

Gangguan Penyulang Akibat Kegagalan Proteksi di Circuit Breaker Output Pelanggan Pada Gardu Distribusi MP 244

Muhammad Rifqi Setyanto¹, Yuliarman Saragih²

[Submission: 15-01-2023, Accepted: 01-03-2023]

Abstract— The distribution network requires a protection system so that the electric power is distributed optimally using CBO cubicles (Output Circuit Breakers). the difference with general cubicles are additional devices in the form of Circuit Breakers or PMT, Current Transformers (CT), Potential Transformers (PT), and relays. CBO installation is important to minimize disturbance to the feeder. Medium Voltage Network has spindle, mesh, and radial configuration. The MP 244 substation is also equipped with Ground Fault Detection (GFD) which functions as a short circuit fault detector to the ground and to speed up localizing interference on 20 kV. Maintenance of medium voltage distribution networks is divided into replacement, predictive, preventive, and corrective maintenance. Meanwhile, in the maintenance of the 20kV cubicle, PLN officers must also follow various stages regulated in certain SOPs. The aim of the research is to maintain the 20 kV cubicle in the medium voltage distribution network based on the applicable SOP so that protection failures at the MP 244 distribution substation do not recur.

Keyword— Circuit Breaker Output (CBO); Ground Fault Detector (GFD); Network; Corona; Cubicles 20kV; Medium Voltage

Intisari— Jaringan distribusi memerlukan sistem proteksi agar tenaga listrik didistribusikan secara optimal menggunakan kubikel CBO (Circuit Breaker Outgoing). Perbedaan dengan kubikel 20 kV pada umumnya yaitu, terdapat perangkat tambahan di pintu keluar berupa Pemutus Arus atau PMT, Trafo Arus (CT), Trafo Potensial (PT), dan relay. Pemasangan CBO ini dilakukan di gardu distribusi untuk meminimalkan gangguan pada feeder. Jaringan Tegangan Menengah (TM) memiliki tiga konfigurasi dasar yaitu spindle, mesh, dan radial. Gardu MP 244 juga dilengkapi oleh Ground Fault Detection (GFD) yang difungsikan sebagai detector gangguan hubung singkat ke tanah tujuannya untuk mempercepat melokalisasi interferensi pada saluran kabel tegangan menengah 20 kV. Pemeliharaan jaringan distribusi tegangan menengah terbagi menjadi predictive maintenance,

Preventive maintenance, corrective maintenance, dan replacement. Sedangkan pada pemeliharaan kubikel 20kV petugas PLN juga harus mengikuti berbagai macam tahapan yang diatur dalam SOP tertentu. Tujuan penelitian ialah melakukan pemeliharaan kubikel 20 kV pada jaringan distribusi tegangan menengah berdasarkan SOP yang berlaku agar kegagalan proteksi pada gardu distribusi MP 244 tidak terulang kembali.

Kata Kunci— Circuit Breaker Output (CBO); Ground Fault Detector (GFD); Jaringan; Corona; Kubikel 20kV; Tegangan Menengah.

I. PENDAHULUAN

Dalam hal pendistribusian tenaga listrik, sering terjadi gangguan pada gardu induk, gardu distribusi, dan stasiun penyambungan atau yang lebih dikenal gardu hubung khususnya pada jaringan 20kV atau Tegangan Menengah (TM). Terjadinya gangguan ini pada umumnya terjadi pada kubikel 20kV, dan efek yang ditimbulkan oleh gangguan kubikel ini sangat mempengaruhi kualitas pendistribusian daya. Kubikel 20kV adalah seperangkat peralatan listrik yang terpasang pada gardu distribusi yang difungsikan sebagai pembagi, pemutus, penyambung, pengendali, dan pelindung [1].

Jaringan distribusi memerlukan sistem proteksi agar tenaga listrik didistribusikan secara optimal menggunakan kubikel CBO (Circuit Breaker Outgoing). Kubikel CBO ini sama dengan Kubikel 20 kV pada umumnya yaitu : Bedanya ada perangkat tambahan di pintu keluar, yaitu: Pemutus Arus atau PMT, Trafo Arus (CT), Trafo Potensial (PT), dan relay. Pemasangan CBO ini dilakukan di gardu distribusi untuk meminimalkan gangguan pada feeder. Sistem perlindungan Gardu induk akan bekerja untuk memutuskan aliran listrik dan mengisolasi daerah yang terkena dampak terputus ketika terjadi gangguan. Jika sistem proteksi gardu induk tidak berfungsi maka arus gangguan terus mengalir di sepanjang jaringan dan memicu sistem proteksi pengumpan beroperasi dan menyebabkan pemadaman yang meluas yang mengakibatkan dapat merugikan PT. PLN (Persero) karena tidak adanya energi yang terjual[2].

