

PENGARUH TEKANAN GAS SF₆ TERHADAP KUALITAS PEMADAMAN BUSUR API PADA PEMUTUS TENAGA DI GARDU INDUK PLN TANDES SURABAYA

Penulis: Angga Teguh Satyawan

Jurusan Teknik Elektro, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya

Jl. Semolowaru 45 Surabaya 60118

Telp. (xxx) xxxxx ext. xxx, Faks. (xxx) xxx

E-mail: anggasmad535@gmail.com

ABSTRAKS

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa pengaruh tekanan gas SF₆ terhadap busur api yang terjadi akibat arus gangguan atau arus normal pada waktu pemutusan tenaga listrik berlangsung. Busur api yang timbul saat terjadi pemutusan PMT bersifat dapat merusak peralatan terutama PMT itu sendiri. Kinerja pemutus tenaga tegangan tinggi bermedia gas SF₆ untuk mengetahui karakteristik pemutus tenaga dengan media isolasi gas SF₆ dilakukan dengan cara uji kualitas gas yang meliputi pengujian Purity, Pengujian Tekanan Gas SF₆ dan pengujian Dewpoint. Dari pengujian-pengujian yang dilakukan semua hasil akan dibandingkan dengan standar acuan yang digunakan oleh PT. PLN (Persero) sehingga dari hasil uji didapatkan kesimpulan apakah peralatan tersebut dalam kondisi baik atau tidak untuk digunakan sebagai alat pemutus tenaga dalam sistem tenaga listrik.

Kata Kunci : Gardu induk, Pemutus Tenaga, dan Pengujian.

1. LATAR BELAKANG

Tenaga listrik merupakan kebutuhan yang diperlukan oleh setiap orang baik yang tinggal di perkotaan maupun di perdesaan. Dalam penyaluran tenaga listrik diperlukan suatu gardu induk yang berfungsi untuk pengaturan tegangan yang di salurkan dari pembangkit ke pusat beban.

Berdasarkan karakteristik gangguan secara individual, peralatan Pemutus Tenaga, Bus Bar, dan PMS merupakan tiga peralatan GIS yang paling sering mengalami kerusakan. Gangguan tersebut biasanya disebabkan oleh kegagalan mekanik penggerak, kegagalan isolasi tegangan tinggi terhadap tanah, dan kegagalan kontak utama saat beroperasi.

Pada saat ini, kondisi pemutus tenaga sering mengalami banyak masalah, utamanya karena seringnya pemutus tenaga mengalami proses switching dan ditambah usia dari peralatan telah mencapai 20 tahun. Oleh karena itu dengan melakukan proses evaluasi melalui pemeliharaan rutin terhadap pemutus tenaga diharapkan dapat memberi masukan demi untuk meningkatkan keandalan sistem penyaluran energi listrik.

Pemutus tenaga bermedia isolasi gas SF₆ memiliki kebutuhan yang berbeda dalam pemantauannya karena sifat dielektrik dari gas SF₆ tersebut sangat baik dalam

membantu proses pemadaman arus yaitu pada saat pemutus tenaga membuka dan menutup. Karena sifat dan karakter SF₆ adalah penghantar panas yang baik, isolasi yang baik, mampu memadamkan busur api dan tidak mudah bereaksi dengan bahan lain.

1.1 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian diatas masalah pokok yang terjadi adalah kurang terpantaunya pemutus tenaga dengan media isolasi gas SF₆ di gardu induk. Maka permasalahan yang timbul adalah

- Bagaimana hubungan antara pemutus tenaga dengan media gas SF₆ untuk pemadaman busur api dan hasil pemeliharaan, agar kerja pemutus tenaga tetap handal sesuai usia peralatan ?

1.2 Tujuan Penelitian

Dalam penelitian ini ada beberapa tujuan sebagai berikut adalah

- Untuk mengetahui kualitas gas SF₆ pada peralatan PMT di Gardu Induk Tandes Surabaya.

- Mengetahui kondisi peralatan secara dini serta karakteristik pemutus tenaga dengan media isolasi gas SF₆ sebagai alat pemutus tenaga dalam sistem tenaga listrik.

1.3 Batasan Masalah

Agar tujuan tugas akhir ini sesuai dengan yang diharapkan serta terfokus pada judul dan bidang yang telah disebutkan di atas, maka penulis membatasi permasalahan yang akan di bahas sebagai berikut.

