

Analisis Kinerja Pemutus Tenaga pada Gardu Induk 6,3 kV di PT Indonesia Power Kamojang

MOCHAMMAD SYACHBANI IRAWAN, TEGUH ARFIANTO

Teknik Elektro Institut Teknologi Nasional Bandung
Email : msyachbani13@gmail.com

ABSTRAK

Pemutus Tenaga adalah salah satu peralatan utama yang ada di gardu induk. Tujuan dari penelitian untuk mengetahui kinerja pemutus tenaga ini masih layak digunakan atau perlu diganti. Hasil pengujian tahanan isolasi nilai yang diperoleh rata-rata $300M\Omega$ masih berada di bawah standar VDE Catalogue 228/4. Hasil pengujian tahanan kontak nilai yang diperoleh masing-masing fasa di bawah $50\mu\Omega$ masih berada di bawah standar IEC 60694. Hasil pengujian keserempakan kontak 0,1 ms masih berada di bawah standar pabrikan ABB yaitu kurang dari 10 ms. Artinya material isolasi yang diuji masih dalam kondisi aman. Setelah melakukan pengujian dan perhitungan maka dari itu kinerja Pemutus Tenaga dapat melaksanakan atau melakukan trip sesuai dengan kinerjanya yang normal atau keandalannya dikatakan masih layak untuk digunakan.

Kata kunci: gardu induk, keserempakan kontak, pemutus tenaga, tahanan isolasi, tahanan kontak.

ABSTRACT

Circuit Breaker is one of the main equipment in the substation. Therefore, a study was conducted to determine the performance and feasibility of the Power Breaker. The purpose of this research is to find out the location of these workers who are still suitable for use or need to be replaced. The results of the insulation resistance test results obtained on average $300M\Omega$ are still below the VDE Catalog 228/4 standard. The contact test results for the values obtained for each phase below $50\mu\Omega$ are still below the IEC 60694 standard. The time of 0.1 ms contact simultaneity test results were still below the ABB manufacturer's standard, which is less than 10 ms. This means that the insulation of the material being tested is still in a safe condition. After carrying out tests and calculations, therefore the performance of the Circuit Breaker can carry out or make a trip according to its normal performance or capacity, it is said that it is still suitable for use.

Keywords: circuit breaker, contact resistance, contact synchronization, insulation resistance, substation

1. PENDAHULUAN

Gardu induk adalah salah satu komponen pada sistem penyaluran tenaga listrik yang memiliki peranan yang sangat penting karena merupakan penghubung pelayanan tenaga listrik ke konsumen. Keandalan dari suatu gardu induk didukung dengan kondisi peralatan- peralatan yang terdapat di gardu induk tersebut **(Tobing, 2003)**.

Gardu induk memiliki beberapa peralatan utama, salah satunya adalah Pemutus Tenaga atau *Circuit Breaker*. Pemutus Tenaga merupakan peralatan saklar/*switching* mekanis yang mampu menutup, mengalirkan dan memutuskan arus beban dalam kondisi normal serta mampu menutup, mengalirkan (dalam periode waktu tertentu) dan memutuskan arus beban dalam kondisi abnormal (seperti hubung singkat) **(Arismunandar, 2004)**.

Pemutus Tenaga adalah peralatan pemutus, yang berfungsi untuk memutus rangkaian listrik dalam keadaan berbeban. CB atau PMT dapat dioperasikan pada saat jaringan dalam kondisi normal maupun pada saat terjadi gangguan seperti arus hubung singkat, sesuai dengan ratingnya **(Aland, 2019; Susanto, 2018)**. Kerusakan pada PMT sangat merugikan atau mengganggu bagi keseluruhan operasi sistem tenaga listrik. Jika PMT tidak bekerja saat terjadi gangguan, maka arus gangguan tersebut akan merusak peralatan yang lain serta dapat menimbulkan ketidakstabilan sistem tenaga listrik. Dengan demikian, diharapkan dengan adanya pengujian, PMT dapat bekerja lebih lama dengan performa maksimal sehingga meningkatkan kualitas sistem tenaga listrik.

