

Analisis performance Circuit Breaker SF6 70kV at Sawangan Switchyard

Analisa Unjuk Kerja *Circuit Breaker* di Gardu Induk Sawangan

Grevindo M. Saroinsong, Lily S. Patras, Novi M. Tulung

Dept. of Electrical Engineering, Sam Ratulangi University Manado, Kampus Bahu St., 95115, Indonesia

e-mails: grevindosaroinsong10@gmail.com, patraslilys48@gmail.com, novi.tulung@unsrat.ac.id

Received: [date]; revised: [date]; accepted: [date]

Abstract — A *Circuit Breaker* is a mechanical switch device designed to handle the closing, flowing, and breaking of load currents under normal operating conditions according to its specified rating. Additionally, it is engineered to manage load currents during specific abnormal conditions or disturbances within its rated capacity. In the operation of an Electric Power system, disturbances frequently occur, potentially causing the circuit breaker to trip. Thus, this study was conducted to assess the performance and viability of the circuit breaker. The conducted tests encompass insulation resistance testing, contact resistance testing, and contact simultaneity testing. The insulation resistance test results yielded values exceeding $1M\Omega$, indicating that the insulation material remains in excellent and safe condition. During the contact resistance test, each phase recorded a value of approximately $50\mu\Omega$. Similarly, in the contact simultaneity test, the time differences measured during both opening and closing operations were below 10 ms. Following the completion of tests and calculations on insulation resistance, contact resistance, and contact simultaneity for the 70kV *Circuit Breaker* at the Sawangan switchyard, it has been deemed suitable for continued usage.

Keywords— *Circuit Breaker, Contact Resistance, Insulation Tester, Simultaneity of Contact.*

Abstrak — Pemutus tenaga adalah alat mekanis yang digunakan untuk memutus dan menghubungkan aliran listrik dalam sistem tenaga. Fungsinya adalah untuk menutup, membuka, dan mengalirkan arus listrik sesuai dengan kapasitasnya, baik dalam kondisi normal maupun abnormal. Saat terjadi gangguan dalam sistem tenaga listrik, pemutus tenaga akan merespons dengan memutus arus listrik untuk melindungi peralatan dan mencegah kerusakan lebih lanjut. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja dan keandalan pemutus tenaga SF6 70 kV di Gardu Induk Sawangan, dengan melakukan serangkaian pengujian seperti tahanan isolasi, tahanan kontak, dan keserempakan kontak. Hasil pengujian menunjukkan bahwa material isolasi yang digunakan masih dalam kondisi yang baik dan aman, dengan nilai tahanan isolasi melebihi 1 Megaohm. Selain itu, tahanan kontak pada masing-masing fasa juga telah diuji dan nilai yang diperoleh memenuhi standar yang ditetapkan. Pengujian keserempakan kontak juga dilakukan untuk memastikan waktu pembukaan dan penutupan sesuai dengan kebutuhan, dan hasilnya menunjukkan bahwa pemutus tenaga masih dapat beroperasi dengan baik. Dengan demikian, pemutus tenaga pada gardu induk Sawangan dinilai masih layak digunakan untuk menjaga kelancaran aliran listrik dalam sistem tenaga tersebut.

Kata kunci — *Keserempakan Kontak, Pemutus Tenaga, Tahanan Isolasi, Tahanan Kontak.*

I. PENDAHULUAN

Dalam bidang ilmu kelistrikan, *circuit breaker* memiliki tugas yang penting untuk menjaga keamanan dan perlindungan sistem tenaga listrik. Sebagai alat utama dalam penghilang atau penanggulangan gangguan pada sistem tenaga, *Circuit Breaker* atau Pemutus Tenaga (PMT) memiliki peran krusial. PMT memiliki peran untuk mengatasi hubung singkat arus yang besar, yang dapat melampaui kapasitas nilai arus yang biasanya dilewati oleh konduktor atau isolator. Dengan demikian, PMT menjadi alat yang sangat vital dalam melindungi integritas sistem tenaga listrik dari gangguan atau kerusakan yang mungkin terjadi. *Circuit breaker* adalah perangkat elektrikal yang memiliki tugas untuk melindungi sistem kelistrikan dari terjadinya gangguan, seperti arus hubung singkat atau beban berlebih. Ketika terjadi gangguan seperti itu, *circuit breaker* harus secara cepat dan efektif memutuskan rangkaian listrik untuk mencegah kerusakan yang lebih lanjut. Penelitian ini di titik beratkan untuk mengetahui unjuk kerja (performance) *Circuit breaker* di Gardu Induk 70 kV, dengan mengukur/menghitung arus bocor, tahanan isolasi, kontak, dan keserempakan kontak yang ditempatkan pada Gardu Induk Sawangan.

