

Proses Produksi Polymer Sebagai Proteksi Sistem Jaringan Distribusi Tegangan Menengah di PT. Powerindo Prima Perkasa

Marcel Ade Satria¹, Mustofa Abi Hamid ²

¹Pendidikan Teknik Elektro, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan
Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Serang 42117, Indonesia
e-mail: 2283200042@untirta.ac.id

e-mail: adesatriamarcel@gmail.com

² Pendidikan Teknik Elektro, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan
Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Serang 42117, Indonesia
e-mail: abi.mustofa@untirta.ac.id

Alamat Kampus: Jl. Ciwaru Raya, Cipare, Kec. Serang, Kota Serang, Banten 42117

Korespondensi penulis: 2283200042@untirta.ac.id

Abstract. *The medium voltage distribution network system is an integral part of the process of transmitting electrical energy from the substation to consumers. This transfer aims to supply electricity for daily use by consumers and can also be applied in industrial environments. The importance of electricity in modern development makes it a critical element; if a power outage occurs, our activities will be disrupted. Therefore, protection is needed within the medium voltage distribution network system to safeguard against damage to the network infrastructure, which could lead to power outages. To reduce the occurrence of such issues, protective components have been developed to protect the medium voltage distribution network facilities, ensuring the safety of consumers from the 24kV medium voltage distribution system, which could be fatal in case of direct contact.*
Keywords: *Medium voltage distribution network, electrical system protection, consumer safety*

Abstrak. Sistem jaringan distribusi tegangan menengah merupakan satu-kesatuan dari proses transmisi energi listrik dari gardu induk menuju konsumen yang dimana perpindahan ini memiliki tujuan yaitu untuk mengalirkan listrik yang akan digunakan oleh konsumen dalam sehari-hari dan dapat digunakan juga pada lingkungan industri, pentingnya listrik dalam perkembangan jaman kini listrik merupakan salah satu hal yang sangat penting, jika terjadinya pemadaman listrik maka aktivitas kita akan terhambat maka dari itu perlu adanya perlindungan dalam sistem jaringan distribusi tegangan menengah yang dapat melindungi dan menghindari terjadinya kerusakan pada fasilitas jaringan distribusi tegangan menengah yang dapat merusak dan terjadinya pemadaman listrik. Upaya untuk mengurangi terjadinya hal tersebut maka dari itu dibuatlah komponen proteksi yang dapat melindungi fasilitas jaringan distribusi tegangan menengah yang dapat melindungi konsumen dari fasilitas distribusi tegangan menengah 24kV yang bisa mengakibatkan kematian jika adanya kontak langsung.

Kata kunci : Jaringan distribusi tegangan menengah, Proteksi sistem listrik, Keselamatan konsumen

1. LATAR BELAKANG

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi yang pesat telah menciptakan inovasi dan kemudahan dalam berbagai aspek kehidupan, terutama di sektor industri. Teknologi industri terus berkembang pesat, khususnya dalam bidang elektro atau listrik, yang menjadi sumber energi utama dalam proses produksi industri. Program Studi Pendidikan Vokasional Teknik Elektro mengharuskan mahasiswa mengikuti Praktik Industri (PI) untuk memahami perkembangan teknologi industri, dengan bobot 2 SKS.

PT. Powerindo Prima Perkasa adalah perusahaan swasta yang bergerak di bidang produk mekanik dan elektrik. Perusahaan ini menyediakan fasilitas penyaluran listrik ke berbagai tempat di Indonesia dengan standar PLN dan telah bekerja sama dengan PLN. PT. Powerindo juga telah mendapatkan sertifikasi ISO 9001-2015 untuk manajemen kualitas

dan ISO 14001-2015 untuk sistem manajemen lingkungan, serta ISO 45001-2018 untuk keselamatan dan kesehatan kerja (K3).



Gambar 1. Isolator Tarik, Isolator Tumpu, Lightning Arrester dan Fuse Cut Out

Penulis memilih PT. Powerindo Prima Perkasa untuk Praktik Industri karena memiliki pengalaman di perusahaan tersebut, lokasi yang mudah dijangkau, dan relevansi dengan bidang kelistrikan yang sedang dipelajari. Selain itu, penulis memilih bidang Polymer untuk mempelajari sistem proteksi pada fasilitas penyaluran arus dan tegangan tinggi hingga menengah, serta cara kerja dan bahan yang digunakan.