Adapun pengujian yang dilakukan pada PMT diantaranya pengujian tahanan isolasi. Pengujian tahanan isolasi yaitu proses pengukuran dengan suatu alat ukur untuk memperoleh besar tahanan isolasi pemutus tenaga antara bagian yang diberi tegangan fasa terhadap badan (*case*) yang ditanahkan maupun antara terminal masukan dengan terminal keluaran pada fasa yang sama dan nilai resistansi yang didapatkan tidak boleh melebihi nilai yang telah ditetapkan. Pada dasarnya pengujian tahanan isolasi adalah untuk mengetahui besar nilai kebocoran arus yang terjadi antara bagian yang bertegangan terminal atas dan terminal bawah terhadap tanah. Pengujian tahanan kontak yaitu pengujian yang bertujuan untuk mengetahui nilai resistansi pada pemutus tenaga yang diakibatkan adanya titik-titik sambungan yang menyebabkan timbulnya rugi-rugi daya. Semakin besar nilai tahanan kontak maka akan semakin besar rugi daya yang ditimbulkan. Pengujian keserempakan adalah pengujian yang bertujuan untuk mengetahui waktu kerja PMT secara individu serta untuk mengetahui keserempakan PMT pada saat *open* atau *close* dari batas waktu yang didapat tidak boleh melebihi batas waktu yang telah ditetapkan.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memperoleh data kinerja dari pemutus tenaga di PT Indonesia Power kamojang, apakah masih layak digunakan atau sudah perlu diganti. Tujuan lain dari penelitian ini adalah agar penulis mengetahui cara mengukur serta kegunaan dari alat alat yang telah digunakan pada pengujian tahanan isolasi, tahanan kontak dan keserempakan kontak.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan dalam penulisan jurnal ini adalah pengukuran dan perbandingan standar alat yang telah ditentukan dengan pengukuran yang telah dilakukan. Penelitian dilaksanakan di Pemutus Tenaga gardu induk pada sisi 6,3 kV di PT Indonesia Power Kamojang POMU dimulai dengan *study literature (Library Research)* (Surani, 2019) terhadap penelitian terdahulu untuk mengumpulkan data dan dilanjutkan dengan sejumlah pengujian pada PMT telah ditentukan dari pabrik pembuat dan sebagai data acuan. Untuk menunjang pelaksanaan penelitian, diperlukan bahan dan alat pada penelitian ini yang meliputi data tahanan isolasi, tahanan kontak dan keserempakan kontak, insulation tester, microohm meter, *circuit breaker analyzer*. Metode penelitian ini merupakan tahapan-tahapan penelitian untuk mencapai tujuan penelitian. Pengukuran yang dilakukan terdiri dari :

1. Pengukuran tahanan isolasi

Untuk mengukur tahanan isolasi digunakan *Insulation tester*. *Insulation tester* adalah alat untuk mengukur besarnya nilai tahanan isolasi. Hal-hal yang perlu diperhatikan sebelum melaksanakan pengukuran adalah alat yang diukur harus bebas tegangan AC / DC atau tegangan induksi, karena tegangan tersebut akan mempengaruhi hasil ukur. *Insulation tester* seri MIT 1025 dan laksanakan sesuai prosedur pengukuran sebagai berikut :

- 1) Menentukan titik ukur yang akan diukur diantaranya : atas - bawah, atas – *ground*, bawah - *ground*.
- 2) Pengukuran dilakukan dengan cara menghubungkan alat ukur yaitu Megger seri MIT1025 dengan titik ukur yang sudah ditentukan pada pemutus tenaga.
- 3) Pengukuran dilakukan secara bertahap pada masing-masing fasa.
- 4) Setelah dilakukan pengukuran. Catatlah hasil pengukuran yang sudah dilakukan yang di tampilkan pada megger.

2. Pengukuran tahanan kontak

Untuk mengukur tahanan kontak digunakan Microohm Meter. Microohm Meter adalah alat ukur untuk mengukur besarnya nilai tahanan kontak. Pengukuran dilakukan dengan cara :

- 1) Menentukan titik ukur yang akan diukur, yaitu atas dan bawah.
- 2) Pengukuran dilakukan dengan cara menghubungkan alat ukur Microohm Meter dengan titik ukur yang sudah ditentukan pada pemutus tenaga.
- 3) Pengukuran dilakukan secara bertahap pada masing-masing fasa.
- 4) Setelah dilakukan pengukuran. Catatlah hasil pengukuran yang sudah dilakukan pada Microohm Meter.

