muatan), menyerap energinya, dan menurunkan *temperatur* busur api. Hal ini dinyatakan dengan persamaan berikut :



Energi yang diperlukan reaksi pertama adalah sebesar 0,05 eV untuk energi elektron sebesar 0,1 eV, sedangkan untuk reaksi kedua adalah sebesar 0,1 eV (3). Setelah proses pemadaman busur api, sebagian kecil dari SF₆ akan tetap menjadi decomposition product sedangkan sebagian besar akan kembali menjadi SF₆. Karakteristik SF₆ dibandingkan udara dan campuran udara serta SF₆ dalam memadamkan busur api diperlihatkan pada Gambar [6].



Gambar 2.1 Kemampuan SF6 dalam memadamkan busur api

Kemampuan SF6 dalam memadamkan busur api kekuatan dielektrik SF6 adalah 2,3 kali udara. Pengujian terhadap tegangan tembus AC dengan frekuensi 50 Hz di bawah medan listrik homogen yang dibentuk oleh 2 elektroda dengan susunan seperti diperlihatkan pada Gambar 2.1 menunjukkan bahwa kekuatan dielektrik SF6 merupakan fungsi dari tekanan gas SF6 itu sendiri.

Tabel 2 1Kualitas SF6 sebagai isolasi GIS

Parameter Kimiawi	Nilai	Besaran
Sulfur Hexaflorida	$\geq 99,90$	%
Udara	≤ 500	ppmw
CF4	≤ 500	ppmw
Asam (HF)	$\leq 0,3$	ppmw
Uap Air	≤ 15	ppmv
Minyak Mineral	≤ 10	ppmw
Fluorida penyebab hidrolisis	≤ 1	ppmw

SF6 adalah gas yang sangat elektronegatif, yang berarti ia mudah menyerap elektron untuk membentuk ion negatif. Hal ini memberikan kekuatan dielektrik yang sangat tinggi sekitar 89 kV/cm-bar (225 kV/in-bar) dalam medan

seragam. Sifat dielektrik SF6 sangat bervariasi dengan ketidakhomogenan medan listrik, sehingga meskipun SF6 adalah dielektrik yang sangat baik untuk medan yang relatif seragam, kekuatan dielektriknya berkurang dengan adanya cacat yang menyebabkan peningkatan tegangan. Sementara kinerja dielektrik SF6 meningkat dengan tekanan untuk medan seragam, ia dapat menurun dengan tekanan untuk medan tidak seragam. Jadi jika kinerja sistem berinsulasi SF6 dibatasi oleh cacat yang menyebabkan ketidakhomogenan medan listrik yang substansial, meningkatkan tekanan sistem tidak selalu akan meningkatkan kinerja dielektriknya [7].

SF6 berguna sebagai media isolasi dan pemutus busur karena sifat-sifat berikut:

- a) SF6 mencair pada suhu yang cukup rendah untuk berbagai aplikasi teknik tenaga.
- b) SF6 elektronegatif, menjadikannya media pemadam busur yang sangat baik.
- c) SF6 memiliki kekuatan dielektrik yang tinggi.
- d) Ketika SF6 terurai seperti dalam busur listrik, tidak ada senyawa konduktif padat yang terbentuk dan kekuatan dielektrik campuran produk sampingan dekomposisi gas dan SF6 yang dihasilkan tidak terdegradasi relatif terhadap SF6 murni [7].

SF6 dapat terurai sebagai akibat dari hal-hal berikut:

- a) Pemanasan berlebihan. Pemanasan berlebihan kemungkinan besar terjadi akibat kontak listrik berarus tinggi yang tidak terbentuk dengan benar di switchgear.
- b) Percikan listrik. Percikan listrik terjadi secara rutin di beberapa perangkat seperti pemutus pemisah GIS. Jumlah dekomposisi SF6 akan sangat bervariasi dengan desain pemutus pemisah dan kondisi operasi. Namun, operasi pemutus pemisah dapat menghasilkan sebanyak 1 ppmv produk sampingan dekomposisi SF6 di dalam kompartemen sakelar per operasi.
- c) Busur daya. Suhu di inti busur daya adalah sekitar 20.000 °C, yang menghasilkan plasma terionisasi penuh. Setelah busur daya dalam SF6 murni, rekombinasi plasma menjadi SF6 sangat efisien, yang menghasilkan sejumlah kecil produk sampingan dekomposisi. Seiring peningkatan pengotor dalam plasma

(misalnya, H_2O , uap logam, dll.), jumlah produk sampingan yang terbentuk meningkat.

Busur daya terjadi secara rutin di pemutus sirkuit. Namun, pemutus sirkuit dirancang untuk meminimalkan jumlah dekomposisi SF_6 melalui cara-cara berikut:

- a) Kontak busur dirancang untuk bereaksi dengan SF_6 yang terurai di busur pada tingkat yang sangat rendah. Juga, bahan dalam kontak busur umumnya membentuk gas (WF_6 atau CF_4) daripada padatan ketika bereaksi dengan SF_6 .
- b) Tingkat kelembaban dalam pemutus sirkuit SF_6 sangat rendah sebagai hasil dari bahan pengering yang dipasang di dalam pemutus; ini mengurangi pembentukan produk sampingan gas.
- c) Pemutus sirkuit biasanya memutus dalam tiga siklus untuk meminimalkan durasi busur. Pemutus sirkuit selalu menyertakan adsorben untuk menghilangkan produk sampingan busur (serta kelembaban) dari SF_6 di dalam pemutus.
- d) Gangguan saat beroperasi di GIS juga menghasilkan busur daya, biasanya antara elektroda aluminium. Karena aluminium mudah meleleh dan menguap, karena reaksi antara aluminium dan plasma SF_6 sangat eksotermik (melepaskan banyak panas saat aluminium "terbakar" di SF_6), dan karena busur gangguan umumnya berlangsung jauh lebih lama daripada busur selama operasi pemutus, jauh lebih banyak produk sampingan busur padat dan gas terbentuk selama gangguan daripada selama operasi pemutus. Gangguan dapat menghasilkan dekomposisi SF_6 hingga 20% di dalam kompartemen gas GIS yang relatif kecil dan menghasilkan beberapa ratus gram (0,5 lb) produk sampingan busur padat. Untuk busur antara elektroda aluminium,

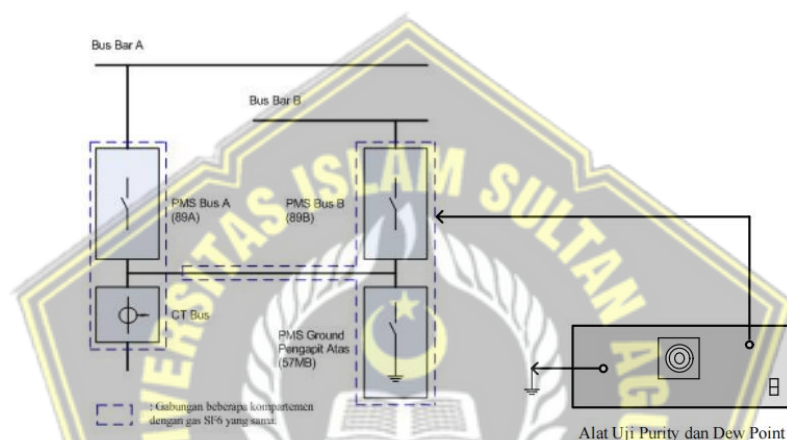
2.2.3 Pengujian Kualitas Gas SF_6

Parameter kualitas gas SF_6 yang umum dilakukan pengukuran dan pengujian diantaranya *purity*, *dew point* (*moisture content*) dan *decomposition*

product. Pengujian tersebut dilakukan untuk mempertahankan *performance* peralatan dan mengetahui hasil pengujian semua komponen yang ada dalam kompartemen GIS.

a) *Purity*

Purity (Kemurnian) dinyatakan dengan prosentase jumlah gas SF₆ murni dalam suatu kompartemen GIS. Semakin tinggi presentase ini maka semakin sedikit zat lain dalam isolasi gas SF₆. Untuk metode dilihat pada gambar di bawah [6].



Gambar 2. 2 Pengujian *Purity* dan *Dew Point* SF₆.

Dalam kompartemen GIS kadar kemurnian gas SF₆ tidak mungkin 100% dikarenakan oleh kontaminasi gas SF₆ dapat berasal dari berbagai sumber. Pertama, sisa udara atau kebocoran pada komponen seperti pipa dan katup saat proses pengisian atau pengosongan gas dapat menyebabkan kontaminasi. Kedua, uap air dari lingkungan dapat masuk ke dalam sistem melalui celah-celah atau material penyerap, terutama jika tekanan uap air di luar lebih tinggi. Ketiga, material yang digunakan dalam pembuatan peralatan, seperti polimer, dapat menjadi sumber kelembaban. Selain itu, proses produksi dan perakitan dapat meninggalkan residu atau partikel yang dapat mengkontaminasi gas. Keempat, busur listrik dapat menguraikan gas SF₆ menjadi senyawa lain yang dapat menurunkan kualitas gas. Terakhir, debu dan partikel logam yang dihasilkan selama proses mekanik juga dapat menjadi sumber kontaminasi. Partikel-partikel

ini dapat menyebabkan masalah isolasi jika terakumulasi di area dengan medan listrik tinggi.

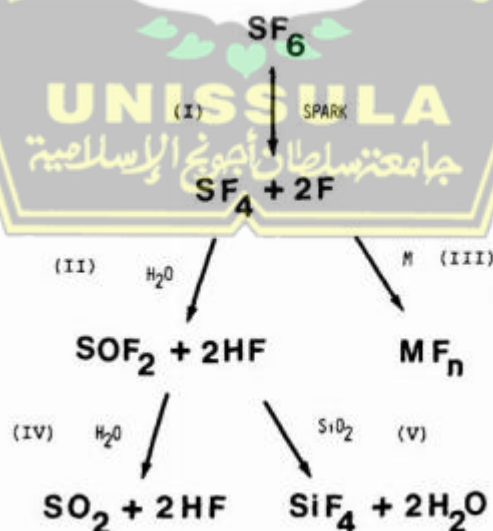
Kontaminasi gas SF₆ dapat memicu degradasi kinerja peralatan listrik secara signifikan. Produk dekomposisi gas SF₆ yang bersifat reaktif dan korosif, seperti SF₄ dan HF, dapat berinteraksi dengan material peralatan, menyebabkan korosi dan penurunan kekuatan mekanik. Selain itu, keberadaan kontaminan dapat mengurangi kekuatan dielektrik gas, meningkatkan risiko terjadinya *flashover*, serta mengganggu proses *switching* pada peralatan tegangan tinggi. Kontaminan juga dapat mempengaruhi kemampuan transfer panas, yang berpotensi menyebabkan *overheating* dan kerusakan pada komponen internal peralatan. Akibatnya, keandalan dan umur pakai peralatan listrik dapat menurun drastis, serta menimbulkan risiko keselamatan bagi personel yang bekerja di dekat peralatan tersebut.

Batas minimal *purity* untuk gas SF₆ di dalam kompartemen *Gas Insulated Switchgear* (GIS) yang sudah beroperasi adalah 97%, sedangkan gas SF₆ baru adalah 99,7% [6].

b) *Decomposition Product*

Decomposition Product (Produk hasil dekomposisi) terjadi karena ketidaksempurnaan pembentukan kembali gas SF₆. Hal ini dapat terjadi karena adanya pemanasan berlebih, percikan listrik dan busur daya [7]. jika *decomposition product* ini terjadi di dalam jumlah yang besar, maka kekuatan dielektrik dari isolasi gas SF₆ akan mengalami penurunan. [6]. Gas SF₆ dapat terdekomposisi akibat beberapa faktor Pemanasan berlebih sering terjadi akibat kontak listrik yang tidak sempurna atau arus listrik yang tinggi. Panas yang berlebihan dapat menyebabkan molekul SF₆ terurai. Loncatan api dapat terjadi pada beberapa perangkat seperti *disconnecter* GIS. Intensitas dekomposisi SF₆ akan bervariasi tergantung pada desain dan kondisi operasi *disconnecter*. Setiap operasi *disconnecter* dapat menghasilkan sekitar 1 ppmv produk dekomposisi SF₆ dalam kompartemen *switch*. Suhu di inti busur listrik dapat mencapai sekitar 20.000 °C, menyebabkan plasma terionisasi penuh. Setelah busur listrik dalam

SF₆ murni, rekombinasi plasma menjadi SF₆ sangat efisien, menghasilkan sedikit produk dekomposisi. Namun, jika terdapat ketidakmurnian seperti air atau uap logam dalam plasma, jumlah produk dekomposisi akan meningkat. Pemutus sirkuit dirancang untuk meminimalkan dekomposisi SF₆ dengan cara, menggunakan bahan kontak yang bereaksi dengan SF₆ terdekomposisi dengan tingkat rendah. Mengontrol kadar air dalam pemutus sirkuit menggunakan desiccant. Meminimalkan durasi busur listrik dengan memutus sirkuit dalam waktu singkat. Menggunakan adsorben untuk menghilangkan produk dekomposisi dan kelembaban dari SF₆. Gangguan pada GIS juga dapat menyebabkan busur listrik, terutama antara elektroda aluminium. Hal ini dapat menyebabkan dekomposisi SF₆ yang signifikan dan pembentukan produk padat seperti *aluminium fluoride* (AlF₃). Pelepasan sebagian yang terus-menerus dalam peralatan terisolasi SF₆ dapat menyebabkan kerusakan dielektrik akibat serangan produk dekomposisi SF₆, seperti *hidrogen fluoride* (HF), pada permukaan dielektrik. Namun, kegagalan dapat memakan waktu berbulan-bulan atau bahkan bertahun-tahun jika pelepasan sebagian terjadi pada tingkat rendah dalam kompartemen gas yang besar, seperti saluran bus yang panjang [7].



Gambar 2.3 Reaksi kimia terbentuknya decomposition products SF₆.

Tabel 2.2 *Decomposition Products SF6*

Gas	Senyawa	Sumber
Karbon tetrafluorida	CF ₄	Produk sampingan, erosi busur tip, komponen karbon, minyak, pelumas
Asam hidrofluorat	HF	Terbentuk di SF ₆ jika ada busur api
Belerang dioksida	SO ₂	Terbentuk jika SOF ₂ bereaksi dengan air
Belerang monofluorida	S ₂ F ₂	Dapat tidak terdeteksi karena sangat reaktif/tidak stabil
Belerang difluorida	SF ₂	Mudah bereaksi lagi
Belerang tetrafluorida	SF ₄	Sangat mudah bereaksi lagi
Disulfur dekafluorida	S ₂ F ₁₀	Sangat beracun, keberadaannya dalam SF ₆ diragukan
Tionil Fluorida (')	SOF ₂	Jika ada busur api dan air
Sulfuril Fluorida	SO ₂ F ₂	Jika ada busur api dan air
Tionil tetrafluorida	SOF ₄	Jika ada busur api dan oksigen
Tungsten heksafluorida	WF ₆	Erosi kontak
Silikon tetrafluorida	SiF ₄	Busur api, jika ada silikon
Karbon disulfida	CS ₂	Busur api, jika ada silikon
Karbon dioksida	CO ₂	Dari senyawa yang mengandung karbon
Karbon monoksida	CO	Dari senyawa yang mengandung karbon

c) *Moisture Content*

Pengujian *Moisture Content* (kadar uap air) dilakukan untuk mengukur jumlah kadar uap air yang terdapat pada kompartemen. Kondensasi uap air di dalam kompartemen dapat mengurangi efektivitas isolasi gas SF₆. Standar kadar uap air

mengacu pada standar yang ditetapkan oleh pabrikan atau standar internasional jika standar pabrikan tidak tersedia [6].

d) *Dew Point*

Titik embun adalah titik dimana gas terpengaruh oleh kondisi suhu lingkungan hingga berubah menjadi air. Hal ini terkait dengan tingkat kelembaban gas SF₆, yaitu berapa banyak partikel air yang terkandung dalam isolasi gas SF₆. Semakin rendah suhu maka semakin tinggi kandungan uap air yang berada didalamnya [1]. Titik embun suatu gas dipengaruhi oleh tekanan dan suhu. Titik ini dapat disalahpahami ketika membandingkan titik embun di dalam wadah dengan titik embun yang diukur pada tingkat tekanan yang berbeda. Kehadiran kelembaban dalam suatu gas merupakan faktor penting yang mempengaruhi titik embun dan proses kondensasi [8].