2. KAJIAN PUSTAKA

Proteksi

Proteksi dalam konteks pengelolaan sumber daya manusia adalah perlindungan yang diberikan oleh perusahaan dalam bentuk keselamatan dan kesehatan kerja bagi tenaga kerja di perusahaan tersebut dengan menyediakan atmosfer lingkungan kerja yang bebas dari bahaya (*Occupational Safety and Health Administration, 2017, p. 3*). Definisi lain dari proteksi dikemukakan oleh Riniwati (2016, p. 241) bahwa proteksi adalah perlindungan terhadap tenaga kerja yang diberikan dalam bentuk kompensasi tidak berupa imbalan langsung maupun tidak langsung melainkan berupa finansial, kesehatan dan keamanan fisik.

Berdasarkan definisi tersebut, proteksi dapat dimaknai sebagai perlindungan yang menjadi hak tenaga kerja dalam sebuah perusahaan dalam bentuk kompensasi, selain berupa keamanan dan kesehatan kerja, juga berbentuk finansial. Mendapatkan proteksi adalah hak tenaga kerja yang harus dipenuhi oleh setiap perusahaan, karena tenaga kerja membutuhkan rasa aman dari berbagai permasalahan yang ditimbulkan dari pekerjaan yang dijalannya. Eksistensi tenaga kerja yang sehat representasi dari negara yang makmur dan berkeadilan sosial. Hak tenaga kerja memperoleh proteksi tersebut juga ditegaskan dalam Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 1 Tahun 1970 tentang Keselamatan Kerja bahwa setiap tenaga kerja berhak mendapat perlindungan atas keselamatannya dalam melakukan pekerjaan untuk kesejahteraan hidup dan meningkatkan produksi serta produktivitas Nasional.

Merujuk pada hasil konferensi yang diselenggarakan oleh badan Perserikatan Bangsa-Bangsa (PBB) *International Labour Organization* (ILO) ke 104 tahun 2015, menegaskan bahwa proteksi tenaga kerja berfungsi untuk memperbaiki kondisi ketenagakerjaan dunia seperti ketidakadilan, kesulitan, dan kekurangan bagi tenaga kerja sehingga menimbulkan keresahan yang begitu besar dan mengancam perdamaian dan keseimbangan dunia. Perbaikan kondisi ketenagakerjaan (merujuk pada hasil deklarasi *International Labour Conference* (ILO) tahun 2008) harus dapat menyentuh dimensi: (1) pendapatan tenaga kerja (upah); (2) waktu kerja; dan (3) Keamanan dan kesehatan kerja (K3). Termasuk di dalamnya keamanan kerja, norma dan standar untuk pekerjaan dan pekerjaan, pembagian kerja, perundingan antara pekerja dan pengusaha, HIV dan AIDS, perlindungan kehamilan, administrasi dan pengawasan tenaga kerja, dan kondisi kerja. “*International Labour Organization*, 2015, p. 2”. Dapat disimpulkan bahwa tingkat kesejahteraan tenaga kerja antara lain ditentukan oleh proteksi yang optimal. Semakin tinggi tingkat proteksi yang diberikan oleh perusahaan terhadap tenaga kerja, semakin berkualitas kinerja yang dihasilkan oleh tenaga kerja.

Tujuan Proteksi

Tercapainya sasaran dan tujuan perusahaan antara lain ditentukan oleh sumber daya manusia yang handal yang terlibat dalam perusahaan tersebut. Aktivitas perusahaan yang berpotensi menyebabkan terjadinya hal-hal yang merugikan tenaga kerja seperti kecelakaan yang terjadi saat bekerja yang menyebabkan luka baik sementara maupun permanen, atau praktik imoralitas yang menyebabkan ketidaknyamanan dalam bekerja, tentunya akan berdampak pada kinerja yang dihasilkan oleh tenaga kerja tersebut terhadap perusahaan. Semakin lemah perusahaan dalam memperhatikan optimalisasi keamanan dan kenyamanan tenaga kerja dalam bekerja, semakin lemah bagi perusahaan untuk mendapatkan dan mempertahankan tenaga kerja berkualitas. Dan ini berdampak pada kelemahan perusahaan untuk mencapai target perusahaan sesuai dengan sasaran dan tujuan yang telah ditetapkan. Diperlukan mekanisme pengelolaan perusahaan yang dapat menciptakan kenyamanan dan keamanan bekerja bagi para tenaga kerja yang dimilikinya. Mekanisme ini dalam konteks manajemen sumber daya manusia dikenal dengan istilah proteksi sumber daya manusia.