A. Penelitian Terkait

A. A. R. Saghawari dkk, pada tahun 2022 melakukan penelitian mengenai kinerja *circuit breaker* pada gardu induk 70 kV yang terletak di Teling, Sulawesi Utara. Penelitian ini melakukan pengujian terhadap kinerja dan kelayakan pemutus tenaga di gardu induk tersebut. Hasil dari pengujian tahanan isolasi diperoleh diatas 150Ω dan dapat disebut bahwa material yang digunakan berada masih dalam kondisi yang baik. Dalam penelitian ini juga mendapat perolehan dari hasil pengujian terhadap tahanan kontak pada setiap fasa memperoleh nilai dibawah $50\mu\Omega$ dan pengujian terhadap keserempakan kontak diperoleh nilai masing-masing dibawah 10ms yang dapat dikatakan *circuit breaker* tersebut berada pada kondisi yang masih layak untuk di pakai [1].

Z. F. Sumarna, dan E. A. Z. Hamidi, pada tahun 2021 melakukan penelitian mengenai analisa pengukuran tahanan kontak dan tahanan pentanahan pada pemutus tenaga (PMT). Penelitian membahas tentang proses pemeliharaan pemutus

tenaga (PMT) yaitu metode untuk mengukur tahanan kontak apakah kondisi PMT masih beroperasi dengan baik atau perlu dilakukan perbaikan dan untuk melakukan perbandingan pengukuran antara *micro ohm* meter dan perhitungan normal.

B. Circuit Breaker

Circuit Breaker atau Pemutus Tenaga (PMT) adalah Circuit Breaker atau Pemutus Tenaga (PMT) adalah perangkat saklar mekanis yang memiliki kemampuan untuk membuka, menutup, dan mengalirkan arus beban dalam kondisi normal sesuai dengan kapasitasnya. Selain itu, PMT juga mampu menutup, mengalirkan, dan untuk memutus arus beban dalam situasi tidak normal atau *circuit breaker* mengalami gangguan sesuai dengan kapasitasnya yang telah ditentukan. Fungsi utamanya adalah untuk membuka atau menutup rangkaian listrik dalam kondisi beban normal, dan juga mampu bereaksi dengan membuka atau menutup ketika terjadi gangguan seperti arus hubung singkat dalam jaringan atau peralatan lainnya.

C. Klasifikasi PMT

Ada beberapa jenis PMT yang dapat diklasifikasikan berdasarkan besar atau kelas tegangan yaitu:

- 1) PMT tegangan rendah dengan *range* tegangan 0.1-1kV
- 2) PMT tegangan rendah dengan *range* tegangan 1-35kV
- 3) PMT tegangan rendah dengan *range* tegangan 35-245kV
- 4) PMT tegangan rendah dengan *range* tegangan >245kV

Kemudian ada juga PMT yang diklasifikasikan berdasarkan jumlah mekanik penggerak yaitu:

- 1) PMT *Single Pole*

Jenis PMT ini dilengkapi dengan penggerak mekanis pada setiap pole-nya, dan biasanya dipasang di bay penghantar agar memiliki kemampuan untuk melakukan *reclose* satu fasa.

- 2) PMT *Three Pole*

PMT jenis ini dilengkapi dengan mekanik penggerak yang mengontrol tiga fasa sekaligus, dilengkapi dengan kopel mekanik untuk menghubungkan fasa satu dengan yang lainnya. Biasanya, PMT jenis ini digunakan pada bay trafo, bay kopel, dan juga digunakan pada PMT 20kV untuk distribusi listrik.