2.2.4 Ringkasan Satuan Pengukuran untuk Ketidakmurnian

Tingkat ketidakmurnian dalam gas dapat diukur dalam berbagai satuan. Berikut ringkasan satuan-satuan yang paling penting

- a) Konsentrasi berbasis massa: ppmw = mg/kg = µg/g; *parts per million by mass* (= "berat" = w)
- b) Konsentrasi berbasis volume: % vol : persen berdasarkan volume ppmv = µl/l = ml/m³; *parts per million by volume*
- c) Konsentrasi berbasis massa-volume: mg/m³

Satuan terakhir ini sering digunakan untuk kontaminan terkondensasi yang terdispersi halus seperti kabut oli dan debu partikel padat, karena dapat diukur secara langsung dengan peningkatan berat filter yang telah dilewati oleh volume gas. Konversi antara Satuan Untuk kontaminan gas, konsentrasi volume dapat diubah menjadi konsentrasi massa dengan rumus berikut:

$$c_{H_2O} [\text{ppmv}] = c_{H_2O} [\text{ppmw}] / (M_{\text{cont}}/M_0) \quad (2.3)$$

$$c_{H_2O} [\text{ppmw}] = c_{H_2O} [\text{ppmv}] (M_{\text{cont}}/M_0) \quad (2.4)$$

Di mana M_{cont} dan M_0 masing-masing adalah massa molekul kontaminan dan gas latar belakang. Satuan untuk Kelembaban, satuan tambahan yang digunakan antara lain tekanan uap air parsial p_{H_2O} , titik embun T_d yang ditentukan pada tekanan p di mana gas digunakan, dan titik embun T_{d0} yang ditentukan setelah sampel gas diekspansi dari tekanan p ke tekanan atmosfer $p_0 = 100$ kPa. Pembahasan rinci tentang satuan-satuan ini diberikan dalam Lampiran 4, Bagian 2. Rekomendasi Satuan Karena penggunaan satuan yang berbeda dapat menyebabkan kebingungan, disarankan agar tingkat ketidakmurnian lebih disukai ditentukan dalam **konsentrasi volume** seperti %vol dan/atau ppmv. Keuntungan menggunakan %vol atau ppmv: Tidak bergantung pada komposisi kimia gas latar belakang dan dengan demikian tidak hanya berlaku untuk SF₆ murni tetapi juga untuk campuran SF₆ yang berubah-ubah. Tidak bergantung pada suhu gas. Tetap tidak berubah ketika gas dikompresi atau diekspansi selama proses transfer gas. Dalam kasus gas dan uap, sama dengan rasio tekanan parsial pengotor terhadap tekanan gas latar belakang. Jika satuan lain diperlukan, mereka dapat dihitung dengan aturan konversi yang diberikan di atas. Untuk titik embun, lihat Lampiran 4, Bagian 2.

2.2.5 Revitalisasi GIS

Revitalisasi bertujuan untuk mengembalikan kondisi GIS ke kondisi semula atau bahkan lebih baik, sehingga dapat beroperasi secara optimal dan aman. Proses revitalisasi meliputi pembongkaran, pembersihan, penggantian komponen yang rusak, pengisian ulang gas SF₆, dan pengujian. Proses revitalisasi dapat memengaruhi kualitas gas SF₆, terutama jika terjadi peningkatan kelembapan atau kontaminasi dari lingkungan selama perawatan. Oleh karena itu, evaluasi kualitas SF₆ setelah revitalisasi sangat penting untuk memastikan bahwa GIS tetap berfungsi dengan aman dan efisien.

Revitalisasi juga menentukan apakah proses revitalisasi berhasil menurunkan kadar air dan produk dekomposisi sesuai dengan target, mencari tahu penyebab utama peningkatan kadar air atau produk dekomposisi, misalnya adanya kebocoran, kontaminasi, atau masalah pada sistem pengering sehinganya dapat

memberikan rekomendasi perbaikan terhadap sistem pemeliharaan GIS Simpang untuk mencegah terjadinya penurunan kualitas gas SF₆ di masa mendatang.

2.2.6 Evaluasi Kualitas Gas SF₆

Evaluasi bertujuan untuk mengetahui kondisi gas SF₆ dan memastikan bahwa gas tersebut masih memenuhi persyaratan teknis.

Tabel 2.1 Standard Kualitas Gas SF₆

<i>Parameter</i>	Standar Internasional	Conditions / Limits
<i>Purity (%)</i>	IEC 60376:2005	≥ 99,7%
<i>Dew Point (°C)</i>	CIGRE 234, 2003	Suhu 20 °C ≤ -5 °C
<i>Moisture content (ppmv)</i>	IEEE Std C37.122.1- 2014	≤ 610 ppmv (non-CB) ≤ 350 ppmv (CB)
<i>Tekanan Gas SF₆ (Bar Rel)</i>	GANZ	620 KPa (CB) 340 KPa (Non CB)
<i>Produk dekomposisi</i>	CIGRE 234- 2003	Kontaminasi Rendah: 1000 – 2000 ppmv Kontaminasi Tinggi: ≥ 2000 ppmv

Evaluasi kualitas gas SF₆ setelah revitalisasi pada Gas Insulated Switchgear (GIS) Simpang merupakan langkah krusial yang harus dilakukan untuk memastikan keberhasilan proses revitalisasi dan menjamin keandalan sistem kelistrikan. beberapa alasan penting mengapa evaluasi ini dilakukan:

1. Memastikan Kualitas Gas Sesuai Standar Kualitas gas yang buruk dapat menyebabkan penurunan kinerja isolasi, peningkatan risiko flashover, dan memperpendek umur peralatan. Evaluasi memastikan bahwa kadar air, kemurnian, dan kandungan produk dekomposisi gas SF₆ telah memenuhi standar yang ditetapkan.
2. Mencegah Kegagalan Peralatan Gas SF₆ yang terkontaminasi atau tidak memenuhi spesifikasi dapat menyebabkan kerusakan pada isolator, kontak, dan komponen lainnya. Evaluasi membantu mengidentifikasi potensi masalah sebelum terjadi kegagalan yang dapat menyebabkan pemadaman listrik dan kerugian ekonomi.
3. Meningkatkan Keandalan Sistem Gas SF₆ dengan kualitas baik akan meningkatkan keandalan sistem kelistrikan, mengurangi frekuensi pemeliharaan, dan memperpanjang umur peralatan. Evaluasi berkala memastikan sistem beroperasi secara optimal dan aman.
4. Memenuhi Persyaratan Regulasi Banyak regulasi yang mewajibkan dilakukannya pengujian dan evaluasi kualitas gas SF₆ secara berkala. Evaluasi memastikan bahwa sistem kelistrikan beroperasi sesuai dengan peraturan yang berlaku.
5. Menganalisis Efektivitas Revitalisasi Evaluasi memungkinkan untuk membandingkan kualitas gas sebelum dan sesudah revitalisasi. Dengan demikian, dapat diketahui seberapa efektif proses revitalisasi dalam meningkatkan kualitas gas SF₆.

Dalam mengevaluasi kualitas gas SF₆ pada GIS, terdapat sejumlah parameter yang perlu diukur. Namun, dua variabel numerik yang paling sering digunakan dan memiliki pengaruh signifikan terhadap kinerja GIS diantaranya Kadar Air (*Dew Point*) yang merupakan indikator jumlah uap air yang terkandung dalam gas SF₆. Dinyatakan dalam satuan derajat Celsius (°C), nilai *dew point* menunjukkan suhu di mana uap air dalam gas akan mengembun menjadi cairan pada tekanan tertentu. Pengaruh kadar air yang tinggi dapat menyebabkan: Korosi,

Penurunan Kekuatan Dielektrik dan Pembentukan Endapan. Kemudian juga Kadar Produk Dekomposisi yang dimana senyawa kimia yang terbentuk akibat degradasi gas SF₆ akibat busur listrik, panas berlebih, atau kontaminasi. Kadar produk dekomposisi yang tinggi dapat Menurunkan Kekuatan Dielektri, Korosi dan Konduktivitas. Kedua variabel ini secara langsung terkait dengan kinerja GIS. Kadar air dan produk dekomposisi yang tinggi dapat menyebabkan penurunan kinerja GIS, meningkatkan risiko gangguan, dan memperpendek umur pakai peralatan.

Standar yang Telah Ditetapkan baik kadar air maupun kadar produk dekomposisi memiliki batas maksimum yang telah ditetapkan dalam standar internasional untuk memastikan kualitas gas SF₆ yang optimal. Hal ini relevansi dengan tujuan proses revitalisasi untuk memperbaiki kualitas gas SF₆. Dengan mengukur kedua variabel ini sebelum dan setelah revitalisasi, kita dapat mengevaluasi efektivitas proses revitalisasi dalam menurunkan kadar air dan produk dekomposisi.

2.2.7 Analisis Statistik Pada Kualitas Gas SF₆ dengan Uji - Mann Wheatney

Analisis Statistik adalah proses mengolah data numerik yang diperoleh dari pengukuran kualitas gas SF₆ sebelum dan sesudah revitalisasi, kemudian menganalisis data tersebut menggunakan metode statistik untuk menarik kesimpulan yang valid dan objektif.

Tujuan Analisis Statistik:

1. Membandingkan Kualitas Gas: Membandingkan nilai parameter kualitas gas SF₆ sebelum dan sesudah revitalisasi untuk melihat apakah ada perbedaan yang signifikan.
2. Mengidentifikasi Faktor Pengaruh: Mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas gas SF₆, seperti jenis kontaminan, suhu lingkungan, atau durasi operasi.

3. Mengevaluasi Efektivitas Revitalisasi: Menilai apakah proses revitalisasi berhasil meningkatkan kualitas gas SF6 dan memenuhi standar yang telah ditetapkan.

Didalam pelaksanaannya akan dilakukan Uji - Mann Whitney dengan SPSS yang dimana Uji Mann-Whitney adalah metode yang sangat berguna untuk mengevaluasi efektivitas proses revitalisasi gas SF6. Dengan menggunakan uji ini, dapat secara statistik membuktikan apakah proses revitalisasi telah berhasil meningkatkan kualitas gas SF6.

Dalam uji Mann-Whitney, membandingkan dua kelompok independen untuk melihat apakah ada perbedaan signifikan di antara keduanya. Hasil uji ini memberikan dua nilai penting:

- A. Nilai U: Nilai ini menggambarkan perbedaan antara kedua kelompok. Semakin kecil nilai U, semakin besar potensi perbedaan antara kedua kelompok.

$$U_1 = n_1 \cdot n_2 \frac{n_1(n_1+1)}{2} - R_1 \quad (2.5)$$

$$U_2 = n_1 n_2 \frac{n_1(n_1+1)}{2} - R_2 \quad (2.6)$$

Keterangan :

n_1 = Jumlah Sampel 1

n_2 = Jumlah Sampel 2

U_1 = Jumlah Peringkat 1

U_2 = Jumlah Peringkat 2

R_1 = Jumlah Rangking pada sampel n_1

R_2 = Jumlah Rangking pada sampel n_2

- B. Nilai Z : Nilai ini menunjukkan standard data dan menentukan probabilitas dalam distribusi normal.

$$Z = \frac{U - \frac{n_1 n_2}{2}}{\sqrt{\frac{n_1 n_2 (n_1 + n_2 + 1)}{12}}} \quad (2.7)$$

Keterangan :

U = Jumlah peringkat terkecil

n_1 = Jumlah Sampel 1

n_2 = Jumlah Sampel 2

- C. Nilai p (Asymp. Sig.): Nilai ini menunjukkan seberapa mungkin hasil yang kita dapatkan terjadi secara kebetulan jika sebenarnya tidak ada perbedaan antara kedua kelompok.

Untuk mengambil keputusan, membandingkan nilai p dengan nilai signifikansi yang telah ditentukan (0,05):

- a) Jika nilai p kurang dari 0,05: Ini berarti hasil yang didapatkan sangat tidak mungkin terjadi jika tidak ada perbedaan antara kelompok. Oleh karena itu, menolak hipotesis nol dan menyimpulkan bahwa ada perbedaan signifikan antara kedua kelompok.
- b) Jika nilai p lebih besar dari 0,05: Ini berarti hasil yang didapatkan masih mungkin terjadi meskipun tidak ada perbedaan antara kelompok. Oleh karena itu, gagal menolak hipotesis nol dan menyimpulkan bahwa tidak ada perbedaan signifikan antara kedua kelompok.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Model Penelitian

Untuk mendapatkan perumusan, analisis, serta pemecahan masalah, diperlukan proses pengumpulan data yang lengkap, detail, dan relevan. Oleh sebab itu, penelitian ini disusun menggunakan beberapa metode berikut ini:

A. Studi Pustaka

Metode yang dilakukan dengan mencari literatur buku perpustakaan, skripsi terdahulu, serta jurnal ilmiah yang dapat dijadikan panduan yang sebelumnya sudah dilakukan tinjauan pustaka sehingga bisa menjadi referensi yang relevan dalam penulisan proyek akhir ini.

B. Metode Komparatif

Melakukan pendekatan yang sangat relevan untuk mengevaluasi perubahan kualitas gas SF₆ pada GIS Simpang sebelum dan setelah revitalisasi. Metode ini memungkinkan kita untuk membandingkan data sebelum dan sesudah perlakuan, sehingga dapat disimpulkan secara objektif apakah revitalisasi telah memberikan dampak yang signifikan terhadap kualitas gas SF₆.

C. Uji - Mann Whitney

Melakukan metode statistik yang sangat berguna untuk menguji apakah terdapat perbedaan yang signifikan antara dua kelompok data. Dalam konteks evaluasi kualitas gas SF₆ pada GIS Simpang sebelum dan setelah revitalisasi, uji mann whitney dapat digunakan untuk menjawab pertanyaan apakah proses revitalisasi berhasil meningkatkan kualitas gas SF₆ dan memenuhi standard yang ditetapkan.

D. Konsultasi

Konsultasi yang dilakukan dengan cara berdiskusi dengan penanggung jawab pekerjaan, supervisor, dan team pemeliharaan gardu induk mengenai masalah yang diteliti.

3.2 Data Hasil Pengujian Kualitas Gas SF6

Data yang didapatkan dari PT. PLN (Persero) Gardu Induk GIS Simpang. Data yang didapatkan antara lain data pengujian kualitas sebelum revitalisasi, data pengujian setelah revitalisasi, spesifikasi kompartemen, anomali sebelum revitalisasi dan gangguan yang terjadi sebelum dan sesudah revitalisasi.