Hal ini pula yang terjadi dengan kubikel CBO pada gardu distribusi MP 244, dimana terjadinya gangguan arus listrik pada instalasi bangunan pelanggan yang mengakibatkan gangguan penyulang karena CT proteksi yang merupakan bagian dari sistem proteksi pada kubikel CBO tidak bekerja sesuai dengan fungsi seharusnya, selain itu karena terdapatnya PD (Partial Discharge) atau korona yang sudah dideteksi kemudian. Bahkan pada gardu MP 244 kubikel CBO yang seharusnya menjadi sistem proteksi meledak dan harus digantikan dengan kubikel CBO baru yang disertai dengan sistem proteksi yang lebih lengkap.

II. STUDI PUSTAKA

A. Jaringan Tegangan Menengah

Jaringan Tegangan Menengah (JTM) adalah jaringan yang didalamnya terdiri dari berbagai macam tipe tegangan dengan

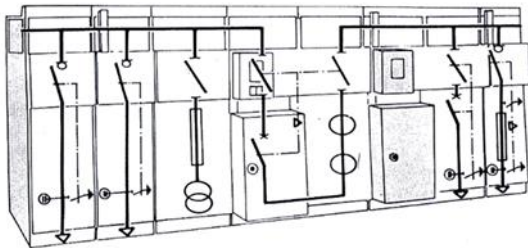
^{1,2} Program Studi Teknik Elektro, Universitas Singaperbangsa Karawang, Jln. HS.Ronggo Waluyo 41362 INDONESIA (tlp: 0267-641177; fax: 0267-641367; e-mail: rifqi.setyanto19083@student.unsika.ac.id, yuliarman@staff.unsika.ac.id)



rentang nilai dari 1kV hingga 30kV. Indonesia sendiri menggunakan tegangan menengah 20kV. Tegangan menengah digunakan untuk menyalurkan listrik dari gardu induk ke gardu distribusi atau langsung ke pelanggan tegangan menengah. Jaringan tenaga listrik bertugas mentransmisikan tegangan dari gardu induk 20kV ke *transformator* distribusi serta menurunkan tegangan menjadi 220/380kV kepada konsumen sesuai dengan kebutuhan, namun tak jarang pula ada pelanggan yang membutuhkan 20kV secara langsung seperti industri besar. Jaringan ini disusun atau dipolakan sedemikian rupa sehingga mudah dioperasikan dan dapat diandalkan [3].

B. Kubikel 20kV

Kubikel pada Jaringan Tegangan Menengah (JTM) ialah sekumpulan peralatan listrik yang biasanya diinstalasi pada gardu sistem distribusi tegangan 20 kV, selain itu kubikel juga dapat dipasang pada gardu induk dan gardu switching. Fungsi alat ini adalah untuk membagi, memutus, menyambung, mengontrol dan melindungi sistem distribusi tenaga listrik pada tegangan kerja 20 kV. Menurut fungsi dan nama peralatan yang terpasang kubikel dapat dibagi menjadi beberapa jenis yaitu pemutus tenaga (PMT), Pemisah (PMS), LBS (Load Break Switch), CB Out Metering (PMT CB), Transformer Protection (TP), Potential Transformer (PT) dan B1 (Terminal Out Going) [3]–[5]. Pada Gambar 1 merupakan gambaran kubikel 20 kV.

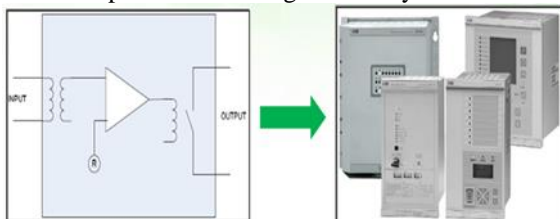


Gambar 1: Sketsa Jaringan Kubikel 20 kV pada Kubikel

C. Relay

Relay adalah alat bantu yang menentukan keputusan dalam sistem keamanan. Dengan membandingkan input dari transformator instrumen kemudian mengambil keputusan setelah mempertimbangkannya. *Over Current Relay* (OCR) atau relay arus berlebih merupakan relay yang bekerja apabila mendapatkan temuan kenaikan arus yang melebihi nilai ambang batas tertentu dalam periode yang sudah ditentukan. Jika nilai kenaikan arus sudah terlampaui tinggi maka relay akan memutus jaringan dengan mengirim sinyal ke PMT[6], [7].