- membahas reaksi kimia antara gas SF₆ dan kandungan udara.
- Tidak membahas pengaruh korosi.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Pemutus Tenaga (PMT)

Pemutus tenaga adalah alat yang terpasang pada gardu induk yang berfungsi untuk menghubungkan dan memutuskan arus beban atau arus gangguan syarat-syarat yang harus dipenuhi oleh suatu PMT agar dapat melakukan hal-hal diatas, adalah sebagai berikut;

1. Mampu menyalurkan arus maksimum system secara terus menerus.
2. Mampu memutuskan dan menutup jaringan dalam keadaan berbeban maupun terhubungsingkat tanpa menimbulkan kerusakan pada pemutus tenaga itu sendiri.

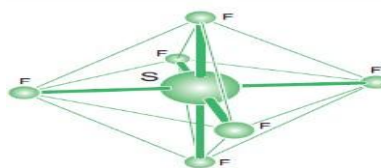
2.2 Saklar PMT

ini dapat di gunakan untuk memutuskan arus sampai 40 kA dan padai rangkain bertegangan sampai 765 kV. Media gas yang di gunakan pada tipe ini adalah gas SF₆ (Sulphur hexafluoride) (Gambar 2,7). Sifat gas SF₆ murni adalah tidak berwarna,tidak berbau, tidak beracun dan tidak mudah terbakar.

2.3 Proses Terjadinya Busur Api

Pada waktu pemutusan atau penghubungan suatu rangkaian system tenaga listrik maka pada PMT akan terjadi busur api, hal tersebut terjadi karena pada saat kontak PMT dipisahkan, beda potensial diantara kontak akan menimbulkan medan elektrik diantara kontak tersebut.

2.6 Sifat Gas SF₆



Gambar 2.10 Sifat Gas SF₆

Sulfur hexafluoride (SF₆) sifat gas SF₆ (Gambar 2.10) adalah non inflammable, sangat stabil tidak beracun, lima kali lebih berat dari pada udara. Kekuatan dielektrik yang jauh lebih tinggi dari udara pada tekanan atmosfer.

2.4 Pengertian Pemisah Sakral (PMS)

Saklar Pemisah (PMS) atau Disconnecting switch (DS) berfungsi untuk mengisolasi peralatan listrik lain atau instalasi lain yang bertegangan. PMS ini boleh dibuka dan ditutup hanya pada rangkain yang tidak berbeban

2.4.1 Sakral Pemisah (PMS)

Pada umumnya pemisah tidak dapat memutuskan arus, tidak dapat memutuskan arus yang kecil, misalnya arus pembangkit trafo atau arus pemuat riil, tetapi pembukaan dan penutupan harus dilakukan setelah pemutus tenaga lebih dulu dibuka.

Untuk menjamin bahwa kesalahan urutan operasi tidak terjadi, maka harus ada keadaan saling mengunci (interlock), antara pemisah dan pemutus beban. Seperti pemisah yang terdapat di GI dalam rangkaian kontrolnya terdapat rangkaian interlock yang akan mencegah bekerjanya saklar pemisah apabila pemutus tenaganya masih tertutup. Jika dikerjakan dengan tangan (manual), maka untuk mencegah kesalahan kerja, dipakai lampu sebagai tanda “boleh kerja” di dekat kontak operasi kontrol dari ruang kontrol. Cara lain adalah dengan menggunakan kunci untuk masing-masing kontak kontrol atau kunci rangkap (doublet).

Dalam pemakaiannya PMS ini berfungsi untuk memisahkan perlengkapan sistem dan

perlengkapan sistem rel-rel yang bertegangan sewaktu ada perbaikan.