3.2.1 Data kualitas Gas SF6 Sebelum dilakukan revitalisasi

Tabel 3 1Data Kualitas Gas SF6 Sebelum revitalisasi

BAY	KOMPARTEMEN	PHASA	DILO ANALYZER				TEKANAN GAS SF6
			Purity (%)	Volume Ratio ppmv	Dew Point °C	SO ₂	(Bar)
NGA GEL 1	PMT	R	99,5	192	-36,3	1,3	6,42
		S	99,4	152	-38,4	1,4	6,48
		T	99,9	193	-36,3	0	6,5
	CT BUS, PMS BUS A	R	99	3212	-7,5	2,8	3,69
		S	98,8	3202	-7,6	2,7	3,68
		T	98,9	3410	-6,8	3,1	3,58
	PMS Bus B, PMS Ground pengapit atas	R	98,8	2811	-9,1	1,9	3,74
		S	98,4	2945	-8,5	2,1	3,73
		T	97	3134	-7,8	3,9	3,27
	CT Line, PMS Line, PMS Ground (Pengapit bawah, line), Sealing End	R	97,5	2045	-12,6	1,9	3,62
		S	98,6	1902	-13,4	1,5	3,6
		T	99,7	1620	-15,2	0	3,95
NGA GEL 2	PMT	R	99,4	526	-26,8	1,3	6,36
		S	99,8	377	-30	0	5,74
		T	99,9	359	-30,5	0	5,97
	CT BUS, PMS BUS	R	99	3279	-7,3	3,8	3,65

	A	S	99,1	3192	-7,6	2	3,66	
		T	99	3384	-6,9	3	3,42	
	PMS Bus B, PMS Ground pengapit atas	R	98,1	2951	-8,5	3,7	3,64	
		S	97,3	2916	-8,6	1,9	3,5	
		T	99,2	29950	-8,5	1	3,72	
	CT Line, PMS Line, PMS Ground (Pengapit bawah, line), Sealing End	R	97,9	2101	-12,3	2,3	3,35	
		S	97,6	1985	-12,9	2,7	3,6	
		T	97,6	2015	-12,8	2,2	3,64	
	TRAF O 1	PMT	R	99,4	275	-33	1,1	6,41
S			99,5	160	-38	1,3	6,44	
T			99,6	222	-35	1,2	6,42	
CT BUS, PMS BUS A		R	97,1	3354	-7	5,7	3,28	
		S	96,2	3354	-7	6,4	3,48	
		T	96	3396	-6,9	5,2	34,9	
PMS Bus B, PMS Ground pengapit atas		R	98,7	3037	-8,2	1,3	3,5	
		S	98,7	2651	-9,7	1,1	3,65	
		T	98	2573	-10,1	3,1	3,71	
CT Line, PMS Line, PMS Ground (Pengapit bawah, line), Sealing End		R	98,3	2734	-9,4	2	3,63	
		S	97,8	2833	-9	2,6	3,56	
		T	98,1	2695	-9,5	3,6	3,41	
TRAF O 2		PMT	R	99,8	174	-37,2	0	6,63
			S	99,4	272	-33,1	1,5	6,39
			T	99,9	133	-39,6	0	6,7
	CT BUS, PMS BUS A	R	98,8	3249	-7,4	3,8	3,63	
		S	98,7	2912	-8,7	3,6	3,6	
		T	99,2	3167	-7,7	2,3	3,59	
	PMS Bus B, PMS Ground pengapit atas	R	99,8	1526	-15,8	0	3,03	
		S	96,9	3334	-7,1	2,8	3,33	
		T	96,8	3131	-7,8	4,1	3,32	

KOPE L	CT Line, PMS Line, PMS Ground (Pengapit bawah, line), Sealing End	R	99,8	2429	-10,7	0	3,58
		S	99,3	2114	-12,7	0	3,41
		T	99,7	2151	-12,1	0	3,49
	PMT	R	99,3	122	-40,4	1,4	6,42
		S	99,5	89	-43,1	1,4	6,34
		T	99,1	82	-43,8	3,9	6,42
	CT BUS, PMS BUS A	R	98,2	3558	-6,4	3	3,6
		S	98,2	3506	-6,5	2,4	3,71
		T	98,4	3427	-6,8	3,4	3,71
	PMS Bus B, PMS Ground pengapit atas	R	97,4	3133	-7,8	3,2	3,51
		S	98,7	3077	-8	0	3,74
		T	97,6	3174	-7,7	2,7	3,76
	CT Line, PMS Line, PMS Ground (Pengapit bawah, line), Sealing End	R	99,6	2010	-12,8	0	3,66
		S	99,1	2369	-11	0	3,67
		T	97,9	1188	-11,3	3,5	3,55

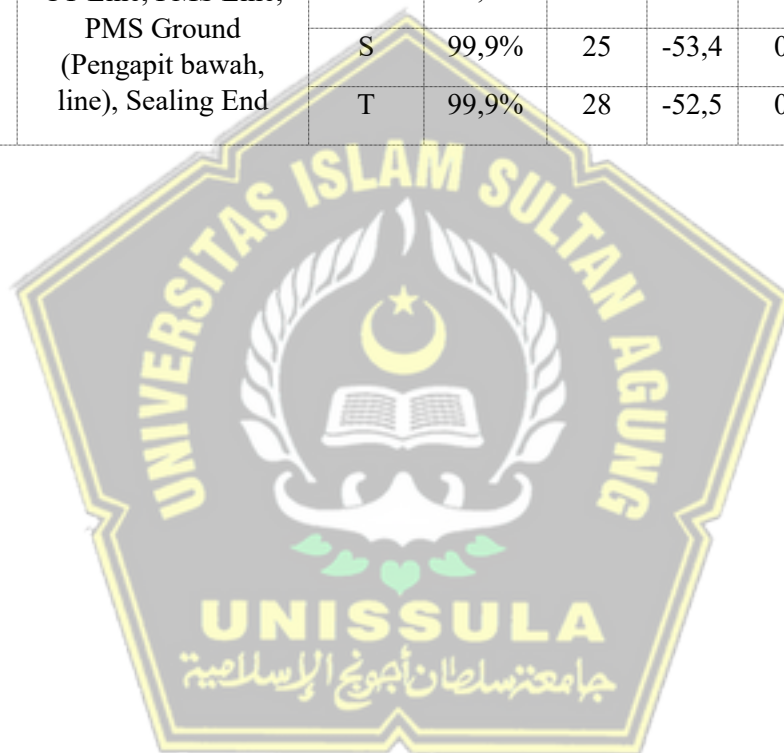
3.2.2 Data kualitas gas SF₆ setelah dilakukan revitalisasi.

Tabel 3.2 Data Kualitas Gas SF₆ Sesudah revitalisasi

BAY	KOMPARTEMEN	PHAS A	DILO ANALYZER				TEKANAN GAS SF ₆
			Purity (%)	Moisture Content	Dew Point °C	SO ₂	(Bar)
NGA GEL 1	PMT	R	99,9%	68	-45,4	0	6,37
		S	99,9%	60	-45	0	6,27
		T	99,9%	57	-46,9	0	6,52
	CT BUS, PMS BUS A	R	99,9%	27	-52,8	0	3,4
		S	99,9%	20	-55	0	3,33
		T	99,9%	20	-55	0	3,33
	PMS Bus B, PMS Ground pengapit atas	R	99,9%	27	-52,6	0	3,37
		S	99,9%	20	-53,9	0	3,38
		T	99,9%	20	-55	0	3,45
	CT Line, PMS Line, PMS Ground (Pengapit bawah, line), Sealing End	R	99,9%	20	-55	0	3,28
		S	99,9%	20	-55	0	3,4
		T	99,9%	20	-55	0	3,47
NGA GEL 2	PMT	R	99,9%	210	-35,5	0	6,35
		S	99,9%	121	-40,5	0	6,39
		T	99,9%	120	-42,9	0	6,39
	CT BUS, PMS BUS A	R	99,9%	39	-55	0	3,34
		S	99,9%	65	-55	0	3,32
		T	99,9%	157	-54,6	0	3,15
	PMS Bus B, PMS Ground pengapit atas	R	99,9%	141	-39,1	0	3,25
		S	99,9%	95	-42,6	0	3,4
		T	99,9%	85	-43,5	0	3,45

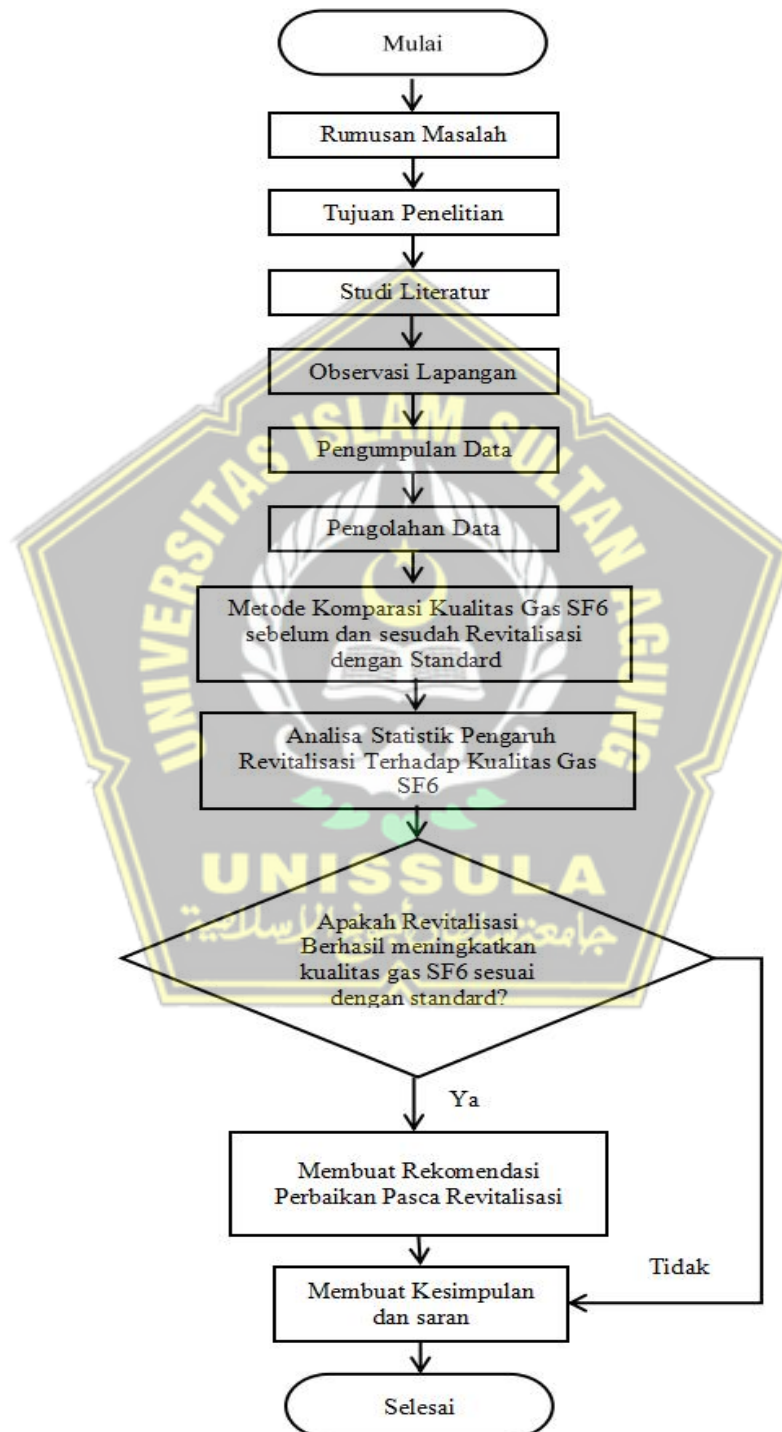
	CT Line, PMS Line, PMS Ground (Pengapit bawah, line), Sealing End	R	99,9%	65	-52,9	0	3,44
		S	99,9%	53	-55	0	3,36
		T	99,9%	46	-55	0	3,44
TRAF O 1	PMT	R	99,9%	97	-42,4	0	6,45
		S	99,9%	90	-43	0	6,44
		T	99,9%	58	-46,8	0	6,44
	CT BUS, PMS BUS A	R	99,9%	39	-50	0	3,31
		S	99,9%	28	-52,5	0	3,31
		T	99,9%	26	-53,1	0	3,34
	PMS Bus B, PMS Ground pengapit atas	R	99,9%	46	-48,6	0	3,37
		S	99,9%	71	-45	0	3,33
		T	99,9%	55	-47,1	0	3,35
	CT Line, PMS Line, PMS Ground (Pengapit bawah, line), Sealing End	R	99,9%	40	-49,7	0	3,42
		S	99,9%	28	-52,5	0	3,41
		T	99,9%	28	-52,7	0	3,42
TRAF O 2	PMT	R	99,9%	73	-44,8	0	6,43
		S	99,9%	69	-45,2	0	6,32
		T	99,9%	65	-45,8	0	6,42
	CT BUS, PMS BUS A	R	99,9%	20	-55	0	3,3
		S	99,9%	20	-55	0	3,18
		T	99,9%	21	-54,6	0	3,36
	PMS Bus B, PMS Ground pengapit atas	R	99,9%	31	-51,8	0	3,36
		S	99,9%	31	-51,6	0	3,34
		T	99,9%	35	-50,7	0	3,29
	CT Line, PMS Line, PMS Ground (Pengapit bawah, line), Sealing End	R	99,9%	27	-52,9	0	3,42
		S	99,9%	20	-55	0	3,39
		T	99,9%	20	-55	0	3,42
KOPE L	PMT	R	99,9%	57	-46,9	0	6,33
		S	99,9%	62	-46,1	0	6,4

		T	99,9%	65	-45,8	0	6,29
	CT BUS, PMS BUS A	R	99,9%	27	-50,6	0	3,46
		S	99,9%	20	-54,1	0	3,2
		T	99,9%	20	-55	0	3,37
	PMS Bus B, PMS Ground pengapit atas	R	99,9%	36	-50,6	0	3,46
		S	99,9%	23	-54,1	0	3,47
		T	99,9%	20	-55	0	3,35
	CT Line, PMS Line, PMS Ground (Pengapit bawah, line), Sealing End	R	99,9%	30	-52	0	3,43
		S	99,9%	25	-53,4	0	3,4
		T	99,9%	28	-52,5	0	3,43



3.3 Diagram Alir

Diagram alir dari penelitian yang akan dilakukan diperlihatkan pada gambar berikut:



Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

3.4 Tahapan Penelitian Evaluasi Kualitas Gas SF₆ Pasca Revitalisasi:

1. Mulai:

Titik awal dari seluruh rangkaian penelitian.

2. Rumusan Masalah:

Mengidentifikasi permasalahan terkait kualitas gas SF₆ sebelum dan sesudah revitalisasi. Menentukan parameter kualitas gas SF₆ yang relevan untuk dievaluasi (misalnya, kemurnian, kadar air, produk dekomposisi). Mengidentifikasi standar kualitas gas SF₆ yang akan digunakan sebagai acuan (misalnya, IEC 60376).

3. Tujuan Penelitian:

Merumuskan tujuan spesifik dari penelitian, yaitu untuk mengevaluasi pengaruh revitalisasi terhadap kualitas gas SF₆. Menentukan apakah revitalisasi berhasil meningkatkan kualitas gas SF₆ sesuai dengan standar.

4. Studi Literatur:

Mengumpulkan informasi tentang gas SF₆, revitalisasi peralatan listrik, dan metode pengujian kualitas gas SF₆. Mempelajari standar-standar yang relevan. Meninjau penelitian-penelitian sebelumnya.

5. Observasi Lapangan:

Melakukan pengamatan langsung terhadap kondisi peralatan listrik sebelum dan sesudah revitalisasi. Mengumpulkan data awal tentang kualitas gas SF₆ sebelum revitalisasi.

6. Pengumpulan Data:

Mengambil sampel gas SF₆ dari peralatan listrik sebelum dan sesudah revitalisasi. Melakukan pengujian kualitas gas SF₆ di laboratorium atau di lapangan. Mencatat hasil pengujian dengan cermat.

7. Pengolahan Data:

Mengolah data hasil pengujian kualitas gas SF₆. Menghitung nilai rata-rata, standar deviasi, dan parameter statistik lainnya. Mengorganisasi data dalam bentuk tabel atau grafik.