Relay arus berlebih dapat dibedakan menjadi relay waktu seketika (Instantaneous relay), relay waktu tertentu (Definite time relay), dan relay arus terbalik (Inverse time) [7]. Pada Gambar 2 terdapat skematik rangkaian relay.



Gambar 2: Skematik Relay dan Komponen Relay

D. Korona

Korona dapat terjadi apabila terdapat arus listrik bolak-balik (AC) yang melewati dua konduktor yang sejajar dengan luas penampang kecil dan memiliki jarak yang lebih besar jauh atau lebih besar dibandingkan diameter penampang sehingga ion pada sekitar udara konduktor mengalami dielektrik [8], [9]

Korona pada kubikel bertegangan rendah sulit terdeteksi karena ion pada udara belum terlalu terpengaruh oleh stres dielektrik, namun pada tegangan 30 kV ionisasi mulai terbentuk hingga mengakibatkan suara mendesis (hissing), tercium bau Ozon, muncul cahaya violet. Setelah melewati batas 30 kV maka dapat dinyatakan sebagai critical disruptive voltage, hal ini merupakan awal terjadinya busur api yang berakibat fatal [8]–[10]

Karena ukuran luas permukaan pada penghantar yang mempengaruhi terjadinya korona maka penghantar tidak boleh memiliki sudut ataupun sisi yang runcing dan biasanya diaplikasikan pada gardu yang meingplementasikan listrik 3 phase [21]. Presentasi terjadinya korona pada kubikel tegangan menengah juga disebabkan oleh berbagai faktor seperti gradien potensial, bentuk elektroda, suhu, kelembaban udara, tekanan udara, dan partikel pada penampang elektroda [11] Penyebab terjadinya korona dapat ditekan dengan pengendalian suhu dan kelembaban pada bagian dalam kubikel dengan memanfaatkan kipas dan heater sebagai perangkat untuk menjaga titik kestabilan tertentu [12], [13]. Pada Gambar 3 ditunjukkan salah satu efek korona.



Gambar 3: Efek Korona Pada Switchgear

III. METODOLOGI

A. Jaringan Tegangan Menengah

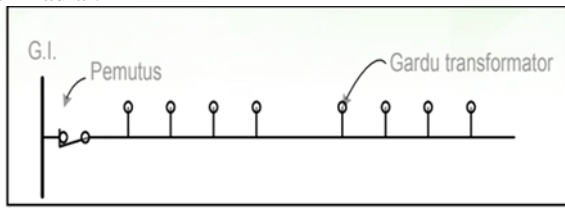
Jaringan Tenaga Menengah (JTM) merupakan salah satu dari tiga bagian sistem tenaga listrik yang berfungsi menyalurkan energi listrik dengan nilai tegangan 1 kV sampai 30 kV. Tegangan Menengah (TM) 20 kV digunakan sebagai penyaluran listrik dari gardu induk menuju feder (penyulang) dilanjutkan ke gardu distribusi dan gardu hubung untuk disalurkan langsung kepada pelanggan Tegangan Menengah (TM) maupun ke transformator pada hardu distribusi untuk diturunkan tegangannya menjadi 220/380V agar dapat digunakan oleh pelanggan Tegangan Rendah (TR) [14], [15].

Konfigurasi pada jaringan distribusi tegangan menengah dapat dibagi menjadi:

- Sistem Radial

Sistem Radial merupakan jenis konfigurasi yang paling sederhana dan hanya mampu mendistribusikan satu aliran energi listrik. Penyulang yang memiliki konfigurasi radial umumnya dipakai sebagai dasar sistem pendistribusian dan cocok bagi daerah dengan beban arus yang kecil dan tersebar, kelemahan pada sistem ini tidak dapat menyalurkan listrik secara berkelanjutan apabila penyulang

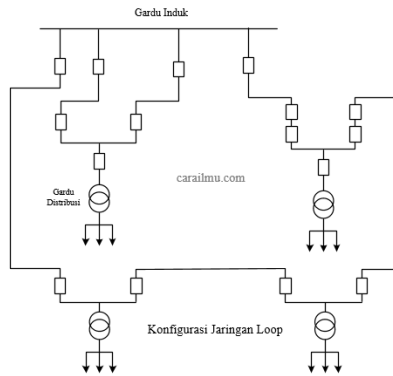
terjadi gangguan [15], [16] Gambar 4 terdapat jaringan system radial.



