

ANALISIS TERJADINYA GAGAL TRIP PENYULANG KACA PIRING PADA SISTEM KUBIKEL 20 KV GARDU INDUK KEBON JERUK

Bayu Kusumo

Universitas Krisnadwipayana

Email: bayu_kusumo@unkris.ac.id

Kata kunci:

Tripping Coil, Incoming, penyulang, Moment Over Current (MOC)

Keywords:

Tripping Coil, Incoming, feeder, Moment Over Current (MOC)

ABSTRAK

Dalam sistem distribusi tenaga listrik terdapat serangkain peralatan yang digunakan untuk menyalurkan energi listrik terdapat salah satu serangkaian peralatan tersebut adalah Circuir Breaker (CB), Tripping Coil yang berfungsi sebagai peralatan pemutus dan penghubung ketika adanya gangguan pada kubikel 20 kV. Hal yang menjadi permasalahan pada sistem distribusi tersebut adalah kegagalan trip pada penyulang 20 kV yang dapat menyebabkan Incoming 150 kV padam yang di akibatkan oleh gagalnya trip kubikel penyulang yang mengalami gangguan. Pada gangguan ini dilakukannya pengecekan dan pengujian pada kubikel 20 kV, yaitu pada PMT bagian mekanik Circuit Breaker (CB) yang diakibatkan adanya bagian Tripping Coil Open pada PMT yang tidak bekerja untuk mengopenkan PMT pada saat terjadinya gangguan. Serta kubikel mengalami gangguan Moment Over Current (MOC) yang terbaca pada relay proteksi..

ABSTRACT

In the electric power distribution system there is a series of equipment used to distribute electrical energy. One of these equipment is the Circuir Breaker (CB), Tripping Coil which functions as a breaker and connecting device when there is a disturbance in the 20 kV cubicle. The problem with the distribution system is the trip failure of the 20 kV feeder which can cause the Incoming 150 kV to go out which is caused by the failure of the feeder trip cubicle which is experiencing interference. During this disturbance, checking and testing was carried out on the 20 kV cubicle, namely on the PMT circuit breaker (CB) mechanical part which was caused by the Tripping Coil Open section of the PMT which did not work to open the PMT at the time of the disturbance. As well as cubicles experiencing Moment Over Current (MOC) disturbances which are read on the protection relay.

PENDAHULUAN

Proses penyaluran listrik terutama jaringan 20 kV sering terdapat gangguan pada Gardu Induk, Gardu Distribusi, dan Gardu Hubung. Terjadinya gangguan biasanya terdapat pada kubikel 20 kV. Dampak dari gangguan kubikel mempengaruhi kualitas penyaluran listrik dan dapat mempengaruhi aktivitas pelanggan. Kerusakan pada PMT memiliki pengaruh yang cukup besar dalam pengoperasian sistem tenaga listrik sehingga akan mengakibatkan kerugian. Selain itu sistem operasi tenaga listrik akan menjadi terganggu. Untuk itu perlu dilakukannya pemeliharaan pada PMT agar dapat berfungsi sesuai dengan standard kinerjanya. Pemeliharaan pada PMT ini dapat berguna untuk meningkatkan kehandalan, menjamin mutu dan menjaga kontinuitas penyaluran tenaga listrik. Adapun pemeliharaan yang dilakukan yaitu dengan melakukan beberapa pengujian, salah satu diantaranya yaitu pengujian tahanan kontak, tahanan isolasi, dan

Analisis Terjadinya Gagal Trip Penyulang Kaca Piring Pada Sistem Kubikel 20 Kv Gardu Induk Kebon Jeruk

keserempakan (breaker analyzer). Pengujian keserempakan (breaker analyzer) adalah pengujian yang dilakukan untuk mengukur keserempakan dari tiap fasa pada saat PMT membuka (open) dan menutup (close). Pada saat PMT dalam keadaan membuka (open) maka akan ada arus yang mengalir pada tiap fasanya dan ketika PMT dalam keadaan menutup (close) maka akan memutuskan aliran arus. Sehingga pada pengujian keserempakan ini pada dasarnya digunakan untuk mengukur kecepatan waktu pada saat PMT membuka dan menutup antar fasanya. Pada saat sakelar membuka dan menutup kecepatan waktu open dan close antar fasa harus sama dan tidak diperbolehkan melebihi dari standar batas waktu yang sudah ditetapkan.

Batasan Masalah:

Mengingat masalah dari kejadian gagal tripnya Penyulang Kaca Piring di Gardu Induk Kebon Jeruk yang terjadi, maka penulis hanya membatasi masalah seperti:

1. Pembahasan yang digunakan adalah Tripping Coil Open PMT 20 kV, waktu kinerja PMT.
2. Alat uji yang digunakan adalah test keserempakan, test relay. Semua alat ini yang sudah disediakan oleh PLN untuk mencari permasalahan kegagalan trip PMT 20 kV penyulang Kaca Piring gardu Induk Kebon Jeruk, dan untuk menguji kelayakan atau tidaknya PMT untuk dioperasikan lagi.
3. Power menggunakan 110 Vdc dan 220 Vac, Karena kubikel hanya mendapatkan 2 suplai sumber untuk PMT yaitu sumber 110 Vdc untuk prangkat proteksi meter, dan tripping coil close dan open PMT, sumber 220 Vac untuk motor spring charge PMT dan Pemanas suhu kubikel (Heater).

Rumusan Masalah:

Berdasarkan latar belakang yang di uraikan di atas, maka rumusan masalah yang dikaji ini bertujuan untuk:

1. Bagaimana kinerja Tripping Coil PMT 20 kV penyulang Kaca Piring apabila diterapkan pada penyulang sistem distribusi di Gardu Induk Kebon Jeruk?
2. Bagaimana analisis penggunaan Tripping Coil PMT penyulang Kaca Piring dengan membuat perencanaan settingan pada mekanik PMT untuk penyulang Kaca Piring di Gardu Induk Kebon Jeruk?
3. Bagaimana perbandingan standar umum dengan indeks konfigurasi system penyulang yang ada pada Gardu Induk Kebon Jeruk dalam 1 tahun terakhir?
4. Bagaimana perbandingan PMT 20 kV penyulang Kaca Piring dengan penyulang lainnya?