8. Metode Komparasi Kualitas Gas SF₆ Sebelum dan Sesudah Revitalisasi dengan Standar:

Membandingkan hasil pengujian kualitas gas SF6 sebelum dan sesudah revitalisasi. Membandingkan hasil pengujian dengan standar kualitas gas SF6 yang telah ditentukan. Menentukan apakah revitalisasi berhasil meningkatkan kualitas gas SF6 sesuai dengan standar.

9. Analisis Statistik Pengaruh Revitalisasi Terhadap Kualitas Gas SF6:

Melakukan analisis statistik untuk menentukan signifikansi pengaruh revitalisasi terhadap kualitas gas SF6. Menggunakan metode statistik yang sesuai untuk membandingkan data sebelum dan sesudah revitalisasi.

10. Pengambilan Keputusan:

Jika Ya (Revitalisasi Berhasil): Membuat rekomendasi perbaikan pasca revitalisasi untuk menjaga kualitas gas SF6.

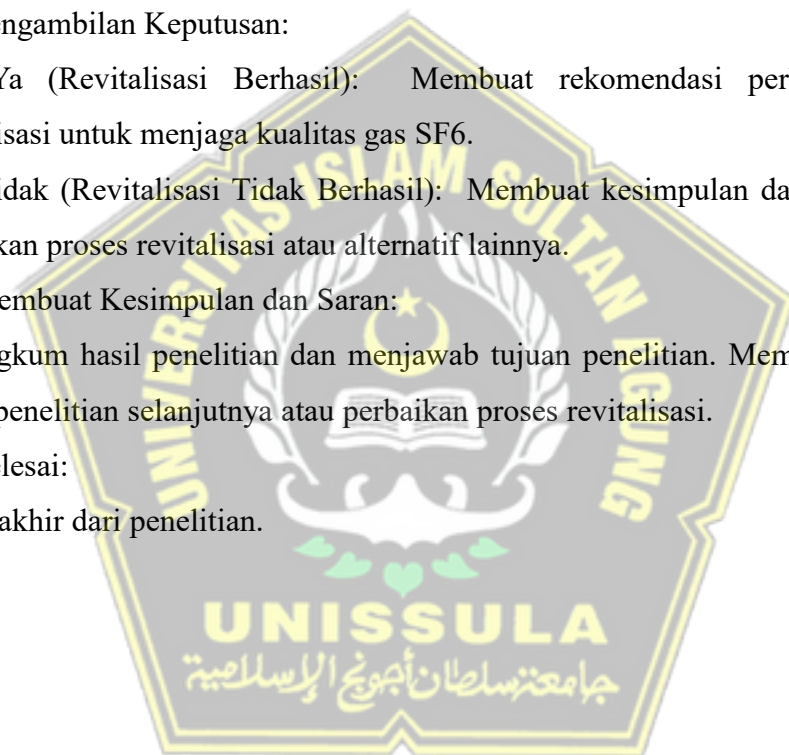
Jika Tidak (Revitalisasi Tidak Berhasil): Membuat kesimpulan dan saran untuk perbaikan proses revitalisasi atau alternatif lainnya.

11. Membuat Kesimpulan dan Saran:

Merangkum hasil penelitian dan menjawab tujuan penelitian. Memberikan saran untuk penelitian selanjutnya atau perbaikan proses revitalisasi.

12. Selesai:

Tahap akhir dari penelitian.



3.5 Proses Pengolahan data Statistik Uji Mann-Whitney dengan SPSS

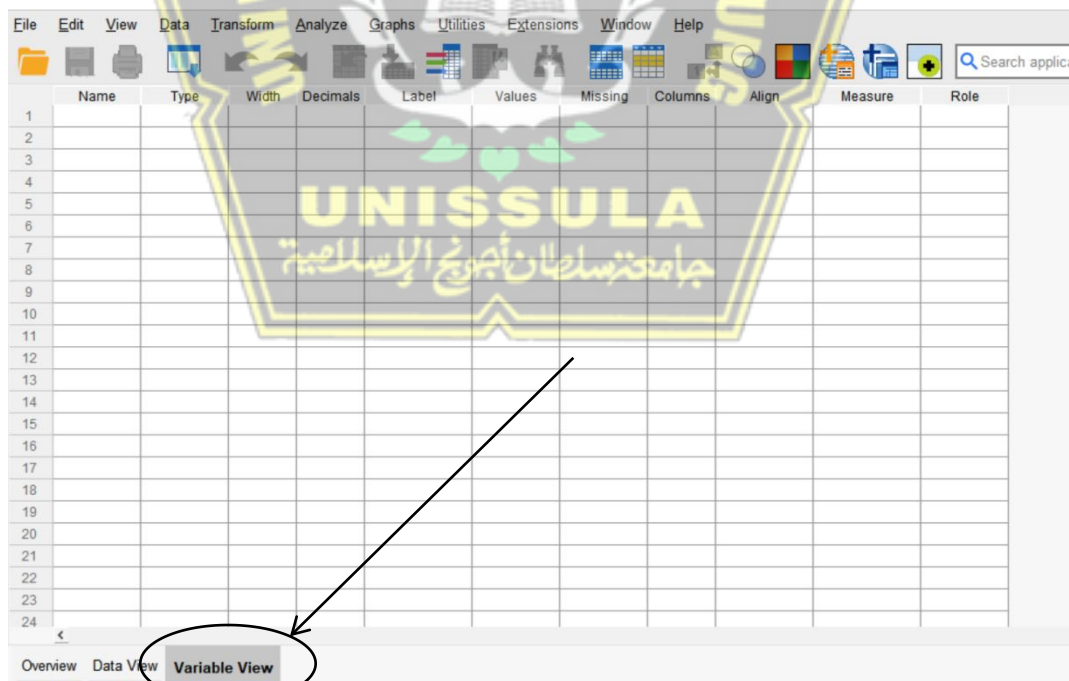
3.5.1 Alat dan Bahan

Untuk Melakukan proses pengolahan data statistik dengan Uji Mann-Whitney di perlukan beberapa bahan :

- Laptop yang sudah terinstal apk SPSS
- Data Kualitas gas SF6 sebelum revitalisasi (*purity,moisture content, dew point & decomposition product*)
- Data Kualitas gas SF6 sesudah revitalisasi (*purity,moisture content, dew point & decomposition product*)

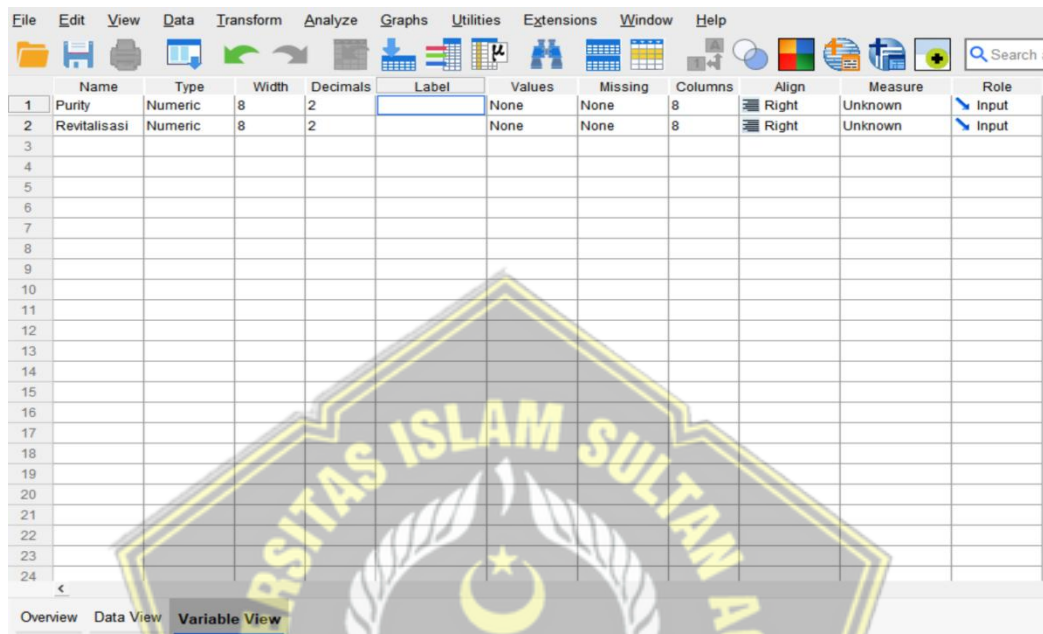
3.5.2 Proses Olah data

- Buka Aplikasi SPSS
- Klik halaman *Variabel View*



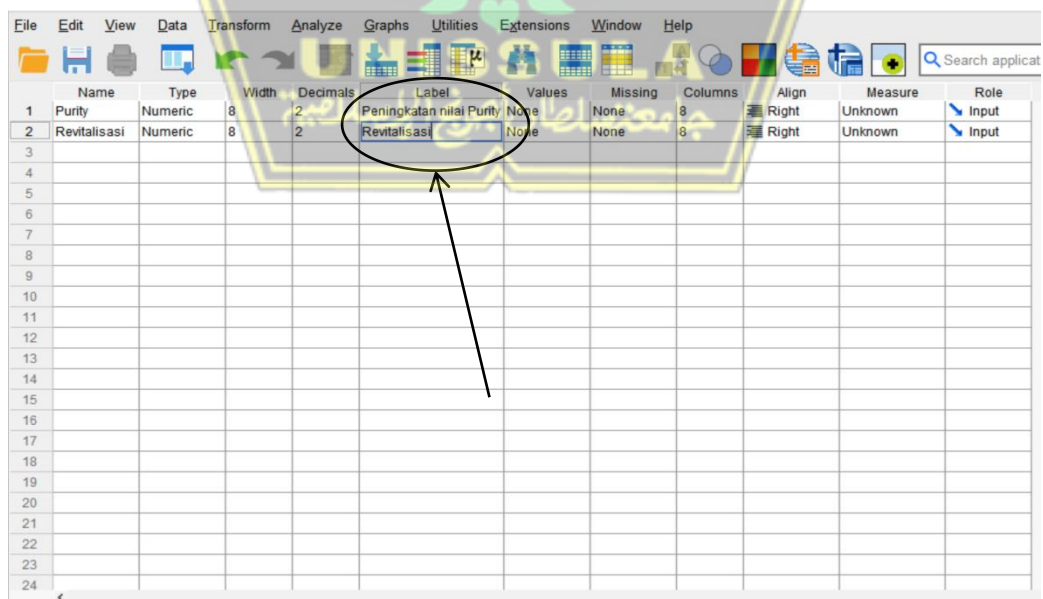
Gambar 3. 2 Tampilan Awal SPSS

1. Melakukan pengisian pada kolom name baris 1 dan baris 2 sesuai dengan yang akan di uji, disini di berikan contoh nilai *purity* dan perlakuan nya yakni revitalisasi.



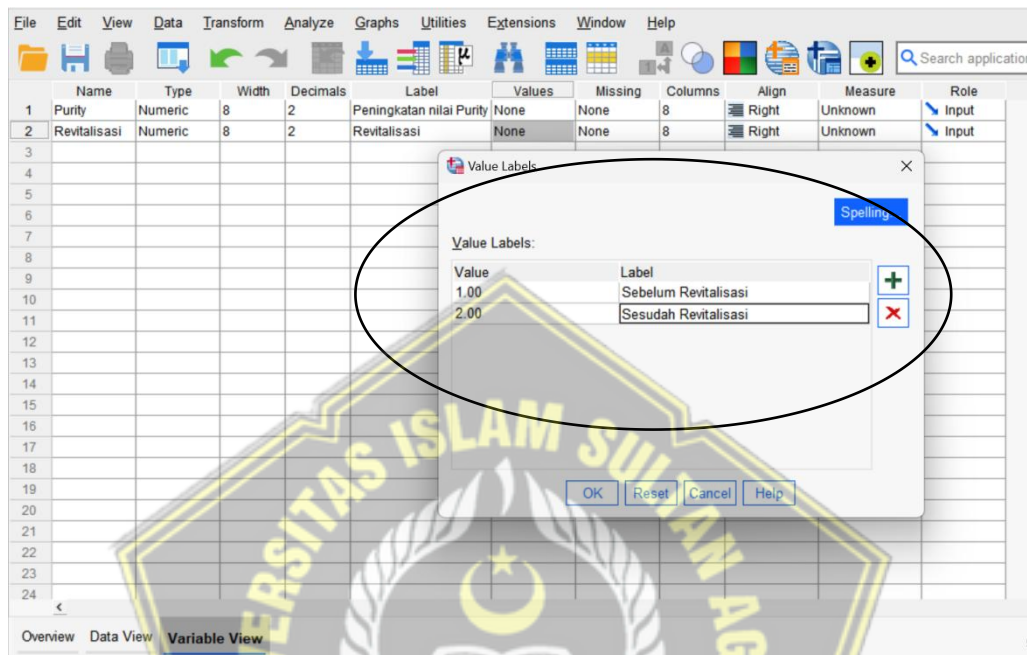
Gambar 3. 3 Halaman Variabel View aplikasi SPSS

2. Melakukan *input* pada kolom label sesuai dengan hipotesis yang di berikan.



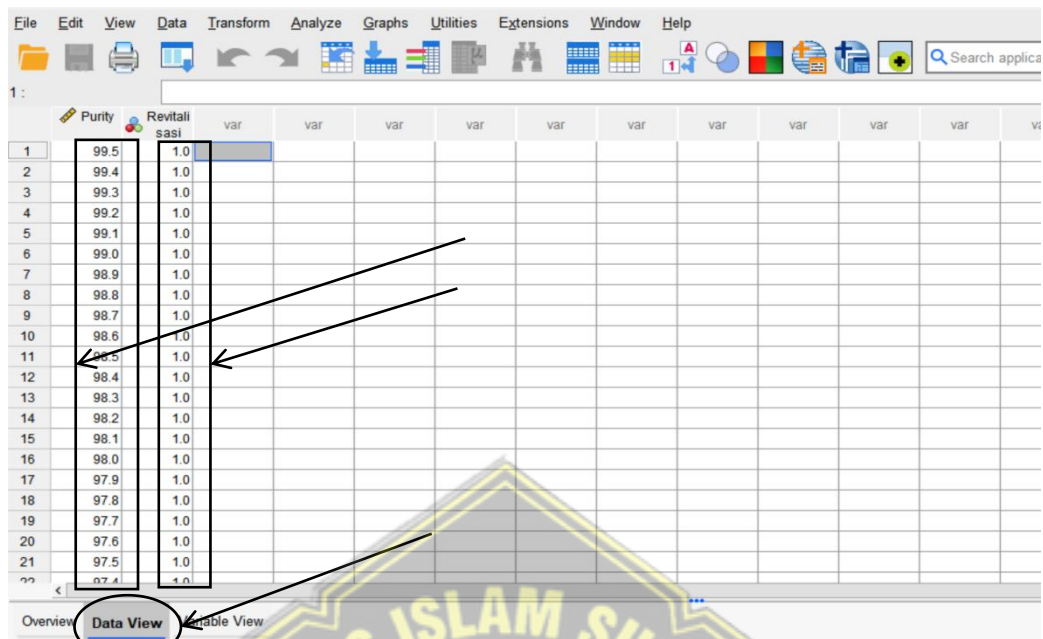
Gambar 3. 4 Inputan Label pada aplikasi SPSS

3. Memberikan *input* pada kolom *Value* baris Revitalisasi bahwasanya ada 2 kelompok independen yakni nilai *purity* sebelum revitalisasi dan sesudah revitalisasi.