3. Pengukuran keserempakan kontak

Untuk mengukur keserempakan kontak digunakan Circuit Analyzer Breaker. Circuit Analyzer Breaker adalah alat untuk mengukur besarnya nilai keserempakan kontak. Pengukuran dilakukan dengan cara :

- 1) Menentukan titik ukur yang akan di ukur, yaitu pada saat keadaan open dan close.
- 2) Pengukuran dilakukan dengan cara menghubungkan alat ukur yaitu Circuit Analyzer Breaker dengan titik ukur yang telah ditentukan pada pemutus tenaga.
- 3) Pengukuran dilakukan secara bersamaan atau dihubungkan pada ketiga fasa secara bersamaan.
- 4) Setelah dilakukan pengukuran. Catatlah hasil pengukuran yang sudah dilakukan yang ditampilkan pada Circuit Analyzer Breaker.

2.1 Bahan Penelitian

Bahan pada penelitian ini adalah PMT pada gardu induk 6,3 kV di PT Indonesia Power Kamojang.

2.2 Alat yang digunakan

1. Megger (Mega Ohmmeter) MIT1025

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah Megger (Mega Ohmmeter) MIT1025. Megger adalah alat ukur yang digunakan untuk mengukur atau menguji tahanan isolasi pada PMT. Prinsip kerjanya yaitu memberikan tegangan dari alat ukur ke isolasi peralatan yaitu sebesar 5 kV, lalu diukur nilai arus bocornya. Setelah arus bocor ditemukan maka sesuai dengan hukum ohm yaitu $V = I \times R$. Maka akan didapat tahanan isolasinya yaitu dengan cara tegangan uji dibagi dengan arus bocor yang terbaca. Berikut adalah megger MIT1025 pada Gambar 1.



Gambar 1. Megger MIT1025

2. Micro Ohmmeter

Micro Ohmmeter adalah suatu alat ukur yang digunakan untuk mengukur tahanan kontak pemutus tenaga (PMT). Prinsip kerjanya sama seperti alat ukur tahanan murni (Rdc), singkatnya yakni pada kontak yang menutup atau sambungan dialiri arus listrik dc yakni sebesar 100 Ampere, kemudian diukur berapa besar tegangan pada kontak atau sambungan tersebut, dari hasil tegangan yang diperoleh maka akan didapat nilai tahanan kontak dengan rumus $R = V / I$. diperlihatkan pada Micro Ohmmeter pada Gambar 2.



Gambar 2. Micro Ohmmeter

3. Breaker Analyzer System

Breaker analyzer (gambar 3) adalah suatu alat ukur yang digunakan untuk mengukur keserempakan pemutus tenaga (PMT). Prinsip kerjanya secara mendasar adalah ketika *pole* 1, *pole* 2 dan *pole* 3 *close* di ujung kabel masing-masing terdapat tegangan yang nantinya jadi trigger kondisi *pole* tersebut sudah tertutup atau tidak.



Gambar 3. Breaker Analyzer System

2.3 Rumus yang digunakan

1. Rumus tahanan isolasi

Dalam Pengukuran Tahanan Isolasi setelah arus bocor ditemukan maka sesuai dengan Hukum Ohm yaitu sesuai persamaan (1).

$$V = I \times R \quad (1)$$

Maka akan didapat tahanan isolasinya yaitu dengan cara tegangan uji dibagi dengan arus bocor yang terbaca dengan rumus sesuai persamaan (2).

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

Untuk rumus mencari arus bocor menggunakan persamaan (3)

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

Keterangan:

I = Arus (Ampere)
V = Tegangan (Volt)
R = Resistansi (Ohm)

2. Rumus tahanan kontak

Digunakannya arus sebesar 100 ampere karena pembagian dengan angka 100 A akan memudahkan dalam menentukan nilai tahanan kontak dan lebih cepat. Sambungan antara konduktor dengan PMT atau peralatan lain merupakan tahanan kontak yang syarat tahananannya memenuhi kaidah Hukum Ohm seperti persamaan (1). Jika didapat kondisi tahanan kontak sebesar 1 Ohm dan arus yang mengalir adalah 100 Ampere maka besar rugi daya yang ditimbulkan akibat tahanan kontak dapat dirumuskan dengan persamaan (4).

$$P_{loss} = I^2 \cdot R \quad (4)$$

Keterangan:

P_{loss} = Rugi Daya (Watt)
I = Arus (Ampere)
R = Resistansi (Ohm)

3. Rumus keserempakan kontak

Untuk keserempakan kontak dapat dihitung dengan membandingkan selisih nilai tertinggi dengan nilai terendah. Berdasarkan standar yang telah ditetapkan selisih waktunya adalah ≤ 10 ms dengan dirumuskan pada persamaan (5).

$$\Delta t = t_{maks} - t_{min} \quad (5)$$

Keterangan:

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

3. HASIL DAN ANALISIS

Pada penelitian ini dilakukan tiga pengujian yang menunjang kinerja dari PMT tersebut, diantaranya:

1. Pengujian Tahanan Isolasi

Pada dasarnya pengujian tahanan isolasi Pemutus Tenaga adalah untuk mengetahui besar (nilai) kebocoran arus yang terjadi antara terminal atas, terminal bawah dan *ground*. Posisi PMT pada saat pengujian tahanan isolasi adalah dalam keadaan *open*. Pada pengujian tahanan isolasi ini terdapat 3 titik ukur pengujian yaitu titik ukur antara terminal atas dengan bawah, titik ukur antara terminal atas dengan *ground* dan titik ukur antara terminal bawah dengan *ground*. Batasan tahanan isolasi PMT sesuai Buku Pemeliharaan SE.032/PST/1984 dan menurut standar VDE (Catalogue 228/4) minimal besarnya tahanan isolasi pada suhu operasi dihitung "1 kV = 1 M Ω ". Kebocoran arus yang diijinkan setiap kV = 1 mA. Hasil pengujian tahanan isolasi PMT pada Gardu Induk 6,3 kV di PT Indonesia Power dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Pengujian Tahanan Isolasi 10 Januari 2021

Titik Ukur	Tegangan (V)	Hasil Pengukuran (M Ω)		
		Fasa R	Fasa S	Fasa T
Atas – Bawah	5.000	400.000	400.000	400.000
Atas – <i>Ground</i>	5.000	400.000	400.000	400.000
Bawah – <i>Ground</i>	5.000	400.000	400.000	400.000

Hasil pengujian tahanan isolasi PMT pada Gardu Induk 6,3 kV di PT Indonesia Power dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Pengujian Tahanan Isolasi 13 Januari 2022

Titik Ukur	Tegangan (V)	Hasil Pengukuran (M Ω)		
		Fasa R	Fasa S	Fasa T
Atas – Bawah	5.000	200.000	200.000	200.000
Atas – Ground	5.000	200.000	200.000	200.000
Bawah – Ground	5.000	200.000	200.000	200.000

Dari data pengujian menunjukkan bahwa setiap fasa memiliki nilai ketahanan atau kemampuan isolasi yang sama. Nilai yang sama tersebut dipengaruhi dari kondisi pada masing-masing isolator. Jika pada isolator terdapat banyak debu atau kotoran maka akan sangat mempengaruhi kemampuan pada isolator tersebut. Hasil pengujian tahanan isolasi PMT yang diperoleh pada tanggal 10 Januari 2021 dan tanggal 13 Januari 2022 baik pada fasa R, S, T masing-masing nilai masih jauh di bawah nilai kebocoran yang diizinkan yaitu 1 kV = 1 mA (**VDE Catalogue 228/4**). Hasil pengujian tahanan isolasi dan perhitungan arus bocor yang diperoleh maka dapat dipastikan bahwa material isolasi yang diuji pada PMT tersebut masih dalam kondisi baik dan aman sesuai standar. Apabila hasil yang diperoleh masih di bawah standar setelah dilakukan pengujian, maka disarankan untuk mengganti PMT tersebut dengan PMT yang baru dengan kemampuan isolasi yang lebih baik.