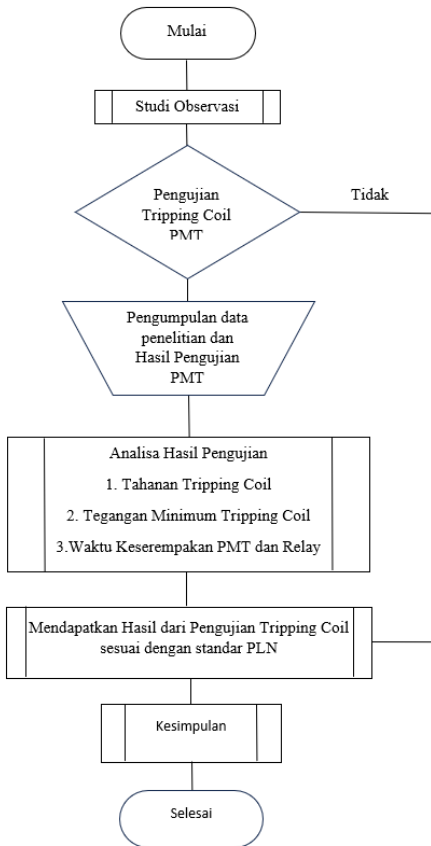
METODE

Desain Penelitian

Penelitian dilakukan dengan beberapa tahapan yaitu : tahap pertama peneliti mulai mencari dan memahami seputar jurnal-jurnal atau tugas akhir terdahulu terkait penelitian yang akan dibahas, tahap kedua peneliti mulai melakukan observasi pada tempat yang akan dilakukan penelitian, tahap ketiga peneliti melakukan penelitian penyebab terjadinya gagal trip kubikel 20 kV penyulang Kaca Piring Gardu Induk Kebon Jeruk dengan melakukan penelitian , mencari penyebab terjadinya gagal trip pada penyulang Kaca Piring di Gardu Induk Kebon Jeruk yang

Analisis Terjadinya Gagal Trip Penyulang Kaca Piring Pada Sistem Kubikel 20 Kv Gardu Induk Kebon Jeruk

menyebabkan dampak begitu luas dari sisi 20 kV dan dampak bagi para konsumen. Dengan melakukan pengujian test relay, dan test keserempakan pada PMT kubikel penyulang Kaca Piring, tahap keempat peneliti melakukan tanya jawab komunikasi kepada pihak terkait kepada petugas Operator Gardu Induk Kebon Jeruk dan petugas Pemeliharaan Kubikel 20 kV yang ada di lapangan untuk pengambilan data-data hasil pengujian, tahap selanjutnya peneliti melakukan analisis pada data hasil pengujian dengan melakukan perhitungan pada hasil pengujian yang didapat dan memberikan kesimpulan terkait hasil pengujian yang dilakukan untuk dapat mengetahui penyebab terjadinya gagal trip kubikel 20 kV penyulang Kaca Piring Gardu Induk Kebon Jeruk yang di sebabkan oleh *Tripping Coil*. Berikut diagram alur prosedur penyusunan sebagai berikut:



Gambar 1 Flowchart Prosedur Penelitian

Metode Pengambilan Analisis

Metode analisis data yang digunakan peneliti yaitu menggunakan metode pendekatan *kuantitatif* dan *deskriptif, korelatif* dengan mengolah data-data hasil pengukuran yang diperoleh dan melakukan perhitungan terhadap hasil ukur yang didapatkan kemudian dengan menganalisis hasil perhitungan yang diperoleh dan mendeskripsikan perbandingan hasil pengukuran dan perhitungan data untuk menentukan kondisi kelayakan beroperasi pada kubikel dan PMT 20 kV penyulang Kaca Piring di Gardu In duk Kebon Jeruk pasca terjadinya gangguan yang menyebabkan gagal tripnya pada penyulang Kaca Piring.

1. Kronologis Terjadinya Kegagalan Trip PMT

Pada tanggal 28 Desember 2022 pada pukul 20.35 WIB, peneliti mendapati laporan bahwa telah terjadinya gagal Trip pada PMT 20 kV penyulang Kaca Piring bersamaan dengan terjadinya Trip *Incoming* 20 kV. Hal ini mengakibatkan busbar pada trafo 1 hilang tegangan yang disebabkan oleh penyulang Kaca Piring, sehingga beban – beban yang ada pada trafo 1 di tamping oleh trafo 3, sehingga tidak adanya terjadinya pemadaman yang sangat lama pada penyulang yang ada trafo 1. Peneliti merangkai kronologis terjadinya gagal Trip pada PMT penyulang Kaca Piring sebagai berikut:

- a. Pada pukul 20.35 WIB penyulang Kaca Piring mengalami gangguan, dengan beban 110 ampere.
- b. Indikasi relay gangguan pada penyulang Kaca Piring menunjukkan gangguan MOC pada relay.
- c. Relay sudah memerintahkan PMT untuk *open* melalui *Tripping Coil Open*, namun pada saat relay mengirim perintah *open* pada *Tripping coil*, *Tripping Coil Open* tidak mau bekerja untuk menggerakkan mekanik PMT untuk memutuskan tegangan.
- d. PMT dapat posisi *open* dengan cara manual, tidak bisa melalui *local remote* dan tidak bisa melalui *electric*.

Dengan adanya kejadian tersebut, tim pemeliharaan 20 kV New Senayan yang terdiri dari *Supervisor* 20 kV, *Supervisor* 150 kV, beserta petugas operator 20 kV yang pada saat itu bertugas segera melakukan *recovery* atau pengaman pada kubikel penyulang Kaca Piring. Yang dilakukan oleh petugas pemeliharaan 20 kV New Senayan adalah:

- a. Melakukan pengecekan pada sistem 20 kV dan 150 kV.
- b. Melakukan pengecekan sumber AC 220 dan sumber DC 110 bahwa kubikel tidak kehilangan sumber tegangan AC dan DC.
- c. Melaporkan untuk *recovery* penyulang Kaca Piring pada pusat pengatur beban 20 kV untuk melakukan penelitian penyebab gagalnya *open* PMT penyulang Kaca Piring yang disebabkan oleh tidak bekerjanya *Tripping Coil Open* pada PMT penyulang Kaca Piring.
- d. Melakukan pengujian pada PMT penyulang Kaca Piring, terdiri dari pengujian pengukuran nilai tahanan *Tripping Coil Open* dan *Tripping Coil Close* pada PMT penyulang Kaca Piring, melakukan pengujian test keserempakan dan test relay proteksi.