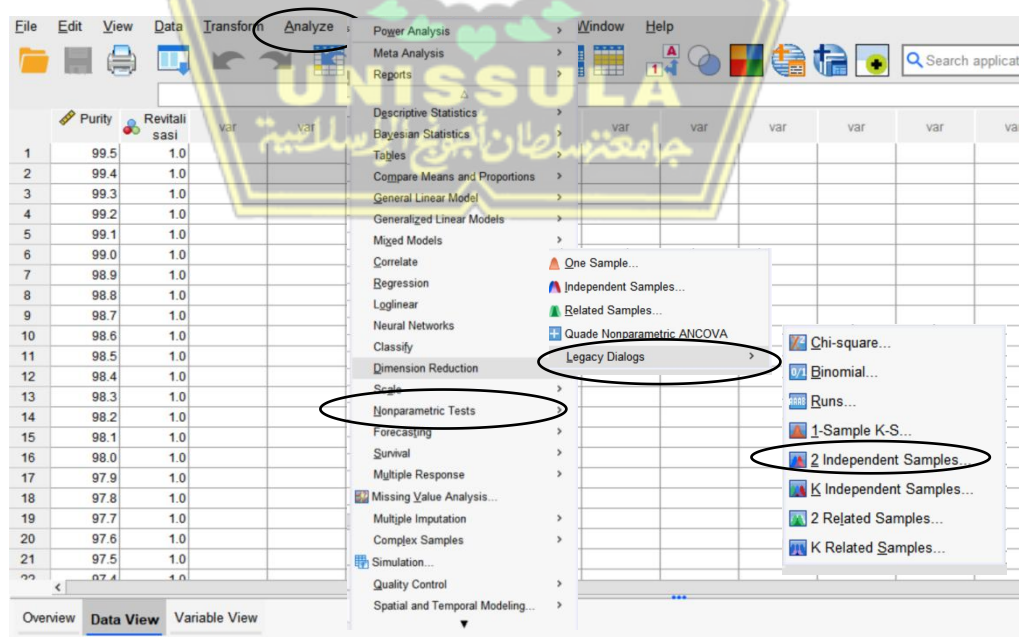
Gambar 3. 5 Inputan Values pada aplikasi SPSS

4. Memilih halaman *data view*, kemudian menginputkan nilai *purity* dan juga membagi 2 kelompok independen pada kolom revitalisasi dengan kode 1 untuk perlakuan sebelum revitalisasi, kode 2 pada kolom revitalisasi untuk perlakuan sesudah revitalisasi.



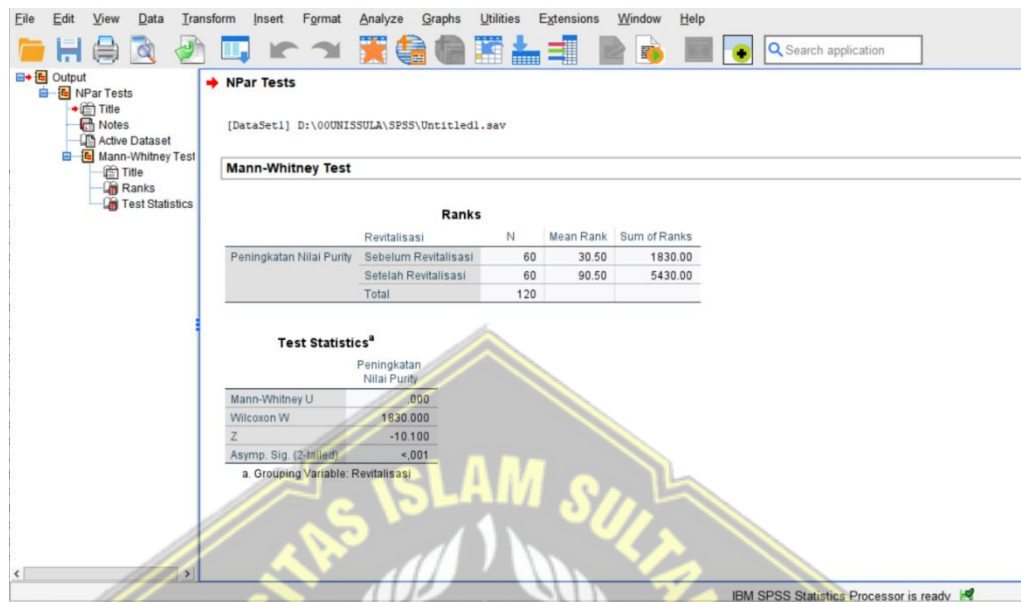
Gambar 3. 6 Tampilan Halaman Data View aplikasi SPSS

5. Mulai melakukan analisis statistik dengan memilih menu *Analyze*, karena disini menggunakan nonparametric test, klik *nonparametric test*, klik *legacy dialog*, kemudian karena menggunakan 2 kelompok *independen*, klik *2 independent sample*.



Gambar 3. 7 Melakukan Analisa Statistik pada aplikasi SPSS

6. Setelah itu didapatkan hasil interpretasi Output SPSS diringi dengan didapatkan hasil tes statistik



Gambar 3. 8 Hasil *Output* SPSS

BAB IV

DATA DAN ANALISA

4.1 Hasil Penelitian

Dari observasi yang telah dilakukan pada saat di lapangan atau di lingkungan *Gas Insulated Switchgear (GIS)* 150 kV Simpang diperoleh beberapa data mengenai pengujian Kualitas Gas SF6 Sebelum dan setelah di revitalisasi. Data yang diperoleh kemudian di evaluasi terkait apakah sudah sesuai dengan standard dan tingkat keberhasilan revitalisasi apakah revitalisasi memberikan dampak yang signifikan terhadap kualitas Gas SF6 melalui analisis statistik Uji - Mann Whitney. Pada bab ini memaparkan sebuah data pengujian kualitas Gas SF6 dan analisis statistik.

4.2 Evaluasi Pengujian Kualitas Gas SF6 sebelum Revitalisasi

Berikut adalah tabel data pengujian kualitas gas SF6 sebelum revitalisasi yang dibandingkan dengan standard pada kompartemen GIS 150 kV yang telah dilakukan, data diperoleh pada PT. PLN (PERSERO) GIS 150 kV Simpang yang terdiri dari 2 bay trafo, 2 bay *line* dan 1 bay kopel, ditunjukkan pada tabel 4.1 - tabel 4.5.

Tabel 4. 1 Kualitas Gas SF6 sebelum Revitalisasi bay line Ngagel 1

BAY	KOMPARTEMEN	PHASA	DILLO ANALYZER				TEKANAN GAS SF6	Standar Pengujian				TEKANAN GAS SF6	Hasil Assesment				TEKANAN GAS SF6
			Purity (%)	Volume Ratio ppmv	Dew Point °C @atm.p	SO2 (Bar)		Purity (%) (SK.DIR 520)	Moisture Content (ppmV)	Dew Point °C @atm.p	SO2 (ppm) (CIGRE)		Purity (%) (SK.DIR 520)	Moisture Content (ppmV)	Dew Point °C @atm.p	SO2 (ppm) (CIGRE)	
NGAGEL 1	PMT	R	99,5	192	-36,3	1,3	6,42	97,0%	350	-5	12	6,2	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
		S	99,4	152	-38,4	1,4	6,48	97,0%	350	-5	12	6,2	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
		T	99,9	193	-36,3	0	6,5	97,0%	350	-5	12	6,2	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
	CT BUS, PMS BUS A	R	99	3212	-7,5	2,8	3,69	97,0%	610	-5	12	3,6	Normal	Pemburukan	Normal	Normal	Normal
		S	98,8	3202	-7,6	2,7	3,68	97,0%	610	-5	12	3,6	Normal	Pemburukan	Normal	Normal	Normal
		T	98,9	3410	-6,8	3,1	3,58	97,0%	610	-5	12	3,6	Normal	Pemburukan	Normal	Normal	Pengisian
	PMS Bus B, PMS Ground pengapit atas	R	98,8	2811	-9,1	1,9	3,74	97,0%	610	-5	12	3,6	Normal	Pemburukan	Normal	Normal	Normal
		S	98,4	2945	-8,5	2,1	3,73	97,0%	610	-5	12	3,6	Normal	Pemburukan	Normal	Normal	Normal
		T	97	3134	-7,8	3,9	3,27	97,0%	610	-5	12	3,6	Normal	Pemburukan	Normal	Normal	Pengisian
	CT Line, PMS Line, PMS Ground (Pengapit bawah, line), Sealing End	R	97,5	2045	-12,6	1,9	3,62	97,0%	610	-5	12	3,6	Normal	Pemburukan	Normal	Normal	Normal
		S	98,6	1902	-13,4	1,5	3,6	97,0%	610	-5	12	3,6	Normal	Pemburukan	Normal	Normal	Normal
		T	99,7	1620	-15,2	0	3,95	97,0%	610	-5	12	3,6	Normal	Pemburukan	Normal	Normal	Normal

Hasil Tabel 4.1 di dapatkan data standard pengujian dan juga hasil *asesment* pada kualitas gas SF6 sebelum revitalisasi, pada bagian ini dijelaskan bay *line* ngagel 1 dengan bagian kompartemen atau bagian spesifik yang di uji, untuk kemurnian gas SF6 secara umum masih cukup baik. Namun, ada sedikit penurunan

kemurnian pada beberapa titik, yang disebabkan oleh kontaminasi atau reaksi kimia dengan komponen lain dalam sistem. Untuk moisture content pada sebagian besar titik pengukuran mengalami pemburukan tidak sesuai dengan standard. Pemburukan *moisture content*, terutama pada kompartemen CT Bus, PMS Bus A, PMS Bus B, PMS *Ground* Pengapit atas, CT *line*, PMS *line*, PMS *Ground* dan *Sealing end*. Peningkatan kadar air dapat mengindikasikan adanya kebocoran atau kondensasi di dalam peralatan, hal ini di buktikan dengan penurunan tekanan gas pada CT Bus, PMS Bus A, PMS Bus B, PMS *Ground* Pengapit atas, CT *line*, PMS *line*, PMS *Ground* dan *Sealing end*. Untuk *dew point* sesuai secara standard normal tetapi dengan suhu lingkungan di sekitar GIS lebih besar yakni 30 derajat *dew point* menjadi *warning* ketika menyentuh -30 derajat. SO₂ pada tabel di atas secara standard masi dikatakan normal idealnya nilai SO₂ adalah 0 artinya ketika ada nilai pada SO₂ memberikan *warning* pada CT Bus, PMS Bus A, PMS Bus B, PMS *Ground* Pengapit atas, CT *line*, PMS *line*, PMS *Ground* dan *Sealing end*.

Tabel 4. 2 Kualitas Gas SF₆ sebelum Revitalisasi bay line Ngagel 2

BAY	KOMPARTEMEN	PHASA	DIO ANALYZER				TEKANAN GAS SF6	Standar Pengujian				TEKANAN GAS SF6	Hasil Assesment				TEKANAN GAS SF6
			Purity (%)	Volume Ratio ppmv	Dew Point °C @atm.p	SO2 (Bar)		Purity (%) (SK.DIR 520)	Moisture Content (ppmV)	Dew Point °C @atm.p	SO2 (ppm) (CIGRE)		(Bar)	Purity (%) (SK.DIR 520)	Moisture Content (ppmV)	Dew Point °C @atm.p	
NGAGEL 2	PMT	R	99,4	526	-26,8	1,3	6,36	97,0%	350	-5	12	6,2	Normal	Pemburukan	Normal	Normal	Normal
		S	99,8	377	-30	0	5,74	97,0%	350	-5	12	6,2	Normal	Pemburukan	Normal	Normal	Pengisian
		T	99,9	359	-30,5	0	5,97	97,0%	350	-5	12	6,2	Normal	Pemburukan	Normal	Normal	Pengisian
	CT BUS, PMS BUS A	R	99	3279	-7,3	3,8	3,65	97,0%	610	-5	12	3,6	Normal	Pemburukan	Normal	Normal	Normal
		S	99,1	3192	-7,6	2	3,66	97,0%	610	-5	12	3,6	Normal	Pemburukan	Normal	Normal	Normal
		T	99	3384	-6,9	3	3,42	97,0%	610	-5	12	3,6	Normal	Pemburukan	Normal	Normal	Pengisian
	PMS Bus B, PMS Ground pengapit atas	R	98,1	2951	-8,5	3,7	3,64	97,0%	610	-5	12	3,6	Normal	Pemburukan	Normal	Normal	Normal
		S	97,3	2916	-8,6	1,9	3,5	97,0%	610	-5	12	3,6	Normal	Pemburukan	Normal	Normal	Pengisian
		T	99,2	29950	-8,5	1	3,72	97,0%	610	-5	12	3,6	Normal	Pemburukan	Normal	Normal	Normal
	CT Line, PMS Line, PMS Ground (Pengapit bawah, line), Sealing End	R	97,9	2101	-12,3	2,3	3,35	97,0%	610	-5	12	3,6	Normal	Pemburukan	Normal	Normal	Pengisian
		S	97,6	1985	-12,9	2,7	3,6	97,0%	610	-5	12	3,6	Normal	Pemburukan	Normal	Normal	Normal
		T	97,6	2015	-12,8	2,2	3,64	97,0%	610	-5	12	3,6	Normal	Pemburukan	Normal	Normal	Normal

Hssil Tabel 4.2 didapatkan data standard pengujian dan juga hasil asessment pada kualitas gas SF₆ sebelum revitalisasi, pada bagian ini dijelaskan bay *line* ngagel 2 untuk kemurnian kompartemen bay ngagel 2 secara keseluruhan sesuai dengan standard namun di beberapa sampel ada yang harus di perhatikan mengalami penurunan bahkan untuk kompartemen CT *Line*, PMS *Line*, PMS *Ground* dan *sealing end* hampir mendekati standard *purity* 97%. Pada moisture content keseluruhan mengalami pemburukan bahkan pada bagian kompartemen PMS Bus B, PMS *ground* pengapit atas phasa T (29950) nilai *moisture content* nya sangat

buruk. Nilai *dew point* pada bay ngagel 2 masih sesuai dengan standard namun, di karenakan *ambient temperatur* sebesar 30 derajat maka *dew point* di atas -30 menjadi warning tersendiri. SO₂ pada bay ngagel 2 secara keseluruhan sesuai dengan standard namun nilai ideal pada SO₂ adalah 0 oleh karena itu untuk kompartemen CT Line, PMS Line, PMS Ground dan *sealing end* menjadi catatan karena adanya SO₂. Tekanan gas SF₆ pada PMT bay ngagel 2 phasa S T harus dilakukan pengisian untuk menghindari terjadinya trip pada PMT yang akan memberikan kerugian baik keandalan maupun secara ekonomis.