Contoh pemisah adalah load break switch (LBS), dengan ciri-ciri sebagai berikut :

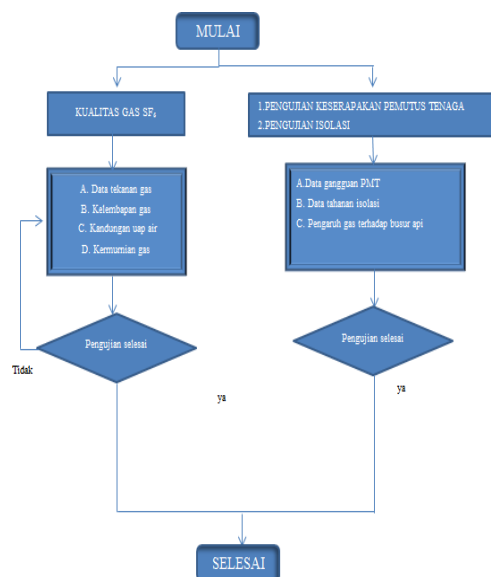
1. Dapat digunakan sebagai pemisah ataupun pemutus tenaga dengan beban nominal.
2. Tidak dapat memutuskan jaringan dengan sendirinya pada waktu ada gangguan listrik.
3. Dibuka dan ditutup hanya untuk memanipulasi beban.

3.1 METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

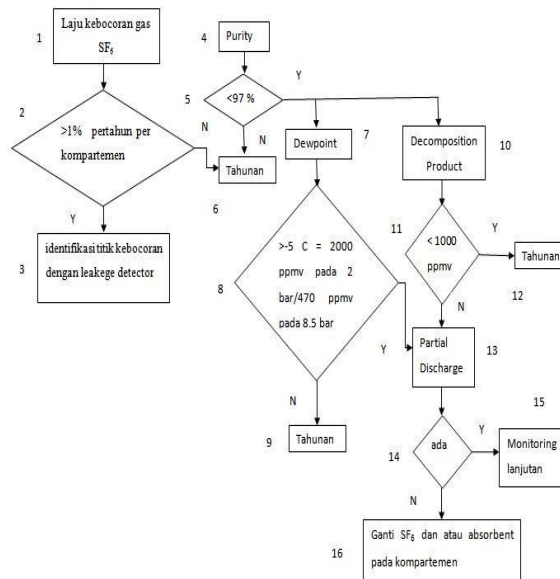
Lokasi penelitian adalah PT PLN (Persero) Penyaluran dan Pusat Pengaturan Beban (P3B) Jawa Bali Area Pelaksana Pemeliharaan (APP) Surabaya dengan lokasi pengambilan data di Gardu Induk Tandes 150 KV Surabaya yang bertempat di wilayah kompleks pembangkitan Jawa Bali (PJB) jalan Margomulyo kompleks Gardu Induk PLN Tandes Kota Surabaya. Tempat dilaksanakannya merupakan salah satu gardu induk yang dari PLN P3B JB yang berkantor pusat Jakarta. Alasan Pemilihan lokasi ini karena PLN P3B JB merupakan salah satu BUMN bidang kelistrikan di Indonesia dan GITET Gresik merupakan tempat penyaluran energi listrik ke Konsumen atas hingga menengah. GI TANDES merupakan satu-satunya jenis gardu induk yang memiliki tegangan menengah 150 KV di wilayah surabaya. Untuk menyelesaikan permasalahan yang ada, perlu adanya batasan-batasan antara lain

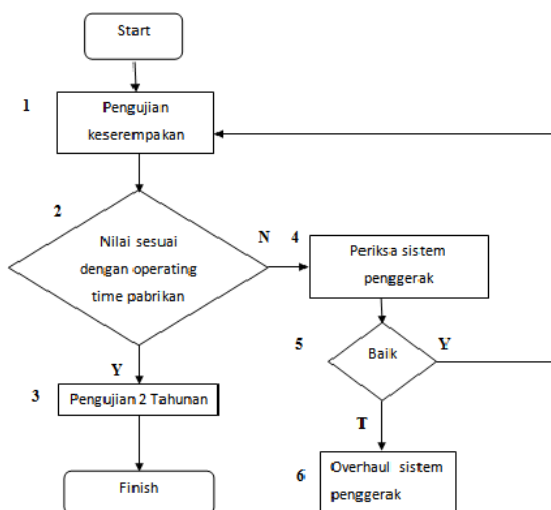
1. Penelitian dilakukan pada Pemutus Tenaga 150 KV GI Tandes pada bay diameter 1.
2. Rekomendasi dari pemeliharaan merupakan hasil dari data pemeliharaan yang dilakukan.



Gambar 3.1 Diagram alir metode penelitian

Berdasarkan gambar 3.1 ditunjukkan, bahwa tahapan-tahapan pada metode penelitian meliputi i) pengukuran kualitas gas SF₆, ii) pengujian keserapakan operasi kontak-kontak saat pembukaan dan penutupan pada PMT, dan iii) pengukuran tahanan isolasi pada PMT.