2. Pengecekan Fisik Tripping Coil dan Mekanik PMT 20 Penyulang Kaca Piring

Pengecekan pada PMT 20 kV ini untuk memastikan bahwa *Tripping Coil* pada PMT sebelum terjadinya gangguan PMT bekerja untuk memerintahkan *close* dan *open*nya PMT dengan baik dan tidak ada kendala, perintah dari relay kepada *Tripping Coil* untuk mengopen kan PMT sampai pada *Tripping Coil* dan terdapat sumber DC pada *Tripping Coil open / close* pada PMT. Karena *Tripping Coil* pada bagian PMT bagian utama sangat penting untuk memerintahkan PMT *open* pada saat terjadinya gangguan dalam sistem jaringan 20 kV, karena PMT mempunyai tugas untuk memutuskan tegangan pada saat terjadinya gangguan. Karena pada pembahasan ini penyebab terjadinya gagal trip penyulang Kaca Piring di akibatkan oleh pada PMT yang tidak mau keluar (*open*) pada saat terjadinya gangguan yang disebabkan oleh tidak bekerjanya *Tripping Coil*

Analisis Terjadinya Gagal Trip Penyulang Kaca Piring Pada Sistem Kubikel 20 Kv Gardu Induk Kebon Jeruk

Open pada PMT. *Tripping Coil* yang masih berfungsi pada kubikel Kaca Piring ini memiliki nilai tahan untuk *Tripping Coil Open* memiliki nilai tahanan 20.9 Ω dan untuk *Tripping Coil Close* memiliki nilai tahanan 25.4 Ω . Pada gangguan gagal tripnya penyulang Kaca Piring ini pada *Tripping Coil Open* tidak ada hasil tahanan sehingga pada saat relay bekerja untuk memrintahkan PMT untuk trip *Tripping Coil Open* tersebut tidak bekerja untuk mengtripkan PMT penyulang Kaca Piring di karenakan adanya hubungan singkat pada soket,terminal penghubung antara terminal relay dan *Tripping Coil* ,dan adanya kotoran karbon pada terminal penghubung antara terminal relay dan *Tripping Coil* yang menyebabkan *Tripping Coil* tidak mendapatkan tegangan yang sempurna, sehingga menyebabkan rod *Tripping Coil* tidak mampu untuk menggerakan mekanik PMT pada saat terjadinya gangguan.



Gambar 2 Gambar Pengukuran Nilai Tahanan Tripping Coil Penyulang Kaca Piring



Gambar 3 Gambar Hasil Nilai Tahanan Tripping Coil Open Penyulang Kaca Piring



Gambar 4 Gambar Hasil Nilai Tahanan Tripping Coil Close Penyulang Kaca Piring

Pengujian dan Pengambilan Data

Terdapat beberapa metode yang digunakan oleh peneliti dalam melaksanakan penelitian yaitu:

1. Studi Literatur

Pada metode ini studi literatur ini yang peneliti lakukan yaitu dengan memahami mengambil, memahami, dan menganalisa serta mengevaluasi dari refensi pada jurnal tugas akhir dari penelitian terlebih dahulu yang berkaitan dengan penelitian ini

2. Pada metode observasi ini peneliti melakukan tinjauan lokasi secara langsung pada tempat yang diteliti dengan melakukan pengecekan kondisi kubikel, kondisi PMT serta melakukan pengujian pada kubikel dan PMT 20 kV serta mengamati dan mencatat penyebab terjadinya gagal tripnya penyulang Kaca Piring kubikel 20 kV yang di sebabkan oleh tidak bekerjanya *tripping coil open* pada PMT, dengan melakukan pengujian pada PMT 20 kV yang jadi penyebab gagalnya trip penyulang kubikel 20 kV Penyulang Kaca Piring Gardu Induk Kebon Jeruk, serta mengamati dan mencatat hasil dari yang didapat dari pengujian pengukuran tahanan *Tripping Coil*, test keserempakan, dan test relay berupa simulasi gangguan pada penyulang. Data primer berupa data hasil pengukuran, sedangkan data sekunder data hasil pengukuran yang telah terukur sebelumnya.

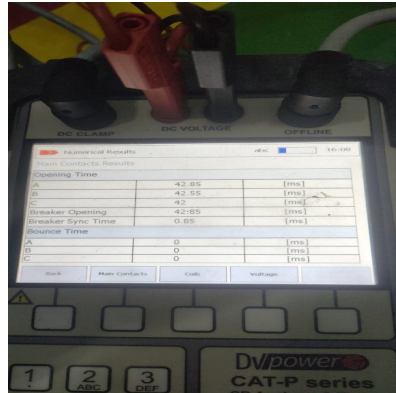
a. Pengujian Keserempakan PMT

Pengujian keserempakan bertujuan untuk menguji PMT untuk mengetahui nilai-nilai waktu pada saat PMT menghubungkan dan pada saat PMT memutus kontak pada PMT. Pengujian keserempakan ini dilakukan pada PMT penyulang Kaca Piring yang dimana terjadinya gagal trip yang menyebabkan PMT telah melewati batas waktu untuk trip yang di perintahkan oleh relay. Sehingga dengan adanya waktu yang lama untuk trip dan telah melewati setingan waktu relay, PMT *Incoming* 150 kV trip akibat telat melebihi setingan waktu relay *Incoming* 150 kV.



Gambar 5 Gambar Alat Uji Keserempakan PMT

Analisis Terjadinya Gagal Trip Penyulang Kaca Piring Pada Sistem Kubikel 20 Kv Gardu Induk Kebon Jeruk



Gambar 6 Hasil Uji Pengujian Keserempakan PMT

Pada saat terjadi gangguan pada sistem tenaga listrik, diharapkan PMT bekerja dengan cepat. *Clearing Time* sesuai dengan standart **SPLN No 52-1 1983** untuk sistem dengan tegangan 20 kV adalah < 10 mili detik. Kecepatan kontak PMT membuka dan / atau menutup harus disesuaikan dengan referensi / acuan dari masing – masing pabrikan PMT. Toleransi perbedaan waktu antar fasa R, S, dan T saat PMT beroperasi (*Open / Close*) ditentukan dengan melihat nilai Δt yang merupakan selisih waktu tertinggi dan terendah antar fasa R, S, dan T. Rekomendasi berdasarkan referensi untuk nilai Δt adalah < 10 ms.[5]

b. Pengujian Test Relay Proteksi

Pengujian relay proteksi bertujuan untuk pengujian yang dilakukan untuk mencari waktu yang diperlukan oleh PMT untuk mengirimkan sinyal kepada PMT untuk memutuskan jaringan ketika adanya gangguan. Dalam pengujian ini batas arus gangguan dan waktu relay dan PMT ketika adanya gangguan sudah di seting oleh relay. Jika waktu melebihi dari setingan relay pada saat pengujian maka akan di tindak lanjutkan untuk pengecekan relay dan PMT.



Gambar 7 Alat Uji Test Proteksi Relay



Gambar 8 Hasil Pengujian Test Proteksi Relay Waktu MOC.