Proteksi sumber daya manusia bertujuan untuk memberikan perlindungan bagi para tenaga kerja agar terlindung dari tindakan sewenang wenang oleh pengusaha (*Scarpetta*, 2014, p. 1) dan mencegah tenaga kerja terbunuh/kehilangan nyawa atau dirugikan di tempat kerja (*Occupational Safety and Health Administration*, 2017, p. 3). Proteksi bertujuan untuk melindungi pekerja dari perilaku tidak adil yang dilakukan oleh pengusaha, untuk melawan ketidaksempurnaan di pasar keuangan yang membatasi kemampuan pekerja untuk

mengasuransikan diri mereka dari kehilangan pekerjaan, dan juga bertujuan untuk melestarikan sumber daya manusia sebagai *human capital* perusahaan. (Scarpetta, 2014, p. 1)

Tujuan proteksi sebagaimana yang digariskan dalam Peraturan Pemerintah No 50 tahun 2012 Pasal 1 ayat 2 bahwa Keselamatan dan Kesehatan Kerja yang selanjutnya disingkat K3 adalah segala kegiatan untuk menjamin dan melindungi keselamatan dan kesehatan tenaga kerja melalui upaya pencegahan kecelakaan kerja dan penyakit akibat kerja. Tujuan proteksi selain yang digariskan dalam nomenklatur tersebut, tercantum dalam Indonesia Labour Law (*International Labour Organization, 2004, p. 23*), dalam pekerjaan pada penyaluran listrik tegangan menengah butuh perlindungan untuk fasilitas yang disediakan maka dari itu PT.Powerindo Prima Perkasa memproduksi proteksi yang berguna untuk melindungi SDM dan juga fasilitas penyaluran tegangan menengah.

Proteksi Jaringan Distribusi Tegangan Menengah

Sistem distribusi adalah bagian dari sistem tenaga listrik, dimana sistem ini bertujuan untuk mengirimkan energi listrik dari unit pembangkit listrik sampai ke konsumen. Tenaga listrik yang dihasilkan dari unit pembangkit adalah 11kV sampai 24 kV, kemudian tegangannya dinaikkan oleh gardu induk tegangan tinggi dengan transformator penaik tegangan (step up) menjadi 500 kV, kemudian disalurkan melalui transmisi. Tujuan dari dinaikkan tegangan sampai 500 kV adalah untuk mengurangi kerugian daya listrik pada saluran transmisi, Dimana kerugian daya adalah sebanding kuadrat arus yang mengalir. Daya yang sama apabila nilai tegangannya diperbesar maka nilai arus yang mengalir semakin kecil, sehingga kerugian daya semakin kecil pula.

Tegangan yang ditransmisikan diturunkan dengan transformator penurun tegangan (step down) pada gardu induk distribusi menjadi 20 kV, kemudian disalurkan ke trafo distribusi yang lebih kecil menjadi tegangan rendah yaitu 230/400 V kemudian disalurkan ke konsumen atau pelanggan. Pada wilayah pusat tegangan tinggi ini diturunkan kembali dengan transformator penurun tegangan (step down) yang berakibat apabila ditinjau nilai tegangannya maka mulai dari titik sumber sampai titik beban terdapat bagian saluran yang mempunyai nilai tegangan yang berbeda, pada distribusi ini dilakukan melalui jaringan yang terdapat dari berbagai macam saluran, contohnya dari jaringan udara biasa disebut dengan gardu Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM) dan dari gardu ini terdapat pengaman-pengaman Pengaman *Fuse Cut Out* (FCO) sebagai pengaman hubung singkat transformator dengan elemen pelebur, *Lightning Arrester* (LA) sebagai sarana pencegah naiknya tegangan pada transformator akibat surja petir, Suspension dan line post sebagai isolator dari setiap tiang penyaluran tegangan pada gardu.

Lightning Arrester

Lightning Arrester adalah alat yang didesain guna untuk melindungi fasilitas penyalur tegangan listrik seperti pada gardu induk, trafo, Automatic Voltage Regulator(AVR), pemutus pada sambungan kabel tegangan menengah dari gangguan tegangan lebih akibat penyuntikan energi secara tiba-tiba dan sambaran petir dari fungsi utama dari lightning arrester adalah sebagai pembatas nilai tegangan lebih yang akan diterima oleh fasilitas.