2. Pengujian Tahanan Kontak

Pengujian ini dilakukan bertujuan untuk mengetahui nilai resistansi pada Pemutus Tenaga yang diakibatkan adanya titik-titik sambungan yang menyebabkan timbulnya rugi-rugi serta untuk memastikan kontak tetap (*fixed contact*) dan kontak bergerak (*moving contact*) di dalam PMT terhubung dengan baik. Pertemuan dari beberapa konduktor menyebabkan suatu hambatan terhadap arus yang melaluinya sehingga akan terjadi panas dan menjadikan kerugian teknis. Rugi ini sangat signifikan jika nilai tahanan kontakannya tinggi. Batasan nilai tahanan kontak PMT berdasarkan standar IEC 60694 nilai $R \leq 50 \mu\Omega / 120\%$ Nilai Fat. Hasil pengujian tahanan kontak PMT pada Gardu Induk 6,3 kV di PT Indonesia Power dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Pengujian Tahanan Kontak 10 Januari 2021

Titik Ukur	Standar	Hasil Pengukuran ($\mu\Omega$)		
		Fasa R	Fasa S	Fasa T
Atas – Bawah	IEC 60694 $R \leq 50 \mu\Omega / 120\%$ Nilai FAT	19,3	23,1	20,9

Hasil pengujian tahanan kontak PMT pada Gardu Induk 6,3 kV di PT Indonesia Power dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4 Pengujian Tahanan Kontak 13 Januari 2022

Titik Ukur	Standar	Hasil Pengukuran ($\mu\Omega$)		
		Fasa R	Fasa S	Fasa T
Atas – Bawah	IEC 60694 $R \leq 50 \mu\Omega / 120 \%$ Nilai FAT	22,9	20,8	21,1

Dari hasil pengujian tahanan kontak pada tanggal 10 Januari 2021 dan 13 Januari 2022 sesuai titik ukur dan fasa R, S, T mempunyai nilai tahanan yang berbeda. Hasil Pengujian tahanan kontak sesuai titik ukur dan pada fasa R, S, T semua hasil dari pengujian yang telah dilakukan telah memenuhi standar nilai $R \leq 50 \mu\Omega / 120\%$ Nilai Fat. **(IEC 60694)**. Hasil perhitungan rugi-rugi daya yang telah dihitung mendapat hasil kerugian yang sangat kecil, hal tersebut dipengaruhi dari hasil pengujian tahanan kontak yang telah memenuhi standar.

3. Keserempakan kontak

Pengujian keserempakan PMT bertujuan untuk mengetahui waktu kerja PMT secara individu serta untuk mengetahui keserempakan PMT pada saat menutup ataupun membuka. Apabila PMT tidak membuka atau menutup secara serempak pada fasa R, S, dan T akan menyebabkan gangguan di dalam sistem tenaga listrik dan menyebabkan sistem proteksi bekerja. Oleh karena itu perlu dilakukan pengujian untuk mengetahui perbedaan waktu yang terjadi antar fasa R, S, T pada saat PMT membuka dan menutup serta keserempakan PMT pada saat membuka dan menutup. Untuk toleransi perbedaan waktu pada pengujian keserempakan kontak PMT, yang terjadi antar fasa R, S dan T pada waktu PMT membuka atau menutup ditentukan dengan melihat nilai delta *time* (Δt) yang merupakan selisih waktu tertinggi dan terendah antar fasa R, S, T sewaktu membuka atau menutup kontak. Delta *time* inilah yang menunjukkan keserempakan dari suatu PMT. Batasan nilai selisih waktu keserempakan yaitu $\Delta t \leq 10$ ms berdasarkan referensi dari pabrikan ABB. Berikut adalah hasil pengujian keserempakan kontak PMT pada Gardu Induk 6,3 kV di PT Indonesia Power Kamojang dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5 Pengujian Keserempakan Kontak 10 Januari 2021

Titik Ukur	Hasil Pengukuran (ms)			Selisih Waktu (ms)
	Fasa R	Fasa S	Fasa T	
<i>Open</i>	27,6	27,6	27,5	0,1
<i>Close</i>	47,8	47,7	48,0	0,3

Hasil pengujian keserempakan kontak PMT pada Gardu Induk 6,3 kV di PT Indonesia Power Kamojang dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6 Pengujian Keserempakan Kontak 13 Januari 2022

Titik Ukur	Hasil Pengukuran (ms)			Selisih Waktu (ms)
	Fasa R	Fasa S	Fasa T	
<i>Open</i>	25,5	25,4	25,5	0,1
<i>Close</i>	40,8	41,0	40,8	0,2