Tabel 4. 3 Kualitas Gas SF₆ sebelum Revitalisasi bay Trafo 1

BAY	KOMPARTEMEN	PHASA	DILO ANALYZER				TEKANAN GAS SF6	Standar Pengujian				TEKANAN GAS SF6	Hasil Assesment				TEKANAN GAS SF6
			Purity (%)	Volume Ratio ppmv	Dew Point °C @atm.p	SO2	(Bar)	Purity (%) (SK.DIR 520)	Moisture Content (ppmv)	Dew Point °C @atm.p	SO2 (ppm) (CIGRE)	(Bar)	Purity (%) (SK.DIR 520)	Moisture Content (ppmv)	Dew Point °C @atm.p	SO2 (ppm) (CIGRE)	(Bar)
TRAFO 1	PMT	R	99,4	275	-33	1,1	6,41	97,0%	350	-5	12	6,2	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
		S	99,5	160	-38	1,3	6,44	97,0%	350	-5	12	6,2	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
		T	99,6	222	-35	1,2	6,42	97,0%	350	-5	12	6,2	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
	CT BUS, PMS BUS A	R	97,1	3354	-7	5,7	3,28	97,0%	610	-5	12	3,6	Normal	Pemburukan	Normal	Normal	Pengisian
		S	96,2	3354	-7	6,4	3,48	97,0%	610	-5	12	3,6	Pemburukan	Pemburukan	Normal	Normal	Pengisian
		T	96	3396	-6,9	5,2	34,9	97,0%	610	-5	12	3,6	Pemburukan	Pemburukan	Normal	Normal	Normal
	PMS Bus B, PMS Ground pengapit atas	R	98,7	3037	-8,2	1,3	3,5	97,0%	610	-5	12	3,6	Normal	Pemburukan	Normal	Normal	Pengisian
		S	98,7	2651	-9,7	1,1	3,65	97,0%	610	-5	12	3,6	Normal	Pemburukan	Normal	Normal	Normal
		T	98	2573	-10,1	3,1	3,71	97,0%	610	-5	12	3,6	Normal	Pemburukan	Normal	Normal	Normal
	CT Line, PMS Line, PMS Ground (Pengapit bawah, line), Sealing End	R	98,3	2734	-9,4	2	3,63	97,0%	610	-5	12	3,6	Normal	Pemburukan	Normal	Normal	Normal
		S	97,8	2833	-9	2,6	3,56	97,0%	610	-5	12	3,6	Normal	Pemburukan	Normal	Normal	Pengisian
		T	98,1	2695	-9,5	3,6	3,41	97,0%	610	-5	12	3,6	Normal	Pemburukan	Normal	Normal	Pengisian

Pada Tabel 4.3 di atas didapatkan data *standard* pengujian dan juga hasil *asesment* pada kualitas gas SF₆ sebelum revitalisasi, pada bagian ini dijelaskan bay Trafo 1 dengan bagian kompartemen atau bagian spesifik yang di uji, untuk Kemurnian gas SF₆ terjadi pemburukan pada kompartemen CT Bus, PMS Bus A, dari masing - masing phasa nya. Pada *moisture content* terjadi pemburukan pada CT Bus, PMS Bus A, PMS Bus B, PMS Ground Pengapit atas, CT line, PMS line, PMS Ground dan *Sealing end*. Pada CT bus dan PMS bus A *moisture content* nya yang paling besar (3396) ppmv. *Dew point* pada bay trafo 1 masih sesuai dengan standard tetapi dengan *ambient temperatur* yang lebih besar yakni sebesar 30 derajat maka *dew point* di atas -30 menjadi catatan mulai terjadinya pemburukan nilai *dew point* pada bay trafo 1. SO₂ bay trafo secara keseluruhan sesuai dengan standard tetapi nilai yang paling baik pada SO₂ adalah 0, oleh karena itu SO₂ pada bay trafo 1 mulai ada hal ini tentu memberikan sebuah indikasi pemburukan pada kualitas gas SF₆.

Tabel 4. 4 Kualitas Gas SF6 sebelum Revitalisasi bay Trafo 2

BAY	KOMPARTEMEN	PHASA	DILO ANALYZER				TEKANAN GAS SF6	Standar Pengujian				TEKANAN GAS SF6	Hasil Assesment				TEKANAN GAS SF6
			Purity (%)	Volume Ratio ppmv	Dew Point °C @atm.p	SO2		Purity (%) (SK.DIR 520)	Moisture Content (ppmV)	Dew Point °C @atm.p	SO2 (ppm) (CIGRE)		Purity (%) (SK.DIR 520)	Moisture Content (ppmV)	Dew Point °C @atm.p	SO2 (ppm) (CIGRE)	
TRAFO 2	PMT	R	99,8	174	-37,2	0	6,63	97,0%	350	-5	12	6,2	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
		S	99,4	272	-33,1	1,5	6,39	97,0%	350	-5	12	6,2	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
		T	99,9	133	-39,6	0	6,7	97,0%	350	-5	12	6,2	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
	CT BUS, PMS BUS A	R	98,8	3249	-7,4	3,8	3,63	97,0%	610	-5	12	3,6	Normal	Pemburukan	Normal	Normal	Normal
		S	98,7	2912	-8,7	3,6	3,6	97,0%	610	-5	12	3,6	Normal	Pemburukan	Normal	Normal	Normal
		T	99,2	3167	-7,7	2,3	3,59	97,0%	610	-5	12	3,6	Normal	Pemburukan	Normal	Normal	Pengisian
	PMS Bus B, PMS Ground pengapit atas	R	99,8	1526	-15,8	0	3,03	97,0%	610	-5	12	3,6	Normal	Pemburukan	Normal	Normal	Pengisian
		S	96,9	3334	-7,1	2,8	3,33	97,0%	610	-5	12	3,6	Pemburukan	Pemburukan	Normal	Normal	Pengisian
		T	96,8	3131	-7,8	4,1	3,32	97,0%	610	-5	12	3,6	Pemburukan	Pemburukan	Normal	Normal	Pengisian
	CT line, PMS line, PMS Ground (Pengapit bawah, line), Sealing End	R	99,8	2429	-10,7	0	3,58	97,0%	610	-5	12	3,6	Normal	Pemburukan	Normal	Normal	Pengisian
		S	99,3	2114	-12,7	0	3,41	97,0%	610	-5	12	3,6	Normal	Pemburukan	Normal	Normal	Pengisian
		T	99,7	2151	-12,1	0	3,49	97,0%	610	-5	12	3,6	Normal	Pemburukan	Normal	Normal	Pengisian

Pada tabel 4.4 nilai *purity* dari bay trafo 2 mengalami pemburukan pada PMS Bus B, PMS *Ground* pengapit atas tepatnya pada fasa S dengan kemurnian 96,9%. *Moisture content* juga mengalami pemburukan pada CT Bus, PMS Bus A, PMS Bus B, PMS *Ground* Pengapit atas, CT line, PMS line, PMS *Ground* dan *Sealing end* dari masing - masing fhasanya. Untuk *Dew point* pada bay trafo 2 masih sesuai dengan standard tetapi dengan *ambient temperatur* yang lebih besar yakni sebesar 28 derajat maka *dew point* di atas -30 menjadi catatan mulai terjadinya pemburukan nilai dew point pada bay trafo 2. SO2 bay trafo 2 secara keseluruhan sesuai dengan *standard* tetapi nilai yang paling baik pada SO2 adalah 0, oleh karena itu SO2 pada bay trafo 2 mulai ada muncul, hal ini tentu memberikan sebuah indikasi pemburukan pada kualitas gas SF6.

Tabel 4. 5 Kualitas Gas SF6 sebelum Revitalisasi bay Kopel

BAY	KOMPARTEMEN	PHASA	DILO ANALYZER				TEKANAN GAS SF6	Standar Pengujian				TEKANAN GAS SF6	Hasil Assesment				TEKANAN GAS SF6
			Purity (%)	Volume Ratio ppmv	Dew Point °C @atm.p	SO2		Purity (%) (SK.DIR 520)	Moisture Content (ppmV)	Dew Point °C @atm.p	SO2 (ppm) (CIGRE)		Purity (%) (SK.DIR 520)	Moisture Content (ppmV)	Dew Point °C @atm.p	SO2 (ppm) (CIGRE)	
KOPEL	PMT	R	99,3	122	-40,4	1,4	6,42	97,0%	350	-5	12	6,2	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
		S	99,5	89	-43,1	1,4	6,34	97,0%	350	-5	12	6,2	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
		T	99,1	82	-43,8	3,9	6,42	97,0%	350	-5	12	6,2	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
	CT BUS, PMS BUS A	R	98,2	3558	-6,4	3	3,6	97,0%	610	-5	12	3,6	Normal	Pemburukan	Normal	Normal	Normal
		S	98,2	3506	-6,5	2,4	3,71	97,0%	610	-5	12	3,6	Normal	Pemburukan	Normal	Normal	Normal
		T	98,4	3427	-6,8	3,4	3,71	97,0%	610	-5	12	3,6	Normal	Pemburukan	Normal	Normal	Normal
	PMS Bus B, PMS Ground pengapit atas	R	97,4	3133	-7,8	3,2	3,51	97,0%	610	-5	12	3,6	Normal	Pemburukan	Normal	Normal	Pengisian
		S	98,7	3077	-8	0	3,74	97,0%	610	-5	12	3,6	Normal	Pemburukan	Normal	Normal	Normal
		T	97,6	3174	-7,7	2,7	3,76	97,0%	610	-5	12	3,6	Normal	Pemburukan	Normal	Normal	Normal
	CT Line, PMS line, PMS Ground (Pengapit bawah, line), Sealing End	R	99,6	2010	-12,8	0	3,66	97,0%	610	-5	12	3,6	Normal	Pemburukan	Normal	Normal	Normal
		S	99,1	2369	-11	0	3,67	97,0%	610	-5	12	3,6	Normal	Pemburukan	Normal	Normal	Normal
		T	97,9	1188	-11,3	3,5	3,55	97,0%	610	-5	12	3,6	Normal	Pemburukan	Normal	Normal	Pengisian

Pada tabel 4.5 nilai *purity* beberapa kompartmen dan masing - masing fhasanya mengalami penurunan hal ini tentu menjadi perhatian lebih terkait kemurnian dari kualitas gas SF6 pada bay kopel, untuk *moisture content* terjadi pemburukan pada CT Bus, PMS Bus A, PMS Bus B, PMS *Ground* Pengapit atas, CT line, PMS line,

PMS *Ground* dan *Sealing end*. Untuk *Dew point* pada bay trafo 2 masih sesuai dengan standard tetapi dengan *ambient temperatur* yang lebih besar yakni sebesar 30 derajat maka *dew point* di atas -30 menjadi catatan mulai terjadinya pemburukan nilai *dew point* pada bay trafo 2. SO₂ bay trafo 2 secara keseluruhan sesuai dengan standard tetapi nilai yang paling baik pada SO₂ adalah 0, oleh karena itu SO₂ pada bay trafo 2 mulai ada muncul, hal ini tentu memberikan sebuah indikasi pemburukan pada kualitas gas SF₆.

4.3 Evaluasi Pengujian Kualitas Gas SF₆ setelah Revitalisasi

Revitalisasi bertujuan untuk mengembalikan kondisi GIS ke kondisi semula atau bahkan lebih baik, sehingga dapat beroperasi secara optimal dan aman. Proses revitalisasi meliputi pembongkaran, pembersihan, penggantian komponen yang rusak, pengisian ulang gas SF₆, dan pengujian. Proses revitalisasi tidak selamanya aman atau pun memberikan hasil yang memuaskan revitalisasi juga dapat memengaruhi kualitas gas SF₆, terutama jika terjadi peningkatan kelembapan atau kontaminasi dari lingkungan selama perawatan. Oleh karena itu, evaluasi kualitas SF₆ setelah revitalisasi sangat penting untuk memastikan bahwa GIS tetap berfungsi dengan aman dan efisien.

Berikut adalah tabel data pengujian kualitas gas SF₆ setelah revitalisasi yang di bandingkan dengan standard pada kompartemen GIS 150 kV Simpang yang telah dilakukan, data terdiri dari 2 bay trafo, 2 bay *line* dan 1 bay kopel, ditunjukkan pada tabel 4.6 - tabel 4.10.

Tabel 4. 6 Kualitas Gas SF₆ setelah Revitalisasi bay Ngagel 1

BAY	KOMPARTEMEN	PHASA	DIOLO GAS QUALITY				TEKANAN GAS SF6 (Bar)	Standar Pengujian				TEKANAN GAS SF6 (Bar)	Hasil Assesment				TEKANAN GAS SF6 (Bar)
			Purity (%)	Volume Ratio (ppmv)	Dew Point OC (@atm.p)	SO2		Purity (%) (SK.DIR)	Moisture Content (ppmV)	Dew Point °C @atm.p	SO2 (ppm) (CIGRE)		Purity (%) (SK.DIR 520)	Moisture Content (ppmV)	Dew Point °C @atm.p	SO2 (ppm) (CIGRE)	
NGAGEL 1	PMT	R	99,9%	68	-45,4	0	6,37	97,0%	350	-5	12	6,2	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
		S	99,9%	60	-45	0	6,27	97,0%	350	-5	12	6,2	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
		T	99,9%	57	-46,9	0	6,52	97,0%	350	-5	12	6,2	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
	CT BUS,	R	99,9%	27	-52,8	0	3,4	97,0%	610	-5	12	3,2	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
		S	99,9%	20	-55	0	3,33	97,0%	610	-5	12	3,2	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
	PMS BUS A	T	99,9%	20	-55	0	3,33	97,0%	610	-5	12	3,2	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
		R	99,9%	27	-52,6	0	3,37	97,0%	610	-5	12	3,2	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
	B, PMS	S	99,9%	20	-53,9	0	3,38	97,0%	610	-5	12	3,2	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
		T	99,9%	20	-55	0	3,45	97,0%	610	-5	12	3,2	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
	Ground	R	99,9%	20	-55	0	3,28	97,0%	610	-5	12	3,2	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
		S	99,9%	20	-55	0	3,4	97,0%	610	-5	12	3,2	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
	PMS Line,	T	99,9%	20	-55	0	3,47	97,0%	610	-5	12	3,2	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
PMS		T	99,9%	20	-55	0	3,47	97,0%	610	-5	12	3,2	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal

Pada Tabel 4.6 diatas di dapatkan data standard pengujian dan juga hasil *assessment* pada kualitas gas SF6 setelah revitalisasi, pada bagian ini dijelaskan bay *line* ngagel 1 dengan bagian kompartemen atau bagian spesifik yang di uji, untuk Kemurnian gas SF6 secara umum sangat baik, artinya kadar kermunian. Gas SF6 sebagai isolasi sangat baik dengan rata - rata pada setiap kompartemen dari masing - masing phasanya 99,9%. Pada *moisture content* dari bay ngagel 1 juga sangat rendah dan jauh dari maksimal standard yang di tetapkan. *Nilai dew point* juga sangat baik dengan *ambient temperature* 30 derjat nilai *dew point* dari masing - masing kompartemen pada bay ngagel 1 jauh di bawah -30 derjat apalagi standard *dew point* yang bernilai -5 derjat. SO2 dari bay ngagel 1 juga 0 artinya tidak ditemukan SO2 pada bay ngagel 1 setelah revitalisasi.

Tabel 4. 7 Kualitas Gas SF6 setelah Revitalisasi bay Ngagel 2

BAY	KOMPARTEMEN	PHASA	DILO GAS QUALITY				TEKANAN GAS SF6	Standar Pengujian				TEKANAN GAS SF6	Hasil Assesment				TEKANAN GAS SF6	
			Purity (%)	Volume Ratio (ppmv)	Dew Point OC (@atm.p)	SO2	(Bar)	Purity (%) (SK.DIR	Moisture Content (ppmV)	Dew Point °C @atm.p	SO2 (ppm) (CIGRE)	(Bar)	Purity (%) (SK.DIR 520)	Moisture Content (ppmV)	Dew Point °C @atm.p	SO2 (ppm) (CIGRE)	(Bar)	
NGAGEL 2	PMT	R	99,9%	210	-35,5	0	6,35	97,0%	350	-5	12	6,2	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	
		S	99,9%	121	-40,5	0	6,39	97,0%	350	-5	12	6,2	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	
		T	99,9%	120	-42,9	0	6,39	97,0%	350	-5	12	6,2	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	
	CT BUS,	R	99,9%	39	-55	0	3,34	97,0%	610	-5	12	3,2	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	
		S	99,9%	65	-55	0	3,32	97,0%	610	-5	12	3,2	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	
	A	T	99,9%	157	-54,6	0	3,15	97,0%	610	-5	12	3,2	Normal	Normal	Normal	Normal	Pengisian	
		PMS Bus	R	99,9%	141	-39,1	0	3,25	97,0%	610	-5	12	3,2	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
	B, PMS	S	99,9%	95	-42,6	0	3,4	97,0%	610	-5	12	3,2	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	
		Ground	T	99,9%	85	-43,5	0	3,45	97,0%	610	-5	12	3,2	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
	PMS Line,	CT Line,	R	99,9%	65	-52,9	0	3,44	97,0%	610	-5	12	3,2	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
			S	99,9%	53	-55	0	3,36	97,0%	610	-5	12	3,2	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
		PMS	T	99,9%	46	-55	0	3,44	97,0%	610	-5	12	3,2	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal

Pada tabel 4.7 merupakan data pengujian dan hasil *assessment* kualitas gas SF6 setelah revitalisasi, dijelaskan bay ngagel 2, untuk *purity* dari bay ngagel 2 setelah revitalisasi sangat baik dengan rata - rata 99,9%, *moisture content* sudah sesuai dengan standard namun mulai ada peningkatan pada PMT phasa R sebesar 210 ppmv, nilai *dew point* juga sangat baik, SO2 juga ditemukan 0 dari masing - masing phasa pada bay ngagel 2 setelah revitalisasi, namun pada peralatan kompartemen CT Bus, PMS Bus A, PMS Bus B, PMS *Ground* Pengapit atas, CT *line*, PMS *line*, PMS *Ground* dan *Sealing end* perlu dilakukan pengisian segera dan hal ini harus dilakukan investigasi pasca revitalisasi di temukan penurunan tekanan gas SF6.