3.2 Pengukuran Kualitas gas sf6

Untuk perolehan tujuan penelitian yang pertama dilakukan pengukuran terhadap kualitas gas sf6 yang meliputi beberapa parameter yaitu :

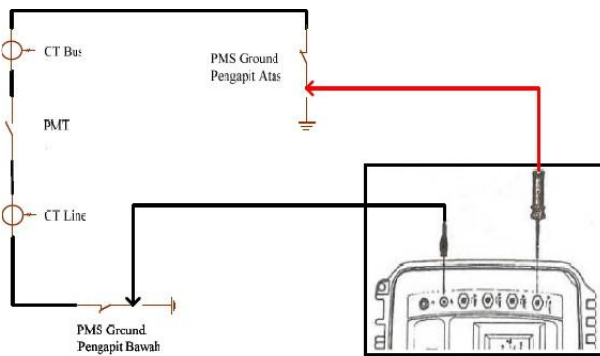
1. Tekanan gas SF₆
2. Kelembapan gas
3. Kandungan uap air
4. Kemurnian gas SF₆

3.3 Pengujian Keserapakan Pemutus Tenaga

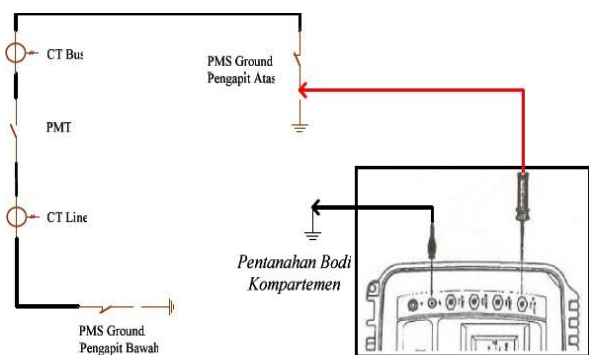
Dari gambar alir diagram pengujian leserapakan pemutus tenaga dinyatakan bahwa :

1. Tujuan dilakukan pengujian kecepatan dan keserapakan pemutus tenaga adalah untuk mengetahui kerja pemutus tenaga pada saat penutupan ataupun membuka sehingga dapat memastikan kesiapan pemutus tenaga untuk memutuskan/memasukkan arus.
2. Nilai uji disesuaikan dengan standar yang ada di pabrikan.
3. Apabila terdapat nilai uji yang melebihi operating time maka harus diperiksa sistem penggerak yang ada pada pemutus tenaga.
4. Apabila kondisi baik maka dilakukan uji ulang pada pemutus tenaga.
5. Jika komdisi tidak baik maka harus segera diadakan pembonkaran (overhaul) pemutus tenaga untuk mengetahui penyebabnya.

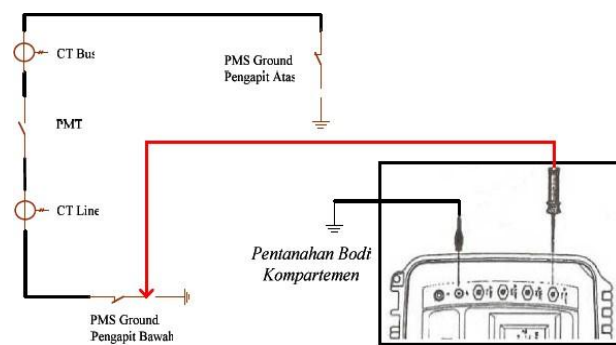
3.4 Pengukuran Tahanan Isolasi



Gambar 3.6 Pengujian Tahanan isolasi metode Atas-bawah



Gambar 3.6 Pengujian Tahanan isolasi metode Atas-pentananan

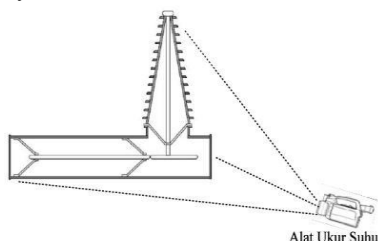


Gambar 3.7 Pengujian Tahanan isolasi metode bawah-pentananan

3.5 Pengukuran suhu

Pengukuran suhu dilakukan tanpa kontak langsung dengan menggunakan peralatan thermovisi bertujuan untuk memantau kondisi peralatan pemutus tenaga saat berbeban sehingga diketahui pola temperatur pada peralatan tersebut. Obyek yang diukur adalah kompartemen, dan sambungan antar kompartemen. Hal ini bertujuan untuk mengetahui perbedaan suhu antara masing-

masing kompartemen dan sambungan-sambungannya.