HASIL DAN PEMBAHASAN

HASIL PENGUKURAN

Pengujian PMT dan Tripping Coil

Pengujian dilakukan dengan secara real dengan baik dan sesuai kejadian yang ada pada Gardu Induk Kebon Jeruk pada penyulang Kaca Piring.

Ada 2 pengujian dalam Analisa ini yaitu:

1. Pengujian Keserempakan pada PMT
2. Pengujian Relay Proteksi

Penulis menggunakan pengujian untuk mendapatkan kinerja *Tripping Coil* apabila terjadinya gangguan. Jika terjadinya suatu gangguan pada kubikel 20 kV gangguan yang telah melampaui batas standar setingan pada relay. Apabila terjadinya gangguan pada kubikel penyulang maka PMT akan mengopen dan memutuskan tegangan dari rell penyulang kearah kabel *indoor* penyulang untuk mengaman *system* yang ada pada gardu Induk supaya tidak adanya gangguan yang lebih besar pada Gardu Induk. PMT dapat bekerja apabila relay proteksi mengirimkan sinyal untuk bekerjanya *Tripping Coil Open* pada PMT untuk memutuskan tegangan dan mengaman pada sisi kubikel.

Bekerjanya *Tripping Coil* terdapat rangkaian dari relay menuju *Tripping Coil* supaya PMT dapat bekerja memutuskan PMT. Relay bekerja apabila terjadinya gangguan yang melebihi setingan pada relay dan relay mengirimkan sinyal untuk bekerjanya *Tripping Coil Open* pada PMT bahwa telah terjadinya gangguan pada penyulang Kaca Piring.

Rangkaian *Tripping Coil* PMT merupakan peralatan yang sangat vital memicu PMT memutuskan rangkaian listrik jika terjadinya gangguan pada jaringan. *Tripping Coil* adalah peralatan elektrik mekanis yang bekerja berdasarkan tegangan yang mengalir melewati belitan *coil* akan menimbulkan arus yang sangat besar sehingga menimbulkan medan magnet dan pergerakan pada *Tripping Coil* untuk menonjok mekanik PMT untuk memutuskan PMT.

Analisis Terjadinya Gagal Trip Penyulang Kaca Piring Pada Sistem Kubikel 20 Kv Gardu Induk Kebon Jeruk

Pengolahan Data

Dari data yang di dapatkan dilapangan kinerja waktu relay dan waktu kinerja *Tripping Coil* PMT untuk memutuskan PMT masih masuk dalam satuan ms, data yang didapat dari hasil pengujian adalah sebagai berikut:

- IR : Untuk mengukur arus (A) Persamaan....1
- VR : Untuk mengukur tegangan (V) Persamaan...2
- Δt : $t_{maks} + t_{min}$ (ms) Persamaan....3

Hasil pengukuran nilai tahanan *Tripping Coil* PMT 20 kV menggunakan *Avo* meter. Pada pengukuran tahanan *Tripping Coil* pada PMT penyulang Kaca Piring Gardu Induk Kebon Jeruk *Tripping Coil* mengalami peningkata dimana dari tahun November 2022 dimana nilai tahanan pada *Tripping Coil* PMT penyulang Kaca Piring ini masih dalam keadaan kondisi yang baik, sedangkan pada tahun 2023 *Tripping Coil* PMT penyulang Kaca Piring nilai tahanan *coil* terukur buruk yaitu diatas batas standar 110% Rnom, dimana pada pengukuran *Tripping coil* terjadinya naik dan turunnya nilai tahanan *Tripping Coil* pada saat dilakukannya senam PMT yang dilakukan pada setiap 1 bulan sekali. Dimana *Tripping Coil* PMT penyulang Kaca Piring ini megalami kenaikan tahanan pada saat senam PMT terakhir pada bulan 10 Januari 2023. Berikut adalah hasil table nilai tahanan pada *Tripping Coil* PMT penyulang Kaca Piring selama senam PMT:

Tabel 4. 1 Hasil Pengukuran Tahanan Tripping Coil Open dan Close

Titik Pengukuran	Tahanan Coil	Acuan	Bulan 11	Bulan 12	Bulan 1	Kesimpulan
Tripping Open	25 Ω	110 % Rnom	25,2 Ω	25,1 Ω	20,9 Ω	Hasil Dibawah Standar
Tripping Close	25 Ω		25,5 Ω	25,3 Ω	25,4 Ω	Normal



Gambar 4. 1 Hasil Pengukuran Tahanan Tripping Coil Open dan Close

Hasil Uji dan Perhitungan Data

Berdasarkan data kegiatan pengukuran nilai tahanan *coil* pada *Tripping Coil* PMT penyulang Kaca Piring, Evaluasi dan dari hasil pengukuran dan pengujian *Tripping Coil* PMT penyulang Kaca Piring di dapatkan nilai tahanan *Tripping Coil Open* yang buruk yaitu diatas nilai tahanan *Tripping Coil* standar 110% Rnom (<25,4Ω) yang terjadi pada bulan Januari 2023. Hasil pengukuran yang buruk sesuai dengan table rekap pengukuran tahanan *Tripping Coil Open* PMT penyulang Kaca Piring buruk. Terjadi degradasi pada *Tripping Coil Open*.

Langkah mencegah terjadinya gagal tripnya PMT yang disebabkan oleh *Tripping Coil* adalah:

1. Lakukan pengukuran pada *Tripping Coil* setiap 1 bulan bebarengan dengan adanya senam PMT.
2. Melakukan pengecekan pada terminal *Tripping Coil* jika terdapat kotoran yang menghambat tegangan ke *Tripping Coil* maka dilakukan *cleaning* dan pastikan kembali kekencangan baut terminal pada *Tripping Coil*.
3. Jika nilai tahanan pada *Tripping Coil* masih buruk dilakukan pengujian fungsi pada *Tripping Coil* dengan menggunakan alat keserempakan PMT dan alat uji Relay Proteksi untuk mengetahui apakah masih kuat untuk menggerakkan mekanik pada PMT 20 kV.
4. Jika pengujian fungsi *Tripping Coil* gagal maka dilakukan pergantian *Tripping Coil*. [7]