Tabel 4. 8 Kualitas Gas SF6 setelah Revitalisasi bay Trafo 1

BAY	KOMPARTEMEN	PHASA	DILO GAS QUALITY				TEKANAN GAS SF6 (Bar)	Standar Pengujian				TEKANAN GAS SF6 (Bar)	Hasil Assesment				TEKANAN GAS SF6 (Bar)
			Purity (%)	Volume Ratio (ppmv)	Dew Point OC (@atm.p)	SO2		Purity (%) (SK.DIR)	Moisture Content (ppmV)	Dew Point °C @atm.p	SO2 (ppm) (CIGRE)		Purity (%) (SK.DIR 520)	Moisture Content (ppmV)	Dew Point °C @atm.p	SO2 (ppm) (CIGRE)	
TRAFO 1	PMT	R	99,9%	97	-42,4	0	6,45	97,0%	350	-5	12	6,2	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
		S	99,9%	90	-43	0	6,44	97,0%	350	-5	12	6,2	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
		T	99,9%	58	-46,8	0	6,44	97,0%	350	-5	12	6,2	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
	CT BUS, PMS BUS A	R	99,9%	39	-50	0	3,31	97,0%	610	-5	12	3,2	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
		S	99,9%	28	-52,5	0	3,31	97,0%	610	-5	12	3,2	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
		T	99,9%	26	-53,1	0	3,34	97,0%	610	-5	12	3,2	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
	PMS Bus B, PMS Ground	R	99,9%	46	-48,6	0	3,37	97,0%	610	-5	12	3,2	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
		S	99,9%	71	-45	0	3,33	97,0%	610	-5	12	3,2	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
		T	99,9%	55	-47,1	0	3,35	97,0%	610	-5	12	3,2	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
	CT Line, PMS Line, PMS	R	99,9%	40	-49,7	0	3,42	97,0%	610	-5	12	3,2	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
		S	99,9%	28	-52,5	0	3,41	97,0%	610	-5	12	3,2	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
		T	99,9%	28	-52,7	0	3,42	97,0%	610	-5	12	3,2	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal

Pada tabel 4.8 hasil pengujian dan hasil asesment kualitas gas SF6 setelah revitalisasi bay trafo 1, untuk *purity* bay trafo1 sangat baik dengan rata - rata 99%, *moisture content* sangat baik tidak ada yg mendekati standard, *dew point* juga sangat baik tidak ada yang mendekati nilai dari standard, SO2 sangat ideal, tidak ada di temukan SO2 pada masing - masing kompartemen di bay Trafo 1.

Tabel 4. 9 Kualitas Gas SF6 setelah Revitalisasi bay Trafo 2

BAY	KOMPARTEMEN	PHASA	DILO GAS QUALITY				TEKANAN GAS SF6 (Bar)	Standar Pengujian				TEKANAN GAS SF6 (Bar)	Hasil Assesment				TEKANAN GAS SF6 (Bar)
			Purity (%)	Volume Ratio (ppmv)	Dew Point OC (@atm.p)	SO2		Purity (%) (SK.DIR)	Moisture Content (ppmV)	Dew Point °C @atm.p	SO2 (ppm) (CIGRE)		Purity (%) (SK.DIR 520)	Moisture Content (ppmV)	Dew Point °C @atm.p	SO2 (ppm) (CIGRE)	
TRAFO 2	PMT	R	99,9%	73	-44,8	0	6,43	97,0%	350	-5	12	6,2	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
		S	99,9%	69	-45,2	0	6,32	97,0%	350	-5	12	6,2	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
		T	99,9%	65	-45,8	0	6,42	97,0%	350	-5	12	6,2	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
	CT BUS, PMS BUS A	R	99,9%	20	-55	0	3,3	97,0%	610	-5	12	3,2	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
		S	99,9%	20	-55	0	3,18	97,0%	610	-5	12	3,2	Normal	Normal	Normal	Normal	Pengisian
		T	99,9%	21	-54,6	0	3,36	97,0%	610	-5	12	3,2	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
	PMS Bus B, PMS Ground	R	99,9%	31	-51,8	0	3,36	97,0%	610	-5	12	3,2	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
		S	99,9%	31	-51,6	0	3,34	97,0%	610	-5	12	3,2	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
		T	99,9%	35	-50,7	0	3,29	97,0%	610	-5	12	3,2	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
	CT Line, PMS Line, PMS	R	99,9%	27	-52,9	0	3,42	97,0%	610	-5	12	3,2	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
		S	99,9%	20	-55	0	3,39	97,0%	610	-5	12	3,2	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
		T	99,9%	20	-55	0	3,42	97,0%	610	-5	12	3,2	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal

Pada Tabel 4.9 didapatkan data hasil pengujian dan hasil asesment kualitas gas SF6 pada bay trafo 2 untuk *purity* nilai nya sangat baik sesuai dengan standard, nilai *moisture content* jauh di bawah maksimal standard nilai *moisture content* yang di perbolehkan, *dew point* juga sangat baik tidak ada yang mendekati standard sebesar -5, *dew point* juga sangat baik tidak ada yang mendekati nilai dari standard, SO2 sangat ideal, tidak ada di temukan SO2 pada masing - masing kompartemen di bay Trafo 2.

Tabel 4. 10 Kualitas Gas SF6 setelah Revitalisasi bay Kopel

BAY	KOMPARTEMEN	PHASA	DILU GAS QUALITY				TEKANAN GAS SF6 (Bar)	Standar Pengujian				TEKANAN GAS SF6 (Bar)	Hasil Assesment				TEKANAN GAS SF6 (Bar)
			Purity (%)	Volume Ratio (ppmv)	Dew Point OC (@atm.p)	SO2		Purity (%) (SK.DIR)	Moisture Content (ppmV)	Dew Point °C @atm.p	SO2 (ppm) (CIGRE)		Purity (%) (SK.DIR 520)	Moisture Content (ppmV)	Dew Point °C @atm.p	SO2 (ppm) (CIGRE)	
KOPEL	PMT	R	99,9%	57	-46,9	0	6,33	97,0%	350	-5	12	6,2	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
		S	99,9%	62	-46,1	0	6,4	97,0%	350	-5	12	6,2	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
		T	99,9%	65	-45,8	0	6,29	97,0%	350	-5	12	6,2	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
	CT BUS, PMS BUS A	R	99,9%	27	-50,6	0	3,46	97,0%	610	-5	12	3,2	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
		S	99,9%	20	-54,1	0	3,2	97,0%	610	-5	12	3,2	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
		T	99,9%	20	-55	0	3,37	97,0%	610	-5	12	3,2	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
	PMS Bus B, PMS Ground	R	99,9%	36	-50,6	0	3,46	97,0%	610	-5	12	3,2	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
		S	99,9%	23	-54,1	0	3,47	97,0%	610	-5	12	3,2	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
		T	99,9%	20	-55	0	3,35	97,0%	610	-5	12	3,2	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
	CT Line, PMS Line, PMS	R	99,9%	30	-52	0	3,43	97,0%	610	-5	12	3,2	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
		S	99,9%	25	-53,4	0	3,4	97,0%	610	-5	12	3,2	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
		T	99,9%	28	-52,5	0	3,43	97,0%	610	-5	12	3,2	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal

Pada Tabel 4.10 diatas di dapatkan data standard pengujian dan juga hasil asesment pada kualitas gas SF6 setelah revitalisasi, pada bagian ini dijelaskan bay kopel dengan bagian kompartemen atau bagian spesifik yang di uji, untuk kemurnian gas SF6 secara umum sangat baik, artinya kadar kermunian. Gas SF6 sebagai isolasi sangat baik dengan rata - rata pada setiap kompartemen dari masing - masing phasanya 99,9%. Pada *moisture content* dari bay kopel juga sangat rendah dan jauh dari maksimal standard yang di tetapkan. Nilai *dew point* juga sangat baik dengan *ambient temperature* 30 derjat nilai dew point dari masing - masing kompartemen pada bay kopel jauh di bawah -30 derjat apalagi standard *dew point* yang bernilai -5 derjat. SO2 dari kopel juga 0 artinya tidak ditemukan SO2 pada bay kopel setelah revitalisasi.

4.4 Riwayat Anomali Sebelum dan Setelah Revitalisasi

Tabel 4. 11 Riwayat Anomali Sebelum dan Sesudah Revitalisasi

No	Sebelum revitalisasi	tanggal	Sesudah revitalisasi	tanggal
1	Penambahan tekanan gas SF6 pada kompartemen Busbar B phasa R trafo 2	01/2019 03/2019 04/2019 05/2019 07/2019	Kebocoran Gas SF6 pada <i>window Sealing End Compartment</i> GIS 150 kV Bay Ngagel 1 - Phasa T	31/08/202 2

		08/2019 10/2019 11/2019 01/2020 03/2020 05/2020 06/2020 08/2020 09/2020 11/2020		
2	Busbar B phasa S trafo 1	03/2019	Kebocoran Gas SF6 pada <i>Nepel Stop Valve</i> Manometer SF6 Bus B bay 150 kV Ngagel 2 - Phasa T	02/09/2022
3	Busbar B phasa S Kopel	03/2019	Kebocoran Gas SF6 pada <i>Stop Bolt</i> SF6 CT Bus <i>Compartement</i> Top Bay 150 kV Ngagel 1 - phasa T	07/09/2022
4	Busbar B phasa R Ngagel 2	03/2019		

Riwayat anomali memberikan gambaran yang terjadi terkait permasalahan sebelum revitalisasi dan juga setelah revitalisasi, penambahan tekanan gas SF6

pada kompartemen Busbar B fasa R trafo 2 yang berlangsung 15 kali pengisian semenjak tahun 2019 - 2020 memberikan indikasi bahwasanya adanya kebocoran pada kompartemen yang akan mempengaruhi kualitas gas SF₆. pasca revitalisasi pun masih terdapat anomali yang terjadi pada GIS Simpang, hal ini juga yang mempengaruhi penurunan tekanan pada beberapa kompartemen di GIS Simpang. Dengan adanya riwayat anomali ini dapat memberikan rekomendasi perbaikan yang lebih tepat terhadap revitalisasi selanjutnya.

4.5 Uji - Mann Whitney efektifitas proses revitalisasi di dalam meningkatkan kinerja GIS

4.5.1 Uji Mann whitney *Purity*

Tabel 4. 12 Hasil Peringkat data Uji Mann Wheatney dari *Purity* (Kemurnian) Gas SF₆

		Ranks		
	Revitalisasi	N	Mean Rank	Sum of Ranks
Peningkatan Nilai <i>Purity</i>	Sebelum Revitalisasi	60	32.00	1920.00
	Setelah Revitalisasi	60	89.00	5340.00
	Total	120		

Didapatkan hasil peringkat (ranks) dari suatu data, dalam hal ini terkait dengan kualitas atau kemurnian (*Purity*) gas SF₆ sebelum dan setelah proses revitalisasi. Dengan data seimbang antara sebelum dan sesudah revitalisasi masing - masing 60 sampel dari data di atas nilai mean rank Gas SF₆ Setelah Revitalisasi lebih tinggi *mean rank* gas SF₆ setelah revitalisasi (89.00) jauh lebih tinggi dibandingkan sebelum revitalisasi (32.00). Ini mengindikasikan bahwa secara umum, kualitas atau kemurnian gas SF₆ setelah melalui proses revitalisasi mengalami peningkatan yang signifikan.

Tabel 4. 13 Test Statistik *Purity* Gas SF₆*Test Statistics*

	Peningkatan Nilai <i>Purity</i>
Mann-Whitney U	90.000
Z	-9.706
Asymp. Sig. (2-tailed)	<,001

Berdasarkan tabel test statistik dengan Uji Mann-whitney Nilai statistik U Mann-Whitney adalah 90.000. Nilai ini menunjukkan seberapa besar perbedaan antara kedua kelompok data. Semakin kecil nilai U, semakin besar perbedaan antara kedua kelompok. Nilai Z adalah skor standar yang menunjukkan seberapa jauh nilai U dari rata-rata distribusi. Dalam hal ini, $Z = -9.706$. Nilai negatif menunjukkan bahwa kelompok 2 (sesudah revitalisasi) memiliki nilai yang lebih tinggi (kemurnian lebih baik) daripada kelompok 1 (sebelum revitalisasi). Didalam mengambil keputusan, membandingkan nilai P (*Asymp.Sig (2-tailed)*) dengan taraf signifikansi yang telah ditentukan sebesar 5% atau 0,05, pada test statistik didapatkan nilai dari nilai P (*Asymp.Sig (2-tailed)*) adalah <0,001 artinya kecil dari 0,05 berarti menolak hipotesis nol atau menyatakan bahwa ada perbedaan signifikan antara kedua kelompok. Kemudian nilai probabilitas P (*Asymp.Sig (2-tailed)*) juga kecil dari 0,05 yakni <0,001 menunjukkan kemungkinan mendapatkan hasil seperti ini secara kebetulan sangat tidak mungkin terjadi jika sebenarnya tidak ada perbedaan antara kedua kelompok.

4.5.2 Uji Mann Whitney *Moisture Content*Tabel 4. 14 Hasil Peringkat data Uji Mann Whitney dari *Moisture Content* Gas SF₆*Ranks*

	Revitalisasi	N	Mean Rank	Sum of Ranks
Penurunan Moisture	Sebelum Revitalisasi	60	90.02	5401.00
	Sesudah Revitalisasi	60	30.98	1859.00

Total	120		
-------	-----	--	--

Dari tabel terlihat jelas bahwa mean rank sebelum revitalisasi lebih tinggi. Ini mengindikasikan bahwa secara umum, kadar air (*Moisture Content*) sebelum revitalisasi lebih tinggi dibandingkan setelah revitalisasi. Perbedaan yang cukup besar selisih antara *mean rank* sebelum dan sesudah revitalisasi cukup signifikan. Berdasarkan data yang ada, bahwa terdapat kecenderungan penurunan kadar air setelah proses revitalisasi.