Dalam pembuatan LA atau *Lightning Arrester* ini komponen utama pada ares adalah *Varistor* yang berbentuk tabung yang dimana berfungsi untuk penyalur Arus lebih pada arrester dan setiap tabung *Varistor* dapat menahan tegangan 4KV, pada saat diberi tumpukan 6 *Varistor* akan menjadi 24KV bahan ini dipakai pada arrester disusun dengan 6 tumpukan dan di press lalu di gulung dengan bahan anti panas yang dinamakan proses MOV atau proses gulung pada tumpukan *Varistor* sebelum dilakukan proses MOV arrester diberikan pelindung yang berbentuk kertas khusus yang dimana berfungsi sebagai penahan dan melindunginya dari panas agar pada saat penggunaan arrester dapat menyesuaikan dengan keadaan dan lingkungannya.

Setelah melakukan proses MOV maka akan dinamakan Metal Oxide Arrester dan akan diberikan diberikan pelapis lem pada bagian pinggir Metal oxide Arrester dan dipanaskan dengan suhu 80°C agar pada saat proses pemberian lapisan paling luar pada Oxide agar tidak lengket dan terkelupas saat di MOV juga diberikan lem sebagai pelapis pelindung perekat dengan isolasi pada bagian luar dan di bagian tumpukan *Varistor* diberikan tumpukan komponen elektron dengan lubang pada bagian tengah sebagai tempat bertumpunya arrester dan diberikan minyak khusus guna untuk memasang baut dan disconnecter pada arrester ketika dipasang pada tiang dan trafo. Agar tidak lepas dari penempatan pemasangan pada arrester dan dapat bertahan lama.

Setelah bahan Metal Oxide Arrester akan melewati proses injection dimana pada metal Oxide Arrester akan diberikan rubber atau pelapis bagian luar dengan proses pencetakan dengan suhu yang diberikan pada rubber 170 – 180°C agar tidak terjadi pengerasan pada rubber dan tidak terjadinya keretakan pada bagian pelapis paling luar, pada arrester yang berfungsi sebagai pelindung arrester dari panas dan hujan agar tidak ada masuknya air kedalam bagian inti pada arrester.

Dari penjelasan proses pembuatan produksi Lightning Arrester memiliki standarisasi dari PT PLN (Persero), pada proses pembuatannya berpacu dengan hasil dari uji coba pada standar PT.PLN (Persero) dengan beberapa istilah pada pengujiannya. Seperti berikut :

1. Arus Pelepasan Nominal Pengenal (*Rated Nominal Discharge Current*) (In)

Nilai puncak arus pelepasan dengan bentuk gelombang $8/20\mu s$ yang dipakai untuk mengklasifikasi arrester.

2. Dudukan (*Bracket*)

Peralatan yang digunakan sebagai dudukan /penggantung arrester

3. Frekuensi Pengenal (*Rated Frequency*) (*Fr*)

Jumlah gelombang satu siklus utuh maksimum yang melewati titik tetap per satuan waktu dari sistem secara kontinu. Frekuensi ini dapat diterapkan pada arrester secara kontinu tanpa mempengaruhi karakteristik kerjanya.

4. Gaya Mekanis Sesaat yang Dispesifikasikan (*Specified Short Term Load*)

Gaya mekanis sesaat terbesar terhadap sumbu longitudinal yang sanggup ditahan oleh arrester dan ditetapkan oleh pabrikan tanpa menyebabkan kerusakan mekanis untuk penggunaan pada sistem distribusi.

5. Isokeraunic Level (*IKL*)

Garis yang menghubungkan daerah-daerah dengan jumlah hari guruh yang sama. Dalam hal ini, jika minimum satu guruh terdengar oleh pengamat dalam satu hari, maka disebut satu hari guruh (*thunder storm day*).

6. Jarak Rambat Insulator Fase ke Bumi (*Creepage Distance Phase To Earth*)

Jarak terpendek antara dua bagian konduktif (fase ke bumi) diukur sepanjang permukaan selubung isolator.

7. Keramik (*Porcelain*)

Bahan bukan logam dan anorganik yang berbentuk padat dan mempunyai kemampuan isolasi terhadap tegangan.

8. Kelas (*Line Discharge Class*)

Tingkatan kemampuan arrester untuk melakukan penyerapan energi maksimum dari impuls petir.

9. Kekuatan Selubung Elektrik (*Electric Strength Of Housing*)

Kemampuan isolator menahan tegangan tinggi tanpa kegagalan.

10. Kemampuan Hubung Singkat Isolator (*Short Circuit Capability*)

Kemampuan hantar arus hubung singkat dari arrester yang tidak menyebabkan meledaknya selubung isolator arrester.

11. Lama Arus Gangguan (*Fault Duration*)

Lama waktu yang dibutuhkan untuk menghilangkan gangguan.