Hasil pengukuran tahanan *Tripping Coil* sebelum dan sesudah perbaikan

A. Sebelum dilakukan perbaikan *Tripping Coil*

Nilai tahanan *Tripping Coil* yang didapat dari hasil pengukuran dilapangan adalah 25.4 Ω, arus yang mengalir sebesar 3.10 A pada *tripping coil close* PMT penyulang Kaca Piring pengukuran pada bulan Januari 2023, dan 20.9Ω, arus yang mengali sebesar 2 A pada *tripping coil open* PMT penyulang Kaca Piring pada bulan Januari 2023, maka besaran Vnom yang mengalir pada *Tripping Coil* adalah:

a. Didapatkan nilai tahanan *Tripping coil open* sebelum dilakukan perbaikan,

$$V_{nom} = I \times R$$

$$V_{nom} = 2 \times 20.9$$

$$V_{nom} = 41.8 \text{Vdc} \dots \dots \dots (\text{Persamaan 2})$$

(*Rod Tripping Coil Open* tidak mampu untuk menggerakkan mekanik PMT pada saat terjadinya gangguan dengan nilai range Tegangan Vnom Coil 41.8 Vdc dan nilai dibawah Range standar *Tripping Coil*)

b. Didapatkan nilai tahanan *Tripping coil close*,

$$V_{nom} = I \times R$$

$$V_{nom} = 3.10 \times 25.4$$

$$V_{nom} = 78.74 \text{Vdc} \dots \dots \dots (\text{Persamaan 2})$$

Analisis Terjadinya Gagal Trip Penyulang Kaca Piring Pada Sistem Kubikel 20 Kv Gardu Induk Kebon Jeruk

(Rod Tripping Coil Close mampu untuk menggerakkan mekanik PMT pada saat penormalan PMT pasca kejadian gangguan dengan nilai range Tegangan Vnom Coil 78.74 Vdc dan nilai Range standar Tripping Coil)

Tabel 4. 2 Tabel Range Standar Tripping Coil

NO	Range Tegangan Vnom Coil	Keterangan
1	1.0 Vdc-30.0 Vdc	Pergerakan rod Tripping Coil lemah (tidak kuat menggerakkan PMT)
2	30.0 Vdc- 60.0 Vdc	Pergerakan rod Tripping Coil sedang (tidak cukup kuat menggerakkan PMT)
3	60.0 Vdc-77.0 Vdc	Pergerakan rod Tripping Coil cepat (kuat mendorong mekanik PMT)

Dari pengukuran *Tripping Coil* dilapangan Vnom yang mengalir pada pengukuran *Tripping Coil Open* pada PMT penyulang Kaca Piring di dapat nilai dibawah standar yang di izinkan oleh PLN dimana yang sudah dijelaskan pada table, *rod Tripping Coil Open* akan bekerja kurang optimal karena tegangan *Tripping Coil Open* pada PMT penyulang Kaca Piring tidak optimal sehingga tidak mampu untuk menggerakkan mekanik PMT untuk memutuskan PMT pada saat terjadinya gangguan. Kemudian dilakukan tindak lanjut pemeriksaan pada *Tripping Coil Open* untuk mengetahui apa penyebab dari nilai tahanan *Tripping Coil Open* yang rendah. Penyebab nilai tahanan *Tripping Coil* rendah pada saat pengecekan disebabkan oleh beberapa faktor yaitu:

1. Ditemukannya baut terminal yang kendor pada kabel dari Relay menuju kabel *Tripping Coil Open*.
2. Ditemukannya sisa karbon atau kotoran saat sisa terjadinya kebakaran pada Gardu Induk Kebon Jeruk berapa tahun lalu pada baut terminal Relay dan *Tripping Coil Open* sehingga menghambat tegangan menuju *Tripping Coil*.
3. Ditemukannya socket PMT *Tripping Coil Open* Penyulang Kaca Piring yang sudah rapuh.

B. Setelah dilakukan perbaikan Tripping Coil

Dimana jika nilai tahanan *Tripping Coil Open* yang didapatkan dari hasil pengukuran ulang dilapangan setelah dilakukan tindak lanjut *Tripping Coil Open*, pengukuran ulang pada *Tripping Coil Open* memiliki nilai tahanan sebesar 25.5 Ω , arus yang mengalir sebesar 3.10 A pada *Tripping Coil Open*, pada *Tripping Coil Close* memiliki nilai tahanan 25.4 Ω , arus yang mengalir sebesar 3.10 A, maka besar tegangan nominal yang mengalir pada titik pengukuran pengukuran tersebut adalah:

a. Didapatkan nilai tahanan *Tripping coil open* setelah dilakukan perbaikan,

$$V_{nom} = I \times R$$

Analisis Terjadinya Gagal Trip Penyulang Kaca Piring Pada Sistem Kubikel 20 Kv Gardu Induk Kebon Jeruk

$$V_{nom} = 3.10 \times 25.5$$

$$V_{nom} = 79.05 \text{ Vdc} \dots\dots\dots (\text{Persamaan 2})$$

(Rod *Tripping Coil Open* mampu untuk menggerakkan mekanik PMT pada saat terjadinya gangguan setelah di lakukannya perbaikan dengan nilai range Tegangan V_{nom} Coil 79.05 Vdc nilai Range sudah standar *Tripping Coil*)

b. Didapatkan nilai tahanan *Tripping coil close* setelah dilakukan pemeliharaan,

$$V_{nom} = I \times R$$

$$V_{nom} = 3.10 \times 25.4$$

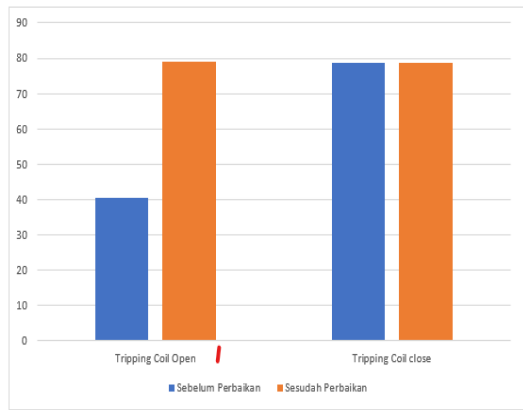
$$V_{nom} = 78.7 \dots\dots\dots (\text{Persamaan 2})$$

(Rod *Tripping Coil Close* mampu untuk menggerakkan mekanik PMT pada saat penormalan PMT pasca kejadian gangguan dengan nilai range Tegangan V_{nom} Coil 78.74 Vdc dan nilai range V_{nom} standar *Tripping Coil*)

Jadi dari hasil pengukuran dan perhitungan diatas, dimana nilai V_{nom} *Tripping Coil Open* setelah dilakukan perbaikan mendapatkan nilai sesuai standar PLN sehingga *Tripping Coil Open* dan *Close* pada PMT penyulang Kaca Piring dikatakan baik dan mampu untuk menggerakkan mekanik PMT penyulang Kaca Piring.