Gambar 3.8 Pengukuran suhu

4.1 Hasil dan Pembahasan

4.1.1 Pengujian Gas SF₆

Pada pengujian gas SF₆ meliputi pengujian *Purity*, *Decomposition Product* serta *dewpoint*. Pengujian *Purity* menunjukkan prosentase kadar kemurnian gas SF₆ pada setiap kompartemen Pemutus Tenaga emudian selanjutnya disebut PMT dengan nilai berupa prosentase jumlah gas SF₆ yang terkandung. *Decomposition Product* gas SF₆ merupakan hasil turunan gas SF₆ akibat suhu tinggi yang disebabkan adanya electric discharge (corona, spark dan arching). Kemudian *Dew point* yang merupakan titik dimana gas SF₆ berubah menjadi cair. Pengujian ini dilakukan pada saat assesment gas SF₆ yang dilakukan setiap 2 tahun sekali dan data yang di ambil adalah di tahun 2017 dan 2019. Pada tabel dibawah ini merupakan data dari PMT yang ada pada diameter 1.

NO	TAHUN PENGUJIAN	KOMPARTEMEN	PHASE	PURITY %		KELEMBAPAN		SUHU		
				HASIL UJI	STANDAR IEC 376	HASIL UJI	STANDAR CIGRE	HASIL UJI		STANDAR CIGRE
								SUHU UJI	SUHU 20C	
1	07-Des-17	PMT 1	RST	99,9	>97,0	85	<609	-43,5	-27	<-5
2	07-Des-17	PMS BUS A	RST	99,9	>97,0	263	<605	-33,4	-15	<-5
3	07-Des-17	PMS BUS B	RST	99,9	>97,0	86	< 612	-43,5	-27	<-5
4	07-Des-17	PMS TRAF0	RST	99,9	>97,0	250	< 600	-33,9	-16	<-5
5	22-Des-17	PMT 2	RST	99,9	>97,0	125	< 603	-40,1	-23	<-5
6	22-Des-17	PMS BUS A	RST	99,9	>97,0	237	<617	-34,4	-17	<-5
7	22-Des-17	PMS BUS B	RST	99,9	>97,0	246	< 616	-34,1	-16	<-5
8	22-Des-17	PMS TRAF0	RST	99,9	>97,0	232	< 602	-34,6	-17	<-5

Tabel 4.1 Pengujian gas SF₆

FAS E	Nilai Kemurnian Gas SF ₆ pada PMT		ket
	Hasil pengukuran (%)	Standar pabrikan	
RST	99,9	> 97	Normal
RST	99,9	> 97	Normal
RST	99,9	> 97	Normal

Tabel 4.2 Nilai kemurnian gas sf₆ pada PMT

4.1.2 Pengujian Tahanan Kontak

NO	TANGGAL PENGUJIAN	KOMPARTEMEN	METODE	ACCUAN/STANDAR	HASIL UJI			KETERANGAN
					R	S	T	
1	21-Jul-19	PMT 1	PMT CLOSE	SESUAI	156,8	168,6	172,2	NORMAL
2	26-Sep-19	PMT 2		MANUAL	136,9	130,5	131,2	NORMAL
3	06-Okt-19	PMT 3		BOOK	184,8	180,7	178,7	NORMAL

Tabel 4.5 Pengujian Tahanan Kontak PMT

4.1.3 Pengujian Keserempakan PMT

Tujuan adalah dilakukannya pengujian ini adalah untuk mengetahui waktu kerja PMT secara individu serta keserempakan PMT pada saat menutup atau membuka sehingga dapat memastikan kesiapan kerja dari PMT untuk memutuskan/memasukkan arus sesuai dengan rating kerjanya.