Gambar 4: Konfigurasi Jaringan Radial

- Sistem Loop

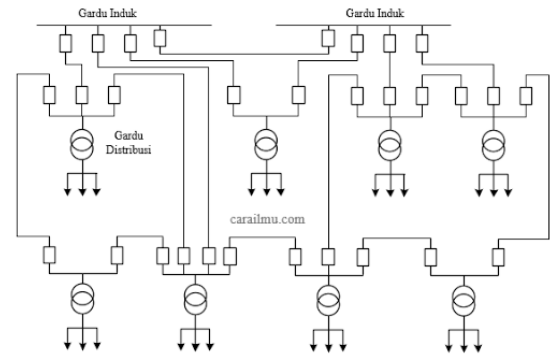
Pada konfigurasi jaringan distribusi sistem loop juga dikenal sebagai sistem cincin/gelang karena memiliki bentuk jaringan yang saling terhubung antara rel sumber ke rel beban dan kembali lagi menuju rel sumber. Jaringan ini memiliki keunggulan dibandingkan sistem radial karena pada sistem ini jaringan memiliki backup sehingga listrik dapat disalurkan dengan kontinuitas yang cukup baik [15], [16]. Pada gambar 5 merupakan jaringan system loop.



Gambar 5: Konfigurasi Jaringan Loop

- Sistem Grid

Sistem jaringan distribusi ini memiliki tingkat kerumitan yang sangat tinggi, konfigurasi ini memiliki dapat memiliki jalur aliran penyaluran yang sangat banyak dimana satu gardu distribusi dapat terhubung dengan lebih dari dua penyulang yang berbeda. Sistem ini umumnya digunakan pada daerah yang memiliki beban tinggi dan sangat padat juga umumnya dapat ditemui pada properti penting seperti kawasan MPR/DPR maupun istana kepresidenan [15], [16]. Pada Gambar 6 ditunjukkan diagram konfigurasi jaringan grid.

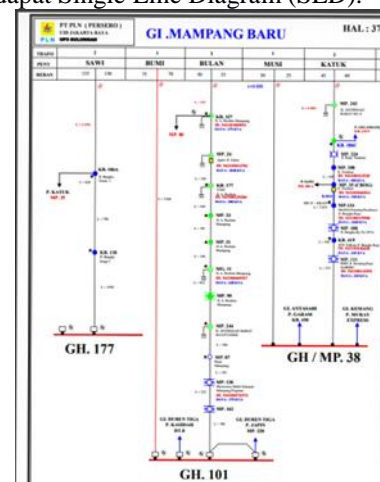


Konfigurasi Jaringan Grid

Gambar 6: Konfigurasi Jaringan Grid

B. Single Line Diagram Gardu MP 244

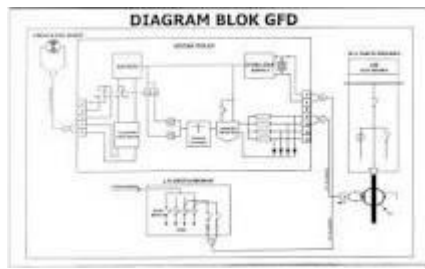
Gardu distribusi MP 244 mendapat aliran tenaga listrik yang berasal dari gardu induk Mampang Baru yang terhubung melalui penyulang Bulan serta memiliki satu jalur express. Gambar 7 terdapat Single Line Diagram (SLD).



Gambar 7: SLD Gardu MP 244

Selain itu gardu MP 244 juga dilengkapi oleh perangkat *Ground Fault Detector* (GFD) yaitu merupakan sebuah perangkat yang memiliki fungsi penting sebagai pendeteksi gangguan hubung singkat pada grounding kubikel, tujuan dipasangnya alat ini sebagai upaya percepatan dalam melokalisasi interfensi pada saluran kabel tegangan menengah (SKTM) 20 kV. Jaringan SKTM yang sudah memiliki *Ground Fault Detector* (GFD) pada gardunya memiliki keuntungan yang sangat signifikan dibandingkan dengan jaringan SKTM dengan gardu yang masih minim atau bahkan belum terpasang Detektor Kesalahan Tanah (GFD), karena pada sebuah jaringan SKTM yang sudah banyak terpasang *Ground Fault Detector* (GFD) gardu yang mengalami gangguan pertanahan akan lebih cepat dan sangat membantu petugas dalam menentukan jalur SKTM yang bermasalah [17]. Gambar 8 ditunjukkan rangkaian mengenai diagram blok *Ground fault Detector* (GND).