Hasil pengujian keserempakan kontak pada tanggal 10 Januari 2021 didapatkan hasil perhitungan selisih waktu pada saat PMT pada posisi *open* yaitu 0,1 ms dan pada saat PMT posisi *close* yaitu 0,3 ms. Untuk hasil pengujian pada tanggal 13 Januari 2022 didapatkan hasil perhitungan selisih waktu pada saat PMT pada posisi *open* yaitu 0,1 ms dan pada saat PMT pada posisi *close* yaitu 0,2 ms. Artinya nilai yang didapat dari kedua pengujian dan perhitungan sudah memenuhi standar Batasan nilai selisih waktu yaitu $\Delta t \leq 10$ ms berdasarkan referensi dari pabrikan ABB. Sehingga PMT tersebut masih dapat melakukan trip sesuai dengan kinerja keserempakan yang normal atau keandalannya masih dapat teratasi sehingga masih dikatakan layak untuk digunakan.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa dari pengujian dan perhitungan pada PMT Gardu Induk 6,3 kV di PT Indonesia Power, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Dari hasil pengujian tahanan isolasi pada saat pemeliharaan, nilai yang diperoleh dari pengukuran tahanan isolasi dan perhitungan arus bocor hasilnya telah memenuhi standar VDE (*Catalogue 228/4*) minimum besarnya tahanan isolasi pada suhu operasi dihitung " $1 \text{ kV} = 1 \text{ M}\Omega$ ". Dengan catatan $1 \text{ kV} =$ besarnya tegangan fasa terhadap tanah, kebocoran arus yang diijinkan setiap kV = 1 mA. Nilai yang diperoleh rata-rata $300 \text{ M}\Omega$, artinya material isolasi yang diuji masih dalam kondisi baik dan aman.
2. Hasil pengujian tahanan kontak sesuai titik ukur dan pada fasa R, S, T semua hasil dari pengujian yang telah dilakukan telah memenuhi standar IEC 60694 nilai $R \leq 50 \mu\Omega / 120 \% \text{ Nilai Fat}$. Dari hasil perhitungan rugi-rugi daya yang telah dihitung telah mendapat hasil kerugian yang sangat kecil, hal ini dipengaruhi dari hasil pengujian tahanan kontak yang telah memenuhi standar.
3. Sesuai hasil perhitungan selisih waktu keserempakan pada PMT Gardu Induk 6,3 kV di PT Indonesia Power mendapatkan hasil yang telah memenuhi syarat standar yang telah ditentukan yaitu $\Delta t \leq 10$ ms berdasarkan referensi dari pabrikan ABB
4. Setelah melakukan pengujian dan perhitungan dari tahanan isolasi didapat nilai rata-rata $300 \text{ M}\Omega$, tahanan kontak didapat nilai rata-rata $50 \mu\Omega$ dan keserempakan kontak didapat nilai rata-rata 0,1 ms. Maka dari itu kinerja dari PMT pada Gardu Induk 6,3 kV di PT Indonesia Power tersebut dapat melaksanakan atau melakukan trip sesuai dengan kinerjanya yang normal atau keandalannya dikatakan masih layak untuk dipakai.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ucapkan terimakasih kepada PT. Indonesia Power Kamojang POMU atas arahan dan bimbingan serta data-data yang diberikan untuk menyelesaikan penelitian ini.

DAFTAR RUJUKAN

- IEC 60694 ed.2.2:2002-01. (2002). Common Specifications for high-voltage switchgear and controlgear standards.
- VDE Catalogue (228/4), 1995.
- Tobing, Bonggas, L. (2003). *Peralatan Tegangan Tinggi*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama. Hal 78-83
- Arismunandar, Kuwuhara, Susumu. (2004). *Buku Pegangan Teknik Tenaga Listrik*. Jakarta: PT Pradinya Pramita. Hal 8
- Saghawari, Aland, A., Tumaliang, H., Tulung, N. (2019). *Analisa Kinerja Circuit Breaker Saat Gangguan Pada Sisi 70 KV Di Gardu Induk Teling*. Repository Universitas Sam Ratulangi hal. 1-8, .
- Surani, D. (2019). Studi literatur: Peran teknolog pendidikan dalam pendidikan 4.0. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan FKIP, 2(1), hal 456–469*.
- Susanto, A., Kurnianto, R., Rajagukguk, M. (2018). Analisa Kelayakan Pemutus Tenaga (PMT) 150 KV Berdasarkan Hasil Uji Tahanan Isolasi, Tahanan Kontak dan Keserempakan Kontak di Gardu Induk Singkawang. *Jurnal J3EIT*.