NO	TANGGAL PENGUJIAN	KOMPARTEMEN	METODE	ACCUAN/STANDAR	HASIL UJI				KETERANGAN
					R	S	T	Δt	
1	21-Jul-19	PMT 1	CLOSE	SESUAI MANUAL BOOK	194,4	117,5	116,5	3,35	NORMAL
2	21-Jul-19		OPEN		57	56,36	54,7	2,3	NORMAL
3	06-Okt-19	PMT 2	CLOSE	SESUAI MANUAL BOOK	146,3	145,1	145,6	0,7	NORMAL
4	06-Okt-19		OPEN		54,8	55,05	54,45	0,35	NORMAL
5	26-Sep-19	PMT 3	CLOSE	SESUAI MANUAL BOOK	127,55	129,4	127,85	1,85	NORMAL
6	26/09/2019		OPEN		56	53,03	54,95	2,95	NORMAL

Tabel 4.7 Pengujian Keserempakan PMT

4.1.4 Pengujian Tahanan Isolasi

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui secara dini kondisi isolasi pada PMT dan mengetahui besaran nilai tahananannya. Metode pengujian yang dilakukan ada 3 tahapan antara lain metode Atas-Pentanahan, Metode Bawah-Pentanahan dan Metode Atas-Bawah.

NO	TANGGAL UJI	KOMPARTEMEN	METODE	ACUAN/STANDART	HASIL UJI (MΩ)			KETERANGAN
					R	S	T	
1	26/09/2019	PMT 1	Atas - Pentanahan	Standart VDE (Cataloge 228/4)1kw =1MΩ	119000	212000	235000	NORMAL
2	26/09/2019		Bawah - Pentanahan		310000	276000	281000	NORMAL
3	26/09/2019		Atas - Bawah		154000	162000	180000	NORMAL
4	06/10/2019	PMT 2	Atas - Pentanahan	Standart VDE (Cataloge 228/4)1kw =1MΩ	788000	734000	780000	NORMAL
5	06/10/2019		Bawah - Pentanahan		792000	726000	786000	NORMAL
6	06/10/2019		Atas - Bawah		710000	859000	987000	NORMAL

Tabel 4.8 Pengujian Tahanan Isolasi PMT

4.2 Pembahasan

4.2.1 Pengujian Gas SF₆

Dari tabel 4.1 untuk pengujian gas SF₆ menyatakan bahwa berdasarkan pengujian yang dilakukan pada kompartemen PMT bay diameter 1 meliputi *purity*, *dew point*, dan *decomposition*

product masih dalam batasan normal dimana dalam standar yang ditentukan menyatakan bahwa untuk *purity* adalah $> 97\%$, *dewpoint* pada suhu udara 20°C adalah dibawah -5°C , sedangkan untuk nilai dari *Tekanan Gas SF₆* adalah 5,4 bar.

4.2.2 Pengujian Tahanan Kontak

Berdasarkan tabel 4.4 terkait pengujian tahanan kontak PMT pada bay diameter 1 tidak ditemukan nilai yang melebihi batas maksimal nilai yang diijinkan yaitu $300\ \mu\Omega$, namun ada nilai yang hampir mendekati yaitu pada PMT 3 dimana nilainya mencapai $184,8\ \mu\Omega$. Sehingga untuk memastikan nilai tersebut, digunakan data pembandingan berupa hasil pengujian sebelumnya maupun hasil uji kualitas gas SF₆ sehingga dapat dianalisa kajian resiko terkait nilai pengujian tahanan kontak yang hampir mendekati dengan batas nilai maksimal yang telah ditentukan berdasar standar yang ada maupun dari standar dari pabrikan.

4.2.3 Pengujian Keserempakan PMT

Berdasarkan pada tabel 4.6 dapat dijelaskan, bahwa

- $\Delta t 1$: selisih waktu tertinggi dan terendah antara fase T dan R saat PMT 1 dengan operasi buka kontak = $54,70 - 57 = 2,3$ milidetik
- $\Delta t 2$: selisih waktu tertinggi dan terendah antara fase R dan S saat PMT 2 dengan operasi tertutup kontak $146,3 - 145,1 = 0,7$ milidetik
- $\Delta t 3$: selisih waktu tertinggi dan terendah dengan antara fase T dan S saat PMT 3 dengan operasi buka kontak $54,95 - 53,03 = 2,95$

Standar PLN yang di adopsi dari rekomendasi Alstom disebutkan, bahwa Δt yang di izinkan kurang dari 10 ms ($\Delta t < 10$ milidetik), sehingga keserempakan operasi titik-titik kontak PMT saat pembukaan atau penutupan masih sesuai syarat.