Ada juga PMT yang diklasifikasikan berdasarkan media isolasi yang ada dalam PMT:

- 1) PMT Gas SF6
- 2) PMT Minyak
- 3) PMT Udara Tekan (*Air Pressure*)
- 4) PMT Hampa Udara (*Vacuum*)

Kemudian yang terakhir ada PMT yang diklasifikasikan berdasarkan proses pemadaman busur api listrik di ruang pemutus yaitu:

- 1) PMT jenis tekanan tunggal (*single pressure type*)
- 2) PMT jenis tekanan ganda (*double pressure type*)

D. Penggerak Circuit Breaker

Sistem penggerak berperan sebagai mekanisme untuk menggerakkan kontak yang bergerak pada operasi pembukaan atau penutupan Circuit Breaker atau PMT. Terdapat beberapa jenis penggerak pada *Circuit Breaker* atau pemutus tenaga, yaitu:

- 1) Penggerak Pegas (*Spring Drive*)

Ada dua jenis mekanisme penggerak menggunakan pegas dalam Circuit Breaker atau PMT, yaitu penggerak pegas yang memanfaatkan pilin sebagai penggerak untuk menarik atau meregangkan motor melalui rantai. Kemudian penggerak pegas yang menggunakan gulungan yang berputar melalui roda gigi.

- 2) Penggerak Hidrolik

Penggerak mekanik hidrolik yaitu serangkaian komponen mekanik, komponen elektrik, dan minyak hidrolik yang disusun dengan baik sehingga mampu berperan sebagai mekanisme penggerak untuk melakukan operasi pembukaan dan penutupan pada Circuit Breaker atau PMT.

- 3) Penggerak *Pneumatic*

Penggerak mekanik pneumatik yaitu kombinasi komponen mekanik, listrik, dan udara dengan tekanan yang dipasang kan agar mampu berperan sebagai mekanisme penggerak untuk mekanisme buka tutup Circuit Breaker atau PMT.

- 4) SF6 Gas Dinamik

Jenis CB/PMT ini menggunakan gas SF6 yang memiliki dua fungsi utama: sebagai pemadam busur busur dan juga sebagai media penggerak yang memanfaatkan tekanan gasnya.

E. Pemeliharaan

Pemeliharaan melibatkan dua kegiatan utama: perawatan dan perbaikan. Perawatan mencakup berbagai aktivitas seperti perbaikan, pemeliharaan, pembersihan, penyetelan, pengukuran, dan pemeriksaan. Perawatan adalah upaya pencegahan untuk menghindari kerusakan, sementara perbaikan adalah usaha untuk memperbaiki kerusakan yang telah terjadi.

Pemeliharaan dibagi menjadi dua jenis: Perawatan Tak Terencana dan Perawatan Terencana. Perawatan Tak Terencana dilakukan dalam situasi darurat, sedangkan Perawatan Terencana direncanakan secara sistematis untuk mendeteksi dan mencegah kerusakan pada peralatan. Adapula jenis-jenis perawatan, yaitu:

- 1) Perawatan Preventive
 - a. Perawatan Berkala (*Periodic Maintenance*)
 - b. Perawatan Prediktif (*Predictive Maintenance*)
- 2) Perawatan Korektif
 - a. *Shutdown Maintenance*
 - b. *Breakdown Maintenance*

F. Pengukuran dan Pengujian

Ada beberapa pengukuran dan pengujian yang perlu dilakukan pada *circuit breaker* seperti tahanan isolasi, arus bocor, tahanan kontak, dan keserempakan kontak.

- a. *Tahanan Isolasi*

Untuk mengevaluasi PMT, dilakukan pengukuran tahanan isolasi menggunakan alat ukur khusus guna memperoleh hasil ukuran tahanan isolasi antara bagian yang diberi tegangan dan bagian yang ditanahkan, serta pada terminal atas dan terminal bawah pada bagian fasa yang sama. Untuk mengukur tahanan isolasi, dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$R = \left(\frac{1000.U}{Q} \right) U. 2,5 \quad (1)$$