Gambar 8: Gambar Rangkaian Skematik Ground Fault Detector

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini berupa pembahasan mengenai pemeliharaan jaringan distribusi serta pemeliharaan kubikel 20kV yang ditujukan untuk mencegah sekaligus mengatasi korona pada kubikel yang dapat menyebabkan kegagalan proteksi pada sistem jaringan distribusi tegangan menengah (TM).

A. Pemeliharaan Jaringan Distribusi

Pemeliharaan pada sistem jaringan distribusi dilakukan untuk menjaga dan memastikan kondisi peralatan yang digunakan dalam keadaan baik serta berfungsi maksimal sehingga gangguan timbul yang dapat menyebabkan kerusakan dapat dicegah seawal mungkin. Tindakan atau proses ini sengaja dilakukan dengan tujuan untuk menjaga kemampuan komponen sampai usia maksimal komponen, ketersediaan serta efisiensi komponen peralatan, mengurangi resiko terjadinya kegagalan atau kerusakan peralatan, memperpanjang usia komponen peralatan, menjaga keamanan peralatan, mengurangi downtime yang dikarenakan frekuensi terjadinya gangguan [18].

Pemeliharaan jaringan distribusi juga dapat diklasifikasikan menjadi beberapa jenis, yaitu sebagai berikut:

- Predictive maintenance

Pemeliharaan jenis ini dilakukan dengan memperhitungkan kondisi peralatan listrik, sampai kapan peralatan listrik tersebut masih memungkinkan bekerja dengan optimal sehingga tidak terjadi kegagalan. Dengan mempertimbangkan kondisi tersebut dan memperhitungkan tanda-tanda kerusakannya sehingga dapat diketahui sejak dini. Pemeliharaan pada jenis ini membutuhkan peralatan dan personel khusus yang memiliki kapasitas dalam proses analisa sehingga kemungkinan kegagalan peralatan listrik dapat terdeteksi pada saat yang tepat. Pemeliharaan jenis ini cukup dikenal sebagai Condition Base Maintenance [18], [19].

- Preventive maintenance

Pemeliharaan preventif atau pemeliharaan rutin merupakan tindakan pencegahan agar tidak terjadi kegagalan secara tiba-tiba serta mempertahankan agar supaya peralatan bekerja dalam tingkat efisiensi yang baik. Pemeliharaan ini dilakukan berdasarkan periode tertentu dan dapat dibedakan menjadi pemeriksaan komponen jaringan melalui inspeksi dan pemeriksaan komponen jaringan melalui rekomendasi dari petugas untuk penggantian komponen tertentu [19], [20].

- Corrective maintenance

Pemeliharaan korektif merupakan serangkaian kegiatan yang dilakukan untuk memperbaiki dan menyempurnakan peralatan yang mengalami gangguan. Pekerjaan yang

dilakukan pada pemeliharaan ini terbagi menjadi kegiatan terencana dan kegiatan tidak terencana, pada kegiatan terencana hal yang dilakukan dengan penyempurnaan pada jaringan sesuai dengan kapasitas semula, sedangkan pada kegiatan tidak terencana ialah dengan penggantian part komponen rusak (Trouble Shooting) atau Curative Maintenance [18]–[20].

- Replacement

Pada jenis ini pemeliharaan dilakukan apabila terjadi gangguan secara mendadak atau emergency yang mengakibatkan peralatan tidak berfungsi optimal [19]. Umumnya kejadian force majeure seperti ini berupa bencana alam seperti gempa bumi, banjir, kebakaran dsb yang terjadi secara mendadak [20]

B. Pemeliharaan Kubikel CBOM 20 kV

Maintenance adalah proses dari berbagai kegiatan seperti memelihara, memperbaiki, dan mengganti komponen tertentu pada suatu jaringan, kegiatan ini dilakukan untuk mencapai peralatan pada kondisi yang optimal sehingga dapat bekerja sesuai standar fungsi dan standar kualitas yang sudah ditetapkan. Gambar 9 merupakan proses pemeliharaan kubikel.