Tabel 4. 3 Hasil Pengukuran Sebelum dan Sesudah Tripping Coil

Titik Pengukuran	Sebelum	Sesudah	Kesimpulan
Tripping Open	41.8 Vdc	79.05 Vdc	Coil Mampu Menggerakkan Mekanik PMT
Tripping Close	78.74 Vdc	78.74 Vdc	Coil Mampu Menggerakkan Mekanik PMT



Gambar 4. 2 Hasil Pengukuran Sebelum dan Sesudah Tripping Coil

Hasil nilai tahanan *Tripping Coil* sesuai standar PLN maka dilakukannya tindaklanjut yaitu:

1. Dilakukannya pengencangan pada baut terminal kabel Relay dan *Tripping Coil* yang kendur.
2. Dilakukan pembersihan sisa karbon dan kotoran pada terminal yang menghambat tegangan dari Relay ke *Tripping Coil*.
3. Dilakukannya pergantian socket *PMT Tripping Coil Open* pada penyulang Kaca Piring.

Hasil Pengukuran Waktu *Tripping Coil* dan PMT sebelum dan sesudah perbaikan

Hasil perbedaan waktu yang terjadi antar fase R, S, T pada waktu PMT saat membuka atau menutup kontak dapat diketahui dari hasil pengukuran, sehingga pengukuran keserempakan sekaligus meliputi pengukuran waktu buka tutup PMT. Nilai yang dapat diketahui dalam pengukuran keserempakan adalah yang merupakan selisih waktu tertinggi dan terendah antara fase R, S, T sewaktu PMT *open* atau *close*. Berdasarkan standar PLN **SK/114/DIR/2010** tentang selisih waktu (Δt) yang di izinkan adalah 10 ms

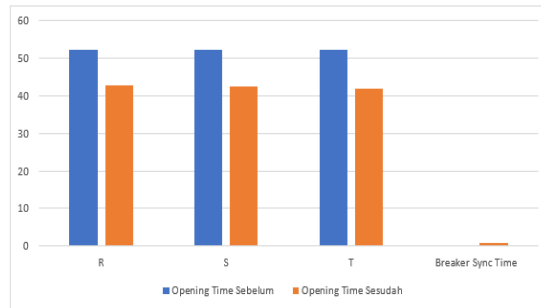
Hasil waktu pengukuran keserempakan pada bulan Januari 2023 pada saat PMT *open* sesudah dan pada saat PMT *open* sebelum adalah:

Tabel 4. 4 Hasil Pengujian Keserempakan Opening Sesudah

<i>Opening Time Sesudah</i>		
R	42.85	(ms)
S	42.55	(ms)
T	42	(ms)
<i>Breaker Opening</i>	42.85	(ms)
<i>Breaker Sync time</i>	0.85	(ms)

Tabel 4. 5 Hasil Pengujian Keserempakan Opening Sebelum

<i>Opening Time Sebelum</i>		
R	52.2	(ms)
S	52.15	(ms)
T	52.35	(ms)
<i>Breaker Opening</i>	52.35	(ms)
<i>Breaker Sync time</i>	0.2	(ms)



Gambar 4. 3 Hasil Pengujian Keserempakan Opening Sebelum dan Sesudah

Hasil waktu pengujian pada keserempakan PMT penyulang Kaca Piring yang didapat dari hasil pengujian dilapangan adalah dengan rata-rata 42 ms dengan phasa R, S, T pada saat PMT *opening* sesudah perbaikannya *Tripping Coil Open* dengan nilai Vnom Coil 79.05 Vdc *Tripping Coil Open* mampu menggerakkan mekanik PMT pada bulan Januari 2023, dan nilai rata-rata 52 ms dengan phasa R, S, T pada saat sebelum dilakukannya perbaikan *Tripping Coil Open* memiliki nilai Vnom coil 41.8 Vdc *Tripping Coil Open* tidak mampu menggerakkan PMT *opening* sebelum pada bulan Januari 2023. Pengujian keserempakan ini dilakukan setelah dilakukannya pengecekan pada wiring kubikel dan pengecekannya pada saat *Tripping Coil Open* memiliki Vnom *Tripping Coil Open* 79.05 Vdc dimana *Tripping Coil Open* mampu menggerakkan mekanik PMT secara sempurna. Waktu yang dihasil kan pada saat pengujian untuk PMT phasa R, S, T masih dalam hasil waktu yang sama.[8]

Berikut nilai standar keserempakan berdasarkan standar **SPLN No 52-1 1983**:

- Sistem 20 kV < 10 milidetik
- Sistem 70 kV < 150 milidetik
- Sistem 150 kV < 120 milidetik
- Sistem 500 kV < 90 milidetik

Hasil Pengujian Test Proteksi pada Relay sebelum dan sesudah perbaikan

Pengujian test Proteksi ini pada relay bertujuan untuk menguji Relay bahwa memberikannya simulasi gangguan pada relay dengan menggunakan alat Proteksi ini, dan dimana relay dapat bekerja sesuai dengan setingan waktu pada saat terjadinya gangguan pada penyulang Kaca Piring. Pada saat terjadinya gangguan terjadi relay dapat bekerja dan mengirimkan perintah untuk memutuskan PMT melalui *Tripping Coil Open*, jika sudah mengirimkan perintah pada *Tripping Coil Open* maka *Tripping Coil* akan memerintahkan mekanik untuk memutuskan PMT pada saat adanya gangguan. Apabila relay sudah mengirim perintah untuk memutuskan pada *Tripping Coil* dan *Tripping Coil* tidak mau bekerja maka relay akan melebihi waktu setingan dan akan memutuskan PMT *Incoming* 150 kV. Relay pada penyulang Kaca Piring ini memiliki rasio 600/5.