R	= Tahanan Isolasi Minimal
U	= Tegangan Kerja
Q	= Tegangan Megger
1000	= Bilangan tetap
2,5	= Faktor Keamanan

b. Arus Bocor

Pengukuran arus bocor pada tahanan isolasi circuit breaker dilakukan untuk mengevaluasi kualitas isolasi dalam mencegah arus bocor dalam sistem listrik. Tujuannya adalah untuk menentukan apakah tahanan isolasi berada dalam kondisi yang aman atau jika terdapat indikasi kebocoran yang berpotensi menyebabkan masalah pada circuit breaker. Pengukuran arus bocor dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan:

$$I = \frac{V}{R} \quad (2)$$

I	= Arus Bocor
V	= Tegangan
R	= Tahanan

c. Tahanan kontak

Sebagian besar rangkaian tenaga listrik terdiri dari banyak titik sambungan, di mana sambungan tersebut merupakan pertemuan fisik antara dua atau lebih permukaan konduktor. Hal ini memungkinkan arus atau energi listrik mengalir tanpa hambatan yang signifikan. Namun, pertemuan antara konduktor tersebut juga dapat menyebabkan terjadinya hambatan atau resistansi terhadap arus yang mengalir melalui sambungan tersebut. Akibatnya, panas dapat terbentuk di sambungan tersebut, menyebabkan kerugian teknis. Tahanan kontak di sambungan ini dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$R = \frac{V}{I} \quad (3)$$

R	= Tahanan
V	= Tegangan
I	= Arus

d. Keserempakan Kontak

Pengujian keserempakan PMT dilakukan untuk mengidentifikasi waktu respon individu PMT dan untuk mengevaluasi konsistensi keserempakan PMT saat melakukan operasi pembukaan dan penutupan. Keserempakan kontak diukur dengan membandingkan perbedaan antara nilai waktu maksimum dan minimum. Sesuai dengan standar yang telah ditetapkan, perbedaan waktu tersebut tidak boleh melebihi 10 ms. Untuk menghitung keserempakan kontak, digunakan persamaan:

$$\Delta t = t_{\text{maks}} - t_{\text{min}} \quad (4)$$

Δt	= Selisih waktu
t_{maks}	= Waktu tertinggi
t_{min}	= Waktu terendah

II. DATA DAN PERHITUNGAN

Uraian data yang didapat dalam penelitian ini, yaitu tahanan isolasi, tahanan kontak, dan keserempakan kontak dari *Circuit*

breaker di gardu induk sawangan Minahasa Utara. Tabel 1 adalah uraian data dari hasil pengujian tahanan isolasi yang dilakukan pada gardu induk sawangan.

TABEL I

PENGUJIAN TAHANAN ISOLASI

Titik Ukur	Standar	Hasil Pengukuran (Fasa)		
		R	S	T
Atas – Bawah		37,6 G	16 G	15,3 G
Atas – Tanah	1KV= 1M Ω	26,7 G	42,1 G	36,4 G
Bawah – Tanah		14,3 G	21,7 G	29,1 G
Fasa – Tanah		11,3 G	13,2 G	18 G

A. Tahanan Isolasi

Di bawah ini adalah data pengukuran tahanan isolasi pada gardu induk Sawangan.

1) Perhitungan Arus Bocor

Hasil hitung arus bocor titik ukur antara atas dan bawah:

- Fasa R
 $I = \frac{5000 V}{37600} = 0,132 \text{ mA}$
- Fasa S
 $I = \frac{5000 V}{16000} = 0,31 \text{ mA}$
- Fasa T
 $I = \frac{5000 V}{15300} = 0,32 \text{ mA}$

Hasil hitung arus bocor titik ukur antara atas dan tanah:

- Fasa R
 $I = \frac{5000 V}{26700} = 0,18 \text{ mA}$
- Fasa S
 $I = \frac{5000 V}{42100} = 0,11 \text{ mA}$
- Fasa T
 $I = \frac{5000 V}{36400} = 0,13 \text{ mA}$

Hasil hitung arus bocor titik ukur antara bawah dan tanah:

- Fasa R
 $I = \frac{5000 V}{14300} = 0,34 \text{ mA}$
- Fasa S
 $I = \frac{5000 V}{21700} = 0,23 \text{ mA}$
- Fasa T
 $I = \frac{5000 V}{29100} = 0,17 \text{ mA}$

Hasil hitung arus bocor titik ukur antara fasa dan tanah:

- Fasa R

$$I = \frac{5000 V}{11300} = 0,44 \text{ mA}$$
- Fasa S

$$\text{Arus Bocor (I)} = \frac{5000 V}{13200} = 0,37 \text{ mA}$$
- Fasa T

$$\text{Arus Bocor (I)} = \frac{5000 V}{18000} = 0,27 \text{ mA}$$

2) Perhitungan Tahanan Isolasi

Untuk perhitungan tahanan isolasi menggunakan persamaan (1)

Diketahui:

$$U : 70000$$

$$Q : 5000$$

$$R = \left(\frac{1000 \times 70000}{5000} \right) \cdot 70000 \cdot 2,5$$

$$R = \frac{1,225 \times 10^{-13}}{5000}$$

$$R = 2,45 \times 10^{-6}$$

$$R = 24,5 \text{ M}\Omega$$

B. Tahanan Kontak

Tabel II dibawah ini menunjukkan data pengujian tahanan kontak yang diperoleh pada gardu induk sawangan.

TABEL II
PENGUJIAN TAHANAN KONTAK

Titik Ukur	Standar	Hasil Pengukuran (Fasa)		
		R	S	T
Atas-bawah	100A R ≤ 120 % nilai pabrikan atau pengujian FAT	52,1	49,6	56,4

Dibawah ini merupakan perhitungan tahanan kontak menggunakan persamaan (3).

Untuk perhitungan tahanan kontak titik ukur atas dan bawah dapat dilihat pada uraian dibawah ini:

- Fasa R

$$V = 521 \text{ mV}$$

$$R = \frac{521 \times 10^{-3}}{100}$$

$$R = 5,21 \times 10^{-6}$$

$$R = 52,1 \mu\Omega$$
- Fasa S

$$V = 496 \text{ mV}$$

$$R = \frac{496 \times 10^{-3}}{100}$$

$$R = 4,96 \times 10^{-6}$$

$$R = 49,6 \mu\Omega$$

- Fasa T

$$V = 564 \text{ mV}$$

$$R = \frac{564 \times 10^{-3}}{100}$$

$$R = 5,64 \times 10^{-6}$$

$$R = 56,4 \mu\Omega$$

C. Keserempakan Kontak

Tabel III dibawah ini menunjukkan data pengujian keserempakan kontak pada gardu induk sawangan.

TABEL III
PENGUJIAN KESEREMPAKAN KONTAK

Titik Ukur	Standar	Hasil Pengukuran (Fasa)		
		R	S	T
Open		37,2	37	37
Close	$\Delta t < 10\text{ms}$	76	75,6	75,2
Close-Open		100,5	100,1	100,6

Untuk perhitungan keserempakan kontak menggunakan persamaan (4) dapat dilihat dibawah ini:

- Δt Open = waktu tertinggi – waktu terendah

$$= 37,2 \text{ ms} - 37 \text{ ms}$$

$$= 0,2 \text{ ms}$$
- Δt Close = waktu tertinggi – waktu terendah

$$= 76 \text{ ms} - 75,2 \text{ ms}$$

$$= 0,8 \text{ ms}$$
- Δt Close-Open = waktu tertinggi – waktu terendah

$$= 100,6 \text{ ms} - 100,1 \text{ ms}$$

$$= 0,5 \text{ ms}$$

III. HASIL DAN ANALISA

A. Hasil Perhitungan

Berdasarkan hasil perhitungan dengan menggunakan persamaan yang ada dan dari data-data pemeliharaan yang dilakukan pada gardu induk sawangan untuk Circuit Breaker 70Kv maka hasil dari perhitungan dapat dilihat di bawah ini.