Gambar 9: Proses Pemeliharaan Kubikel Ketika Terindikasi Korona

Untuk kegiatan inspeksi juga sama pentingnya dengan pemeliharaan. Yang bertujuan untuk mengecek apakah aset PLN sudah sesuai dengan SOP dan aturan yang berlaku atau belum. Sehingga biasanya PLN diwajibkan untuk melakukan kegiatan yang disebut inspeksi, salah satunya pada kubikel CBO 20 kV yang biasanya merupakan kegiatan rutin yang dilakukan demi kenyamanan dan kehandalan pelanggan premium. Petugas PLN juga harus melalui banyak tahapan untuk melakukan kegiatan pemeriksaan tersebut. Berikut SOP PLN untuk kegiatan inspeksi pada kubikel CBO Tegangan Menengah 20 kV.

1) Petugas Yang Terlibat

- Pelaksana pemeliharaan;
- Pengawas pemeliharaan;
- Piket pengatur APD;
- Pelaksana operasi;
- Piket pengatur area;
- Supervisor pemeliharaan;
- Asman ditribusi;

2) Peralatan Kerja

- Genset minimal berkapasitas 1 kVA;

- Compressor 0.25 PK, dengan pemakaian pressure 4-5 bar;
- 2 buah stick spay cleaner;
- Vacuum cleaner minimal 600 Watt;
- Burner/Blender LPG;
- 2 buah tabung penampung bahan pemeliharaan;
- 2 buah stick roll/kuas roll kecil;
- Stager 1,5 meter;
- Tool set;
- Kain majun katun warna putih;
- Kuas besar/kecil;
- Ember
- 5 buah mangkok melamine;
- Camera digital;
- Lampu penerangan untuk kerja;
- Kendaraan operasional;

3) *Peralatan Pengukuran*

- Alat ukur tahanan isolasi 5000 volt;
- Alat ukur tahanan pertanahan;
- AVO meter;
- Torsi meter;

4) *Perlengkapan K2*

- Pakaian kerja;
- Helm pengaman;
- Sepatu tahan bentur;
- Sarung tangan kain;
- Kacamata bening;
- Masker;
- Exhousefan;
- Grounding sistem;
- Perlengkapan P3K;

5) *Peralatan Bantu*

- Kunci gardu;
- Peta lokasi gardu;
- Form (check list) pemeliharaan kubikel;
- Alat tulis;

6) *Material*

- BR-2810 sebagai bahan pembersih dan pelapis isolator;
- BR-406 digunakan untuk pelapis dielektrik 20 kV/mm atau lebih;
- BR-707 untuk pembersih scale/jamur metal;
- BR-404 minyak penetrasi karat dan mur baut;
- BR-405 pembersih akhir;
- BR-1066.PS sebagai pelapis anti kelembaban;
- BR-C9 anti karat pada badan kubikel;
- BR-66 digunakan sebagai pelapis mur baut;

7) *Langkah Kerja*

- Pengawas pemeliharaan yang menerima surat perintah kerja wajib melakukan koordinasi bersama pelaksana pemeliharaan dengan membawa jadwal pelaksanaan

dan surat pemberitahuan pemadaman yang sebelumnya sudah ditandatangani oleh Asman Distribusi dan manager. Selanjutnya memberi arahan kepada pelaksana dan memeriksa kelengkapan, kemudian memeriksa kondisi saklar kubikel, kWh meter, menuliskannya pada berita acara, dan melakukan laporan ke petugas piket bahwa pemeliharaan kubikel sudah dalam kondisi siap dilaksanakan.