Tabel 4. 15 Test Statistik *Moisture Content* Gas SF6

Test Statistics	
Penurunan <i>Moisture</i>	
Mann-Whitney U	29.000
Z	-9.303
Asymp. Sig. (2-tailed)	<,001

Pada test statistik dengan menggunakan uji mann whitney Interpretasi hasil nilai mann-whitney U (29.000) nilai ini relatif kecil. Nilai Z (-9.303) Nilai Z yang sangat negatif menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan, negatif pada nilai z menunjukkan bahwa rata-rata peringkat untuk kelompok "sebelum revitalisasi" lebih tinggi dibandingkan dengan kelompok "sesudah revitalisasi". Artinya, kadar air sebelum revitalisasi memang lebih tinggi. Nilai *Asymp. Sig. (2-tailed)* < 0,001 nilai p yang sangat kecil ini mengindikasikan bahwa probabilitas untuk mendapatkan hasil seperti ini sangat rendah, artinya dapat menolak hipotesis nol (yaitu tidak ada perbedaan antara kedua kelompok) dengan tingkat kepercayaan yang sangat tinggi. Berdasarkan hasil uji statistik di atas, bahwa terdapat perbedaan yang sangat signifikan dalam penurunan kadar air (*moisture content*) sebelum dan setelah proses revitalisasi. Artinya, proses revitalisasi berhasil menurunkan kadar air secara signifikan.

4.5.3 Uji Mann Whitney *Dew Point*

Tabel 4. 16 Hasil Peringkat data Uji Mann Wheatney dari *Dew Point* Gas SF6

<i>Ranks</i>				
	Revitalisasi	N	Mean Rank	Sum of Ranks
Penurunan <i>dew point</i>	Sebelum Revitalisasi	60	72.30	4338.00
	Sesudah Revitalisasi	60	48.70	2922.00
	Total	120		

Tabel di atas menyajikan hasil uji statistik yang membandingkan tingkat penurunan titik embun (*dew point*) sebelum dan setelah proses revitalisasi. Mean rank sebelum revitalisasi lebih tinggi ini menunjukkan bahwa secara umum, titik embun sebelum revitalisasi lebih tinggi dibandingkan setelah revitalisasi. Artinya, sebelum revitalisasi, udara cenderung lebih lembab. Perbedaan yang signifikan, perbedaan mean rank yang cukup besar antara kedua kelompok mengindikasikan bahwa ada kemungkinan besar terdapat perbedaan yang signifikan secara statistik.

Tabel 4. 17 Test Statistik *Dew Point* Gas SF6

<i>Test Statistics</i>	
	Penurunan <i>dew point</i>
Mann-Whitney U	1092.000
Z	-3.721
Asymp. Sig. (2-tailed)	<,001

Pada data diatas nilai mann-whitney U (1092.000) nilai ini relatif tinggi, namun perlu diingat bahwa nilai ini dapat bervariasi tergantung pada ukuran sampel dan distribusi data. Nilai Z (-3.721) nilai Z yang sangat negatif

menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan, menunjukkan bahwa rata-rata peringkat untuk kelompok "sebelum revitalisasi" lebih tinggi dibandingkan dengan kelompok "sesudah revitalisasi". Artinya, titik embun sebelum revitalisasi memang lebih tinggi. Nilai *Asymp. Sig. (2-tailed)* < 0,001 Nilai p yang sangat kecil ini mengindikasikan bahwa probabilitas untuk mendapatkan hasil seperti ini sangat rendah. Berdasarkan hasil uji statistik di atas, dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan yang sangat signifikan dalam penurunan titik embun sebelum dan setelah proses revitalisasi. Artinya, proses revitalisasi berhasil menurunkan titik embun secara signifikan.

4.5.4 Uji Mann Whitney *Decomposition Product* (SO₂)

Tabel 4. 18 Hasil Peringkat data Uji Mann Wheatney dari *Decomposition Product* Gas SF₆

	Ranks		N	Mean Rank	Sum of Ranks
	Revitalisasi				
Penurunan <i>Decomposition Product</i>	Sebelum Revitalisasi		60	84.00	5040.00
	Setelah Revitalisasi		60	37.00	2220.00
	Total		120		

Nilai mean rank rata-rata peringkat untuk kelompok "sebelum revitalisasi" lebih tinggi dibandingkan dengan kelompok "sesudah revitalisasi". Ini menunjukkan bahwa secara umum, tingkat produk dekomposisi sebelum revitalisasi lebih tinggi. Perbedaan yang Signifikan antara *mean rank* kedua kelompok mengindikasikan adanya kemungkinan perbedaan yang signifikan secara statistik. Berdasarkan data yang ada terdapat kecenderungan penurunan tingkat produk dekomposisi setelah proses revitalisasi. Namun, untuk memastikan apakah penurunan ini signifikan secara statistik, perlu melihat hasil uji statistik yang lebih lengkap, terutama nilai p.

Tabel 4. 19 Test Statistik *Decomposition Product* Gas SF6*Test Statisticsa*

	Penurunan <i>Decomposition Product</i>
Mann-Whitney U	390.000
Z	-8.408
<i>Asymp. Sig. (2-tailed)</i>	<,001

Nilai Mann-Whitney U (390.000) nilai ini memberikan informasi tentang peringkat relatif antara kedua kelompok. Meskipun nilai spesifiknya tidak memberikan interpretasi langsung, nilai ini digunakan untuk menghitung statistik uji lainnya. Nilai Z (-8.408) nilai Z yang sangat negatif ini menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan antara kedua kelompok dan menunjukkan bahwa rata-rata peringkat untuk kelompok "sebelum revitalisasi" lebih tinggi dibandingkan dengan kelompok "sesudah revitalisasi". Artinya, tingkat produk dekomposisi sebelum revitalisasi memang lebih tinggi. Nilai *Asymp. Sig. (2-tailed)* < 0,001 nilai p yang sangat kecil ini mengindikasikan bahwa probabilitas untuk mendapatkan hasil seperti ini secara kebetulan sangat rendah, Ini artinya sangat yakin bahwa perbedaan yang diamati tidak terjadi secara kebetulan, melainkan karena adanya pengaruh nyata dari proses revitalisasi. Berdasarkan hasil uji statistik di atas, dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan yang sangat signifikan dalam penurunan produk dekomposisi sebelum dan setelah proses revitalisasi. Artinya, proses revitalisasi berhasil mengurangi jumlah produk dekomposisi secara signifikan.

4.6 Rekomendasi Tindakan Berdasarkan Hasil Analisis

Berdasarkan analisis evaluasi hasil pengujian dan juga analisis statistik dengan uji mann whitney secara keseluruhan revitalisasi berhasil meningkatkan

kualitas Gas SF₆ dan kinerja dari GIS. Dengan kualitas gas yang baik memberikan rasa aman terkait peralatan dan dapat mencegah terjadinya kerusakan. Namun menjadi catatan terkait anomali yang terjadi setelah pelaksanaan revitalisasi, masih terjadinya kebocoran pada kompartemen pada bay *line* ngagel 1 dan ngagel 2 kebocoran Gas SF₆ pada *window Sealing End Compartment* dan kebocoran Gas SF₆ pada nepel *stop valve* manometer hal ini dikarenakan kepadatan dari pemasangan dari *window* dan *stop valve* dimensi yang tidak sesuai dengan pabrikan juga menjadi salah satu faktor penyebab kebocoran, untuk itu pemasangan *stop valve* dan *window sealing end compartment* dari masing - masing peralatan di kompartemen benar-benar harus menjadi perhatian agar tidak terjadi lagi kebocoran di sisi kompartemen.

Pada evaluasi yang dilakukan sesudah revitalisasi pada PMS Busbar B phasa R bay kopel terjadi penurunan tekanan gas SF₆ yang harus dilakukan pengisian, ini mengindikasikan adanya kebocoran, pemantauan dengan menggunakan leakage detector gas SF₆ telah dilakukan namun belum ditemukan titik kebocoran. Kemudian, sama halnya dengan PMS Busbar A pada bay *line* Ngagel 2 juga terjadi penurunan tekanan gas SF₆ yang harus dilakukan pengisian sama halnya dengan pms busbar B phasa R kopel pemantauan sudah dilakukan namun belum ditemukan adanya titik kebocoran di sisi kompartemen. Diskusi yang dilakukan dengan team ahli unit layanan transmisi dan gardu induk surabaya utara di curigai kebocoran terjadi dimensi pada stop bolt, untuk pelaksanaan revitalisasi selanjutnya tentu hal ini benar - benar menjadi perhatian terkait temuan adanya anomali dan juga hasil asesment penurunan tekanan gas SF₆ ini.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

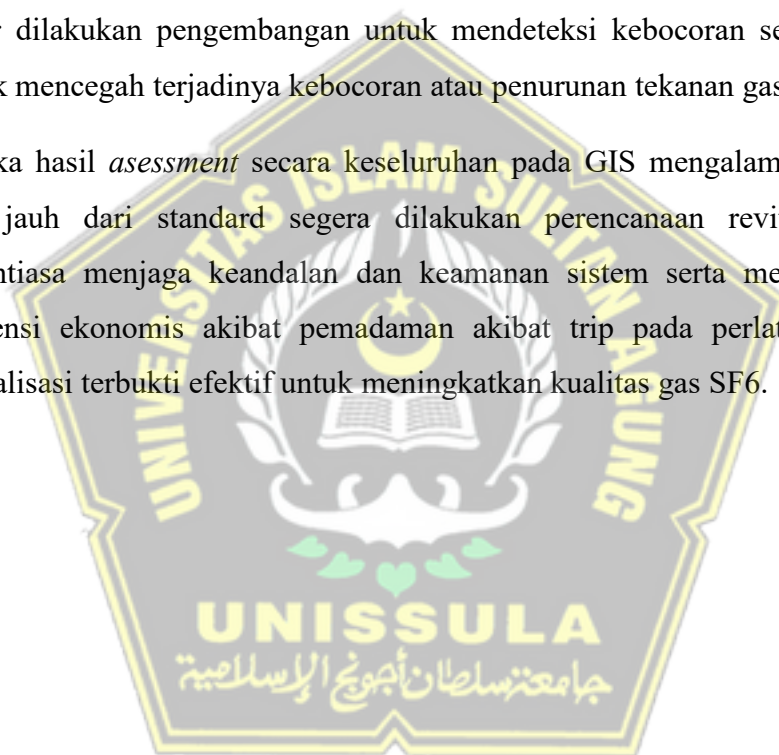
Setelah dilakukan evaluasi kualitas gas SF₆ pada *Gas Insulated Swichgear* (GIS) dengan melakukan observasi, komparasi dan asesment kualitas gas sf₆ sebelum dan sesudah revitalisasi kemudian dilakukan analisis statistik untuk melihat efektifitas revitalisasi di Gardu Induk GIS 150kV Simpang dapat ditarik beberapa kesimpulan :

1. Kualitas gas SF₆ sebelum dan sesudah dilakukan revitalisasi terdapat perbedaan yang signifikan. Hal ini dibuktikan dengan analisis statistik uji mann whitney pada kemurnian (*purity*), *moisture content*, *dew point* maupun *decomposition product* nilai probabilitas P (*Asymp.Sig (2-tailed)*) sangat kecil yakni ($<0,001$) artinya kecil dari 0,05 berarti menolak hipotesis nol atau menyatakan bahwa ada perbedaan signifikan antara kedua kelompok. Kemudian nilai probabilitas P (*Asymp.Sig (2-tailed)*) juga kecil dari 0,05 yakni $<0,001$ menunjukkan kemungkinan mendapatkan hasil seperti ini secara kebetulan sangat tidak mungkin terjadi jika sebenarnya tidak ada perbedaan antara kedua kelompok.
2. Secara keseluruhan kinerja GIS 150 kV Simpang setelah revitalisasi sangat baik, namun beberapa hal yang menjadi perhatian adalah kebocoran di sisi window dan *stop bolt* pada bay *line* Ngagel 1 dan Ngagel 2 hal ini bisa terjadi karena dimensi dari spesifikasi tidak sesuai dengan pabrikan hal ini tentu menjadi tren yang baru bagaimana untuk terus mempertahankan kinerja GIS 150 kV Simpang agar tidak terjadi lagi kebocoran gas SF₆.
3. Hasil *asesment* kualitas gas SF₆ sesudah revitalisasi memberikan gambaran adanya penurunan tekanan gas SF₆ pada pms busbar B fasa R bay kopel dan pms busbar a pada bay *line* ngagel 2 setelah dilakukan pengecekan belum diketahui titik kebocoran yang pasti, hal ini tentu harus dilakukan pengecekan berulang dan tindakan perbaikan yang dilakukan segera.

5.2 Saran

Setelah melakukan evaluasi kualitas gas SF₆ pada *Gas Insulated Swichgear* (GIS) di Gardu Induk GIS 150kV Simpang terdapat beberapa saran penulis sebagai berikut :

1. Perlu dilakukan pengujian kualitas gas SF₆ secara rutin pada komparetemen peralatan sehingga memitigasi sebelum terjadi gangguan *error* yang ditimbulkan akibat kualitas gas SF₆ yang buruk.
2. Agar dilakukan pengembangan untuk mendeteksi kebocoran secara *continue* untuk mencegah terjadinya kebocoran atau penurunan tekanan gas SF₆.
3. Ketika hasil *asessment* secara keseluruhan pada GIS mengalami pemburukan dan jauh dari standard segera dilakukan perencanaan revitalisasi untuk senantiasa menjaga keandalan dan keamanan sistem serta mempertahankan efisiensi ekonomis akibat pemadaman akibat trip pada perlatan. Nyatanya revitalisasi terbukti efektif untuk meningkatkan kualitas gas SF₆.



Daftar Pustaka

- [1] Prasajo, 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*, 09(3), 93-98.
- [2] Kurniawati, A. H., Ghalya, A. M., Gayatri, N. C. N. P., Januar, D., & Kusnadi. (2022). Parameter Gas SF₆ untuk Condition Assessment pada GIS. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Elektro*, 7, 123.
- [3] Ridwan, M., & Irawan, D. (2023). Analisis Moisture Content dan Dew Point Gas SF₆ PMT di GITET Gresik PT PLN (Persero) Transmisi Jawa Bagian Timur dan Bali. *JTEIN: Jurnal Teknik Elektro Indonesia*, 4(2), 694-704.
- [4] Bachtiar, A., & Sudaryanto, T. (2016). Evaluasi Keandalan Peralatan GIS Simpang Haru Padang. *Jurnal Teknik Elektro ITP*, 5(2).
- [5] Hutapea, R. Z., & Syahrawardi. (2013). Condition Assessment Gas SF₆ GIS 150kV Glugur Medan. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Elektro*, 2, 3.
- [6] PT PLN (Persero). (2014). *Buku Pedoman Pemeliharaan Gas Insulated Substation (GIS)*. Dokumen: PDM/PGI/14:2014, Lampiran Surat Keputusan Direksi PT PLN (Persero) No. 0520-2.K/DIR/2014. Jakarta: PT PLN (Persero).
- [7] IEEE. (2002). *IEEE Guide for Gas-Insulated Substations*. IEEE Std C37.122.1™-1993 (R2002). New York: Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.
- [8] CIGRÉ B3.02 Task Force 01. (2003). *SF₆ Recycling Guide (Revision 2003)*. Paris: CIGRÉ.
- [9] Tim Working Grup Tata Kelola Fashar. (2016). *Instruksi Kerja Alat Pengukuran Kemurnian (Purity) Gas SF₆ dengan Menggunakan DILO Tipe 3-038R-R302*. Nomor: IKA.C30.TJBTB.GAS.02. Surabaya: PT PLN (Persero) Transmisi Jawa Bagian Timur dan Bali Bidang Konstruksi dan Pemeliharaan.
- [10] IEC. (2005). Spesifikasi kualitas teknis belerang heksafluorida (SF₆) untuk digunakan dalam peralatan listrik. IEC 60376:2005. Geneva: International Electrotechnical Commission.
- [11] Muhid, A. (2019). Analisis Statistik Edisi ke-2. Surabaya: Zifatama Jawara.
- [12] Yanti, T. S. (2007). Uji Rank Mann-Whitney Dua Tahap. *Statistika*, 7(1), 55-60.