TABEL IV
HASIL PERHITUNGAN ARUS BOCOR

Titik Ukur	Fasa	Hasil Perhitungan
Atas – Bawah	R	0,132 mA
	S	0,31 mA
	T	0,32 mA
Atas – Tanah	R	0,18 mA

	S	0,11 mA
	T	0,13 mA
	R	0,3 mA
Bawah – Tanah	S	0,23 mA
	T	0,17 mA
	R	0,4 mA
Fasa – Tanah	S	0,3 mA
	T	0,27 mA
	R	

TABEL V
HASIL PERHITUNGAN TAHANAN KONTAK

Titik Ukur	Injeksi Arus	Fasa	Hasil	
			Pengukuran	Perhitungan
Atas-Bawah	100A	R	521 mV	52,1 $\mu\Omega$
		S	496 mV	49,6 $\mu\Omega$
		T	564 mV	56,4 $\mu\Omega$

TABEL VI
HASIL KESEREMPAKAN KONTAK

Perhitungan	Fasa	Hasil Perhitungan
Open	R	0.2 ms
	S	
	T	
Close	R	0.8 ms
	S	
	T	
Close-Open	R	0.5 ms
	S	
	T	

B. Analisa

1) Tahanan Isolasi

Berdasarkan analisis hasil perhitungan tahanan isolasi yang tercantum dalam Tabel IV, dapat diamati bahwa setiap fasa menunjukkan nilai tahanan isolasi bervariasi. Variasi tersebut yang dipengaruhi oleh kondisi tertentu masing-masing isolator. Kondisi isolator yang kotor dapat berdampak signifikan terhadap kemampuan isolator. Hasil dari pengujian tahanan isolasi Circuit Breaker yang dilakukan pada tanggal 12 Juli 2021 menunjukkan bahwa nilai tahanan isolasi pada masing-masing fasa R, S, dan T diperoleh hasil di atas 70 M Ω . Selain itu, hasil perhitungan arus bocor menunjukkan bahwa semua nilai yang diperoleh jauh di bawah nilai arus bocor yang diizinkan, yaitu 1 KV = 1 mA.

Berdasarkan hasil pengujian pada tahanan isolasi dan perhitungan arus bocor, dapat disimpulkan bahwa material

isolasi yang telah diuji pada *Circuit Breaker* berada dalam kondisi yang baik dan sesuai dengan standar tahanan isolasi.

2) Tahanan Kontak

Berdasarkan hasil pengujian dan perhitungan tahanan kontak pada tanggal 12 Juli 2021 sesuai titik ukur R, S, dan T diperoleh hasil pengukuran pada data tahanan kontak nilai tahanan kontak PMT pada setiap fasa sebesar 52,1 $\mu\Omega$ (fasa R), 49,6 $\mu\Omega$ (fasa S), 56,4 $\mu\Omega$ (fasa T). Dengan ini dapat diketahui tahanan kontak pada PMT masih memenuhi nilai standar nilai $R \leq 50 \mu\Omega$. Jika hasil pengujian tidak memenuhi standar maka akan dilakukan perbaikan terhadap kontak pemutus tenaga (PMT).

3) Keserempakan Kontak

Hasil pengujian yang dilakukan pada tanggal 12 Juli 2021 menunjukkan bahwa selisih waktu saat posisi PMT terbuka adalah 0,2 ms, sedangkan saat posisi PMT tertutup adalah 0,8 ms. Selain itu, selisih waktu saat PMT bergerak dari posisi tertutup ke terbuka adalah 0,5 ms. Semua nilai selisih waktu yang diperoleh memenuhi standar $\Delta t \leq 10$ ms sesuai dengan standar dari pabrikan ABB. Standar ini menegaskan bahwa jika nilai delta time melebihi 10 ms, maka keandalan kerja pada keserempakan PMT tidak terpenuhi. Selisih waktu yang signifikan dapat mengakibatkan arus melonjak atau tegangan pada fase lain yang terhubung ke PMT, yang berpotensi merusak peralatan lain yang terhubung ke dalam sistem tersebut. Oleh karena itu, jika terdapat nilai delta time di atas 10 ms, perbaikan dan pengujian ulang PMT diperlukan untuk memastikan kinerja yang aman dan handal.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Dari hasil perhitungan dan analisa maka dapat disimpulkan bahwa untuk unjuk kerja (Performance) Circuit Breaker di gardu induk 70KV sawangan dikatakan masih andal karena:

- Nilai tahanan isolasi diperoleh lebih dari 1 kilo Volt = 1 M Ω dan dari standar masih dalam kondisi baik sekali
- Nilai Tahanan kontak yang diukur pada titik pengujian untuk setiap fasa R, S, dan T telah terbukti memenuhi standar IEC 60694 dengan nilai R yang kurang dari atau sama dengan 50 $\mu\Omega$ atau 120% dari nilai FAT.
- Selisih waktu keserempakan kontak yang diukur telah memenuhi persyaratan standar yang telah ditetapkan, yaitu $\Delta t \leq 10$ ms sesuai dengan referensi dari pabrikan

B. Saran

Sebelum melakukan pengujian, disarankan untuk membersihkan permukaan isolator menggunakan kain lap yang lembut dan tidak abrasif untuk memastikan akurasi hasil pengukuran.