- Petugas piket pengatur area dan APD berkoordinasi untuk memutus aliran menuju kubikel tertentu sampai kubikel padam kemudian menginformasikan kepada pengawas pemeliharaan.
- Pelaksana pemeliharaan meyakinkan bahwa kubikel benar-benar sudah tidak bertegangan, kemudian membersihkan bagian luar kubikel, selanjutnya membersihkan bagian dalam kubikel menggunakan cairan BR-2801, BR-406, BR-707, BR-404, BR-405, BR-1066, BR-C9, BR-66, mengencangkan semua mur baut dan memastikan tidak ada kendor, mengeringkan bagian isolator pada kubikel dengan blender LPG dengan tujuan menghilangkan kelembaban yang berpotensi menyebabkan korona. Setelah sudah melakukan pemeliharaan, dokumentasi, dan mencatat dalam check list setelah itu memastikan tidak ada peralatan yang tertinggal dalam kompartemen kubikel serta menutup pintu busbar.
- Selanjutnya pengawas pemeliharaan memeriksa hasil pengerjaan dan mengembalikan posisi saklar suseai dengan kondisi awal. Apabila sudah selesai maka pengawas menghubungi operator agar jaringan kubikel yang sebelumnya dipadamkan agar kembali dialirkan listrik untuk pengoperasian Kembali. Pada Gambar 10 terdapat pemeriksaan Kembali *Current Trafo* (CT) dengan uji tes trip. Uji tes trip dilakukan dengan tujuan untuk menghindari terjadinya kegagalan proteksi terutama pada CT (*Current Trafo*) dimana memiliki aturan bahwa relay akan langsung memotong tegangan apabila arus yang melewati CT melebihi batas tertentu dengan error <5%.



Gambar 10: Pemeriksaan Kembali setelah Proses Selesai



- Petugas piket pengatur area dan APD berkoordinasi untuk menormalkan Kembali kubikel setelah pemeliharaan.
- Hal akhir yang dilakukan pengawas pemeliharaan ialah memastikan fungsi dan peralatan kubikel berjalan dengan semestinya.
- Supervisor pemeliharaan dan Asman distribusi menganalisa serta mengevaluasi hasil pemeliharaan. pada Gambar 11 merupakan pemeriksaan Kembali menggunakan setting relay.



Gambar 11: Memeriksa Hasil Kinerja Pelaksana Pemeliharaan Setelah Penormalan Kembali Tegangan Pada Kubikel

V. KESIMPULAN

Setelah melakukan penelitian tersebut, maka penulis dapat menyimpulkan menjadi beberapa point sebagai berikut :

1. Kegagalan proteksi pada gardu MP 244 dikarenakan adanya indikasi terjadinya korona pada kubikel tegangan menengah 20 kV.
2. Korona dapat diatasi dan dicegah dengan melakukan pemeliharaan kubikel sesuai dengan Standar Operating Procedure (SOP) yang berlaku sesuai dengan PT. PLN (Persero).
3. Kegagalan proteksi pada CT (*Current Trafo*) kubikel dapat dihindari dengan uji tes trip melalui relay yang terpasang pada kubikel CBO dengan batas error maksimal kurang dari 5%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan rasa terimakasih yang sebesar-besarnya kepada PT. PLN (Persero), Universitas Singaperbangsa Karawang serta sivitas akademika maupun alumni yang telah memberi dukungan dalam membantu penelitian serta proses penyusunan artikel.