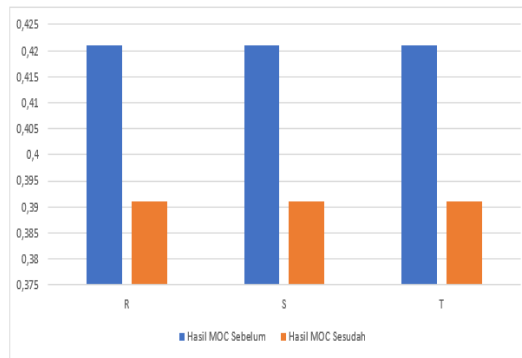
Analisis Terjadinya Gagal Trip Penyulang Kaca Piring Pada Sistem Kubikel 20 Kv Gardu Induk Kebon Jeruk

Tabel 4. 6 Hasil Pengujian Proteksi Relay Sebelum Perbaikan

SETTING RELAY	RATIO	KARAKTERISTIK	I >	<i>tms</i>	I >>	td	Io >	<i>tms</i>	Io >>	td
	CT		2.65	0.15	36.65	0.3	1	0.12	7.3	0.3
	600	INVERS								
Phasa	Uji Pick Up/Drop		Uji Trip PMT							
	Ip	Id	I Moment	Time	Keterangan					
R-S	2,730	2,688	36,65	0,403	Waktu relay melebihi settingan Incoming					
S-T	2,730	2,688	36,65	0,403	Waktu relay melebihi settingan Incoming					
T-R	2,730	2,688	36,65	0,403	Waktu relay melebihi settingan Incoming					

Tabel 4. 7 Hasil Pengujian Proteksi Relay Sesudah Perbaikan

SETTING RELAY	RATIO	KARAKTERISTIK	I >	<i>tms</i>	I >>	td	Io >	<i>tms</i>	Io >>	td
	CT		2.65	0.15	36.65	0.3	1	0.12	7.3	0.3
	600	INVERS								
Phasa	Uji Pick Up/Drop		Uji Trip PMT							
	Ip	Id	I Moment	Time	Keterangan					
R-S	2,730	2,688	36,65	0,393	Waktu relay sesuai settingan penyulang					
S-T	2,730	2,688	36,65	0,393	Waktu relay sesuai settingan penyulang					
T-R	2,730	2,688	36,65	0,393	Waktu relay sesuai settingan penyulang					



Gambar 4. 4 Hasil Waktu Relay MOC Sebelum dan Sesudah

Hasil pengujian test proteksi pada relay penyulang Kaca Piring yang didapat pada hasil pengujian dilapangan adalah dengan rata-rata waktu sesuai dengan setingan relay pada saat dilakukannya pengujian, relay bekerja susai dengan setting waktu yang telah di setting dan mengirimkan perintah *Tripping Coil* dengan baik. Pengujian diatas merupakan pengujian dimana hasil waktu setingan relay dan PMT di gabungkan maka akan ada hasil waktu yang tepat untuk relay dan PMT untuk memutuskan tegangan bila adanya terjadinya gangguan. Nilai dimana pengujian dilakukan pada relay penyulang Kaca Piring dimana pada saat terjadinya gangguan Penyulang Kaca Piring mengalami gangguan MOC (*Moment Over Current*) mendapatkan waktu Relay Trip Time 0.351 m.



Gambar Hasil Waktu Pengujian Test Proteksi Relay Tanpa PMT

Gambar diatas merupakan hasil waktu relay pada saat pengujian test proteksi tanpa PMT dimana pengujian tersebut untuk mengetahui apa relay bekerja sesuai dengan settingan pada saat terjadinya gangguan MOC (*Moment Over Current*), hasil pengujian diatas relay sudah sesuai dengan setinggan waktu pada saat terjadinya gangguan.[9]

Dimana penyebab terjadinya gagal trip penyulang Kaca Piring yang di akibat oleh *Tripping Coil Open* PMT penyulang Kaca Piring diakibatkan karena adanya masalah pada terminal Relay ke *Tripping Coil* yang diakibatkan karena adanya baut kendur, karbon pada terminal, dan soket yang rapuh, dimana penyebab tersebut dapat menghambat suplai tegangan DC yang masuk pada *Tripping Coil Open* dimana apabila V_{nom} *Tripping Coil* dibawah standar maka *Tripping Coil* tidak mampu untuk menggerakkan mekanik penggerak pemutus PMT pada saat terjadinya gangguan pada penyulang Kaca Piring, dimana pada saat terjadinya gangguan setinggan waktu Relay telah melebihi standar settingan relay akibat *Tripping Coil Open* PMT tidak mendapatkan suplai tegangan DC yang sempurna akibatnya *Rod Coil* tidak dapat menggerakkan mekanik PMT untuk memutuskan pada saat terjadinya gangguan yang diakibat dari *Tripping Coil Open* tidak mampu menggerakkan mekanik PMT pada saat terjadinya gangguan. Akibat dari gagal trip penyulang Kaca Piring ini sisi *system* 150 kV terkena imbasnya akibat waktu settingan relat telah sampai waktu setinggan *Incoming* 150 kv.

Dimana nilai waktu pengujian keserempakan yang didadapat dari hasil pengujian sebelum dilakukannya perbaikan *Tripping Coil Open* memiliki nilai tahanan sebesar 20.9 Ω dengan arus yang mengalir sebesar 2 A dan nilai V_{nom} 41.8 Vdc, PMT memiliki nilai waktu dengan rata-rata nilai 52 ms, dan setelah dilakukannya perbaikan *Tripping Coil Open* memiliki nilai tahanan sebesar 25.5 Ω dengan arus yang mengalir 3.10 A dan nilai V_{nom} 79.05 Vdc, PMT memiliki nilai waktu dengan rata-rata nilai 42 ms, dimana pengujian relay tanpa PMT memiliki nilai waktu 351 ms. Maka waktu pengujian keserempakan PMT dan Relay prokteksi tersebut adalah:

a. Dimana didapatkan waktu keserempakan dan relay sebelum dilakukan perbaikan *Tripping Coil Open* pada peyulang kacapiring,

$$\begin{aligned}\Delta t \text{ Open sebelum} &= t_{maks} + t_{min} \\ &= 351 + 52\end{aligned}$$

Analisis Terjadinya Gagal Trip Penyulang Kaca Piring Pada Sistem Kubikel 20 Kv Gardu Induk Kebon Jeruk

=403ms.....(Persamaan 3)

(Hasil diatas merupakan hasil waktu sebelum perbaikan *Tripping Coil Open* pada saat pengujian keserempakan PMT dan relay memiliki waktu 403 ms yang telah melebihi waktu setingan penyulang Kaca Piring dengan waktu MOC 300 ms sehingga menyebabkan dampak *system* 150 kV trip dimana waktu MOC *incoming* memiliki waktu 400 ms, akibat dari lambatnya *Rod Tripping Coil* bekerja untuk menggerakkan mekanik PMT pada saat terjadinya gangguan)

b. Dimana didapatkan waktu keserempakan dan relay sesudah dilakukannya perbaikan dan pengujian *Tripping Coil Open* pada penyulang kacapiring,

Δt Open sesudah = $t_{maks} + t_{min}$

= 351 + 42

=393ms.....(Persamaan 3)