V. REFERENSI

- [1] A. A. R. Saghawari, H. Tumaliang, N. Tulung. "Analisa Kinerja Circuit Breaker Saat Gangguan Pada Sisi 70 KV Di Gardu Induk Teling". Universitas Sam Ratulangi, 2022.
- [2] Effendi, B. A., and E. Handoyo. "Pengujian Tahanan Isolasi Pada Pemeliharaan Pemutus Tenaga Kubikel Outgoing 20 KV Menggunakan

- Insulation Tester*". *Ejournal Kajian Teknik Elektro* 5(2): pp 126–40. 2020.
- [3] Fikri, AM, H. Rudito, and Usman." Analisis Pengujian Pemutus Tenaga (PMT) Bay Punagaya Dalam Pemeliharaan Dua Tahunan Di Gardu Induk Tallasa". *Jurnal.Poliupg.ac.id* (September): pp 2–6. 2021.
- [4] Firdaus, A. Galih, and R. Hidayat." *Analisa Pengujian Kelayakan PMT 150 KV Bay Mandirancan I Berdasarkan Parameter Breaker Analyzer Di Gardu Induk Sunyaragi*". *Elektron: Jurnal Ilmiah* 15(3): 17–24. 2021
- [5] Lubna Nadra Hasti, and Irwanto." *Maintenance Circuit Breaker SF6 KV Unit 3-4 Di PT. Indonesia Power Suralaya*". *Jtmei*, 2023.
- [6] M. A. A. Gonibala. Sartje Silimang, Lily S. Patras." *Analisis Pengujian Unjuk Kerja Pemisah (Disconnecting Switch) Di Gardu Induk 150kV Otam*". *Jurnal Teknik Elektro*, 2018.
- [7] Rahman, E. Suhardi, M. Y. Mapeasse, and Hasrul." *Studi Pengujian Keserempakan Pemutus Tenaga (PMT) 150 KV Menggunakan Breaker Analyzer Di Gardu Induk*". *Media Elektrik*, 2023.
- [8] R. I. Pangestu." *Analisis Kinerja Circuit Breaker PADA SISI 150 KV Gardu Induk Lamhotma*". *Jurnal UISU*, 2019.
- [9] S. Sarwito, A. P. Sastri." *Analisa Gangguan Short Circuit Serta Pengaturan Koordinasi Proteksi Pada Container Crane Disuplai Dengan Energi Terbarukan Berbasis Simulasi*". *Jurnal Teknik Its*, 2020.
- [10] Z. F. Sumarna, Z. F. Sumarna, E. A. Z. Hamidi. "Analisa Pengukuran Tahanan Kontak dan Tahanan Pertanahan Pada Pemutus Tenaga (PMT)". *Seminar Nasional Teknik Elektro VI*, 2021.



Penulis bernama lengkap Grevindo M. Saroinsong. Lahir di Modoinding tanggal 10 Mei 2000. Penulis tinggal di Modoinding, minahasa selatan, sulawesi utara. Penulis memulai pendidikan di TK GMIM Sion Pinasungkulan, setelah itu penulis melanjutkan pendidikan di SD GMIM Pinasungkulan, kemudian melanjutkan pendidikan di SMPN 1 Modoinding, setelah itu melanjutkan pendidikan di SMAkr Kotamobagu, dan pada tahun 2019 penulis menempuh pendidikan di Universitas Sam Ratulangi dan mengambil Program Studi S1 Teknik Elektro di Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik. Selama masa perkuliahan di UNSRAT, penulis tergabung dalam organisasi yaitu, Himpunan Mahasiswa Elektro (HME) UNSRAT.