4.2.4 Pengujian Tahanan Isolasi

Dari tabel 4.7 pengujian tahanan isolasi dilakukan dengan acuan standar dari VDE yang menyatakan nilai minimal yang dibolehkan untuk tahanan isolasi pada peralatan tegangan tinggi adalah $1\ \text{kV} = 1\ \text{M}\Omega$. Pada hasil uji diatas didapatkan nilai yang memenuhi standar yang ditetapkan. Bahwa nilai resistansi isolasi hasil pengukuran berkisar $119.000-987.000\ \text{M}\Omega$. Hasil tersebut masih jauh lebih baik jika dibandingkan

dengan standar ANSI (lebih besar dari 2.000 M Ω) atau sesuai standar PLN.

4.2.5 Pengukuran Suhu

Pada pengukuran suhu sesuai dengan tabel 4.8 pada seluruh bay diameter 1 menggunakan alat ukur FLIR menunjukkan tercatat ada beberapa titik yang menyatakan nilai $> 10^{\circ}\text{C} - 25^{\circ}\text{C}$ atau berada pada kategori B, sehingga perlu dilakukan pengukuran suhu secara rutin untuk memantau trending suhu pada peralatan tersebut. Kategori B masih bisa dikatakan kondisi normal untuk suhu pada peralatan.

Berdasarkan hasil dengan merujuk pada nilai yang terendah pada pengujian untuk PMT GIS type 8DQ1 pada bay diameter 1 di Gardu Induk Tandes, dinyatakan bahwa layak digunakan dan dapat dikondisikan lagi sebagai alat pemutus tenaga dalam sistem tenaga listrik.

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan dapat disimpulkan :

- Pemeliharaan terkait Karakteristik isolasi gas SF₆ pada pemutus tenaga bay diameter 1 tersebut dapat diketahui berdasarkan hasil uji yang dilakukan, dimana tidak ditemukan kelainan yang terjadi dan didapatkan nilai pengujian gas SF₆ dalam batasan normal. Nilai kemurnian terukur berkisar $99,9\%$, masih lebih tinggi jika dibandingkan dengan standar (lebih kecil dari 97%). Nilai titik kelembaban gas terukur $-33,4^{\circ}\text{C}$ sampai $-43,5^{\circ}\text{C}$, masih lebih baik jika dengan standar yang bernilai -5°C , kandungan uap air terukur berkisar $85\ \text{ppmv} - 263\ \text{ppmv}$, masih lebih baik jika dibandingkan dengan standar yang bernilai $840\ \text{ppm}$, dan tekanan gas SF₆ terukur $5,6\ \text{bar}$.
- Berdasarkan hasil pemeliharaan 2 tahunan terkait mekanik dan karakteristik gas solasi SF₆ dapat dinyatakan tidak terjadi anomali dan kondisi pemutus tenaga bay diameter 1 GI TANDES layak digunakan serta dikondisikan lagi sebagai alat pemutus tenaga dalam sistem tenaga listrik.
- Keserempakan operasi pembukkaan dan penutupan titik-titik kontak berupa selisih waktu berkisar pada nilai $0,55$ sampai $2,3$ milidetik, masih jauh lebih baik jika dibandingkan dengan standar yang di tentukan yaitu di bawah nilai 10 milidetik

Daftar Pustaka

- [1]. Yulistiawan &
//jurnal.upi.edu/electrans) ABB. 2009.
Summery Technical Data gas Insuated.
Swiss
- [2]. (Jerman) Working Grup Cigre.
2010. SF6 Tightness Guide. Prancis)
- [3]. Arief Goeritmo, dkk.2018. Kinerja
Pemutus Tenaga Tegangan Tinggi
Bermedia Gas SF6 Berdasarkan
Parameter. Tersedia di Jurnal EECCIS
Vol. 12, No. 2, Oktober 2018)
- [4]. Pemeliharaan Pemutus Tenaga
Listrik. Buku Pegangan PT. PLN
(PERSERO))
- [5]. Alsthom. 2010. Characteristic of
SF₆ insulation Circuit Breaker. Jerman
- [6]. F. Jakob, N. Perjanik, Sulfur
Hexafluoride : A Unique Dielectric.
Analytical ChemTech International,
Inc.
- [7]. ABB. 2009. Summery
Technical Data gas Insuated.
Swiss