(Hasil diatas merupakan hasil waktu sesudah perbaikan *Tripping Coil Open* pada saat pengujian keserempakan PMT dan relay memiliki hasil waktu 393 ms dimana waktu penyulang kacapiring tidak melebihi waktu waktu MOC *incoming* 150 kV yang dimana *incoming* memiliki waktu 400 ms, dimana setelah dilakukan perbaikan *Tripping Coil Open*, *Rod Tripping* cepat untuk menggerakkan mekanik PMT pada saat terjadinya gangguan).[10]

Langkah kedepannya supaya tidak terjadinya gagal trip penyulang yang di akibat oleh *Tripping Coil* adalah sebagai berikut:

1. Dipasangkannya perangkat scada pada setiap penyulang yang dihubungkan kesistem komputer operator gardu induk untuk supaya bisa mengeluarkan PMT pada saat terjadinya gangguan apabila relay sudah mengirimkan sinyal gangguan dan PMT tidak memutuskan pada saat gangguan maka komputer operator gardu induk bisa mengeluarkan PMT melalui komputer yang sudah terhubung dengan perangkat scada penyulang tersebut.
2. Dipasangkannya perangkat untuk mengukur tegangan DC pada *Tripping Coil* yang terhubung pada komputer operator gardu induk apabila tegangan DC pada saat terjadinya gangguan tidak sesuai maka akan timbul indikasi alarm pada komputer operator.
3. Dipasangkannya rangkian TCS (*Trip Circuit Supervision*) yang berfungsi untuk memonitor rangkaian trip dan memberi sinyal alarm jika terdapat permasalahan pada rangkaian *Tripping Coil* bermasalah baik karena kabel penghubung antara relay dan *Tripping Coil* lepas maupun *Tripping Coil* yang terbakar. TCS juga berfungsi untuk mengemblok pengoperasian PMT jika terdapat permasalahan pada rangkaian trip *Tripping Coil* sehingga dapat meminimalisir gangguan meluas.

KESIMPULAN

Berikut adalah kesimpulan yang dapat diambil berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan dalam penelitian dan di Gardu Induk Kebon Jeruk pada Penyulang Kaaca Piring:

1. Kekenduran dan terbakarnya terminal *Tripping Coil* dan Relay dapat mempengaruhi besar nilai tahanan *Tripping Coil* yang terukur akibatnya tegangan yang mengarah pada *Tripping*

- Coil tidak sesuai dengan standar yaitu dimana tegangan Tripping Coil Open memiliki nilai tegangan 40.6 Vdc dimana Rod Tripping Coil tidak kuat untuk menggerakkan mekanik PMT.
2. Kekencangan dan normalnya terminal Tripping Coil dan Relay dapat mempengaruhi besar nilai tahanan Tripping Coil, dimana pada saat pengencangan dan pergantian terminal Tripping Coil memiliki nilai V_{nom} 79.05 Vdc dimana Rod Tripping Coil mampu menggerakkan mekanik PMT pada saat terjadinya gangguan.
 3. Dimana pada saat melakukan pengujian Test Keserempakan pada PMT, sebelum dilakukannya perbaikan Tripping Coil Open dengan nilai V_{nom} 40.6 Vdc PMT memiliki waktu keserempakan sebesar 52 ms pada fasa R, S, T. Setelah dilakukan perbaikan Tripping Coil Open dengan nilai V_{nom} 79.05 Vdc PMT memiliki waktu keserempakan sebesar 42 ms pada fasa R, S, T.
 4. Dimana pada saat pengujian Test Proteksi Relay pada saat belum dilakukannya perbaikan Tripping Coil Open dimana memiliki waktu 403 ms dimana yang menyebabkan Incoming 150 kV trip akibat dari Tripping Coil Open memiliki nilai V_{nom} 40.6 Vdc, waktu keserempakan 52 ms, dan waktu relay tanpa PMT sebesar 351 ms. Setelah dilakukannya perbaikan Tripping Coil Open memiliki nilai V_{nom} 79.05 Vdc, nilai waktu keserempakan 42 ms, dan waktu relay tanpa PMT sebesar 351 ms. Pengujian relay dengan PMT memiliki waktu 393 ms dimana waktu penyulang tidak melebihi waktu Incoming 150 kV.
 5. Adanya karbon atau kotoran pada Tripping Coil dapat juga mempengaruhi tegangan yang mengarah ke Tripping Coil terhambat oleh adanya sisa karbon dan kotoran pada saat terjadinya kebakaran pada Gardu Induk Kebon Jeruk pada tahun 2021.
 6. Soket rapuh juga mempengaruhi pada kinerja Tripping Coil akibatnya adanya timbul percikan pada kabel sumber DC positif dan negative, dan berakibat Tripping Coil bisa terbakar.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Tim Penyusun, 2009. Buku Petunjuk Batasan Operasi dan Pemeliharaan Peralatan Penyaluran Tenaga Listrik: PT.PLN (Persero).
- [2] Angga Teguh Satyawan, 2020. 'Analisa Pengaruh Tekanan Gas SF6 Terhadap Kualitas Pemadaman Busur Api pada Pemutus Tenaga di Gardu Induk PLN Surabaya.
- [3] Fatharani, Firdaus Afif, 2019. "Laporan Praktikum Elektronika Dasar Hukum Ohm". Jurusan Fisika UIN Sunan Gunung Djati Bandung.
- [4] Hendra Marta Yudha, 2008. Rele Proteksi – Prinsip dan Aplikasi. Jurusan Elektro Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
- [5] PT.PLN (Persero), 2018. Buku Pedoman Pemeliharaan Pemutus Tenaga (PMT), SE No.0520-2.K/DIR/2014, Hal 64.
- [6] SPLN 52-3, 1983. Pola Pengamanan Sistem: SPLN 52-3, Pola Pengamanan Sistem: Distribusii 20 kV. Jakarta: Departemen Pertambangan dan Energi Perusahaan Umum Listrik.
- [7] Tim Penyusun, 2009. Buku Petunjuk Operasi Dan Pemeliharaan Peralatan Tenaga Listrik. PT.PLN (Persero). Jakarta.

Analisis Terjadinya Gagal Trip Penyulang Kaca Piring Pada Sistem Kubikel 20 Kv Gardu Induk Kebon Jeruk

- [8] Susanto, Ari (2021) Jurnal Skripsi berjudul “Analisa Kelayakan Pemutus Tenaga (PMT) 150 kV berdasarkan hasil uji tahanan isolasi, tahanan kontak, dan keserempakan kontak di gardu induk Singkawang”.
- [9] UP2D. 2020. Buku Panduan Sistem Proteksi, Jakarta: PLN.
- [10] Syarif, Dwiga Firman (2022). Buku Panduan Sistem Proteksi. Jakarta: PLN.
-



This work is licensed under a
Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License