REFERENSI

- [1] H. W. Wahyu Adi Prasetyo, "SIMULATOR KUBIKEL MINIMUM UNTUK INVESTIGASI DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK 20 KV," *GEMA TEKNOLOGI*, vol. 17, no. 4, hlm. 164–169, 2014.
- [2] H. S. R. G. Nina Lestari, "SISTEM PEMANTAUAN KUBIKEL TEGANGAN MENENGAH BERBASIS INTERNET OF THINGS," *JURNAL INFOTRONIK*, vol. 5, no. 1, hlm. 37–42, Jun 2020.
- [3] Ashar Arifin, "Pengertian, Fungsi Dan Komponen Kubikel Tegangan Menengah," *CARA ILMU*, Nov 13, 2020.
- [4] P. A. Y. Hendra Mars Setiawan, "METODE PENGOPERASIAN KUBIKEL 24 KV TIPE SM6 PADA LABORATORIUM PROTEKSI DAN DISTRIBUSI DI POLITEKNIK NEGERI BANJARMASIN," *Integrated Lab Journal*, vol. 7, no. 2, hlm. 68–79, Okt 2019.
- [5] Y. S. I. U. L. Rizal Pratama, "Rancang Bangun Alat Monitoring Arus dan Tegangan Berbasis Mikrokontroler pada Studi Kasus Prototype Gardu Distribusi PLN," *Rekayasa Elektrikal dan Energi*, vol. 5, no. 2, hlm. 88–92, Jan 2023.
- [6] I. R. C. S. F. A. S. Faisal Irsan Pasaribu, "Analisa Proteksi Over Current Relay Pada Jaringan Tegangan Menengah 20KV Di PELINDO 1 Cabang Belawan," *Rekayasa Elektrikal dan Energi*, vol. 4, no. 1, hlm. 18–26, Jul 2021.
- [7] M Refhan Naparin, "ANALISIS KOORDINASI PROTEKSI OVERCURRENT RELAY PADA JARINGAN DISTRIBUSI 70 kV PT MAKMUR SEJAHTERA WISESA," Yogyakarta, Des 2018.
- [8] L. S. P. H. T. Rudolfus Masarrang, "Efek Korona pada Saluran Transmisi Gardu Induk Tello Sulawesi Selatan," *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer*, vol. 8, no. 2, hlm. 67–74, Mei 2019.
- [9] Rusdi Syahbanda, "ANALISA TERBENTUKNYA KORONA PADA SALURAN KUBICLE TEGANGAN 20 KV SERTA PENGARUHNYA TERHADAP RUGI-RUGI DAYA," *LENZA*, vol. 2, no. 48, hlm. 14–21, Sep 2019.
- [10] A. M. M. O. A. Nurmiati Pasra, "Analisa Efek Korona Pada Sistem Distribusi Tenaga Listrik 20 kV Pada Gardu Beton," *JURNAL ILMIAH SUTET*, vol. 8, no. 2, hlm. 103–113, Jul 2018.
- [11] DON BOSCO, "ANALISIS DAN SIMULASI TEGANGAN AWAL TERBENTUKNYA KORONA PADA MODEL KUBIKEL," Depok, Jan 2008.
- [12] R. F. A. A. V. H. A. Anggara Trisna Nugraha, "Design and Fabrication of Temperature and Humidity Stabilizer on Low Voltage Distribution Panel with PLC-Based Fuzzy Method to Prevent Excessive Temperature and Humidity on The Panel," *jeemi*, vol. 4, no. 3, hlm. 170–177, Jul 2022.
- [13] N. W. R. F. R. F. A. A. T. N. Sindy Yurisma Sheila, "Desain and Build a Medium Voltage Cubicles Temperature and Humidity Optimization Tool to Minimize the Occurrence of Corona Disease with the PLC-Based Fuzzy Method," *ijeemi*, vol. 4, no. 4, hlm. 192–198, Nov 2022.
- [14] D. N. B. S. Diva Adin Maulana, "ANALISA SUSUT DAYA DAN DROP TEGANGAN TERHADAP JARINGAN TEGANGAN MENENGAH 20KV PADA GARDU INDUK PANDEAN LAMPER SEMARANG," dalam *KONFERENSI ILMIAH SISWA UNISSULA (KIMU) 2*, Okt 2019, hlm. 382–389.
- [15] Ashar Arifin, "Materi Lengkap Jaringan Distribusi Tenaga Listrik," Mei 27, 2020.
- [16] Tri Watingsih, "SISTEM JARINGAN DISTRIBUSI TEGANGAN MENENGAH," *Teodolita*, vol. 13, no. 2, hlm. 75–84, Des 2012.
- [17] A. B. Badaruddin, "STUDI ANALISA PENGEMBANGAN DAN PEMANFAATAN GROUND FAULT DETECTOR (GFD) PADA JARINGAN 20 KV PLN DISJAYA TANGERANG," *Jurnal Teknologi Elektro*, vol. 4, no. 1, hlm. 1–5, Jan 2013.
- [18] Aditya Ronisutra, "PEMELIHARAAN GARDU DISTRIBUSI AREA BULUNGAN UNTUK MENGURANGI GANGGUAN SISTEM JARINGAN 20 KV DI PLN UP3 BULUNGAN," Jakarta, Jul 2022.
- [19] Hendra Anwar Siahaan, "ANALISIS SUSUT ENERGI UNTUK TINDAKAN PEMELIHARAAN JARINGAN TEGANGAN MENENGAH DI PT PLN (PERSERO) ULP SIBORONGBORONG," Okt 2022.
- [20] "PEMELIHARAAN JARINGAN TEGANGAN RENDAH DAN TEGANGAN MENENGAH," Bengkalis, Agu 2022.
- [21] Hardine, Linkha, Dian Budhi Santoso, and Ridwan Satrio Hadikusuma. "Analysis of The Influence of Star Delta System in Reduce Electric Starting Surge in 3 Phase Motors." *Electrician* 16.2 (2022): 208-214.