12. Pemisah (*Disconnecter*)

Peralatan untuk mengisolasi arrester yang mengalami kerusakan dari sistem distribusi.

13. Polimer (*Polymer*)

Salah satu bahan rekayasa bukan logam (non-metallic material) yang dihasilkan dengan cara polimerisasi dari molekul yang sangat banyak dengan satuan struktur berantai panjang dan mempunyai kemampuan isolasi terhadap tegangan.

14. Sistem Pembumian Titik Netral (*System Neutral Connection*)

Sistem jaringan tegangan menengah yang titik netralnya dihubungkan ke bumi, baik melalui impedansi maupun secara langsung.

15. Selubung (*Housing*)

Bagian terluar dari suatu arrester yang membungkus MOV dan bersifat isolasi.

16. Tegangan Pengenal (*Rated Voltage*) (U_r)

Nilai efektif maksimum dari tegangan frekuensi kerja yang diizinkan antara kutub-kutub yang dirancang agar dapat bekerja dengan tepat.

17. Tegangan Operasi Kontinu (*Continuous Operating Voltage; U_c*)

Tegangan operasi kontinu yang diperbolehkan atau tegangan rms maksimal yang diberikan pada arrester saat beroperasi kontinu. Tegangan ini adalah tegangan maksimal arrester pada keadaan non-konduksi dan merupakan tegangan saat arrester kembali dari keadaan konduksi. CATATAN: Pada standar IEEE istilah COV digunakan MCOV (*Maximum Continuous Operas Voltage*).

18. Tipe Selubung (*Type of housing*)

Jenis isolator yang digunakan pada arrester tersebut.

19. Tegangan Tertinggi Untuk Peralatan (*Highest System Voltage*) (U_m)

Nilai tegangan tertinggi yang terjadi dalam keadaan kerja normal pada setiap saat dan di setiap titik pada peralatan tersebut. Keadaan ini tidak termasuk gejala-gejala peralihan. tegangan, misalnya yang terjadi karena pemutusan sistem, dan variasi tegangan temporer.

20. Tegangan Residual Maksimum (*Maximum Residual Voltage*)

Nilai puncak tegangan antara terminal dari arrester selama terjadi arus pelepasan.

Dalam pembuatan Lightning Arrester yaitu adalah bahan isolator terkecuali bagian inti yang dimana memiliki batas hambatan yang akan memicu pemutusan saluran, dan komponen yang berfungsi sebagai pemutus dinamakan Disconnecter yang diletakkan dibagian bawah isolator arrester yang sudah diberi penggantung berisolasi pada arrester.

Fuse Cut Out (FCO)

Fuse Cut Out adalah pengaman sederhana yang berfungsi hampir sama dengan MCB pada umumnya yaitu sebagai pemutus bila terjadinya hubung singkat dan juga mengatasi arus yang melewati batas pada jaringan menengah, apabila arus yang melewati arus pemutus

minimum juga akan mengubah karakteristik FCO terutama pada pemutus nya. Biasanya ditemukan pada jaringan tegangan menengah dari gangguan hubung singkat antar fasa maupun fasa tanah dan terdapat pada trafo berfungsi untuk mengamankan gangguan hubung singkat pada trafo.

Dalam proses pembuatannya FCO terdiri dari berbagai macam komponen yang terdiri dari komponen awal atau bagian inti dalam pada FCO dengan Guit Pull Roat Accessories (GPRA) pada batang bagian komponen ini terbuat dari bahan Epoxy yang berfungsi sebagai isolator dan bagian kanan, kiri dan tengah terbuat dari bahan alumunium.

Pada GPRA FCO juga diberikan pelapis lem sebagai perekat guna pada saat pemasangan rubber tidak lepas dari GRPA FCO dan dipanaskan dengan suhu 80°C agar tidak lengket pada bagian alumunium setelah itu dilakukan proses injection juga kepada GPRA FCO sebagai pelapis luar isolator pada suhu 170-175°C selama 10 menit agar tidak keras pada bagian alumunium.

Pada bagian atas dan bawah FCO memiliki komponen yang berbeda beda yang terdiri dari UPER, LOWER dan FUSE TUBE dimana komponen ini terdiri dari beberapa material yang terbuat dari bahan Stainless steel, kuningan dan Epoxy yang dimana akan dirakit menjadi komponen UPER, LOWER dan FUSE TUBE pada FCO.

Bila bagian badan dari FCO sudah jadi maka akan disatukan dengan UPPER dan LOWER pada FCO yang dimana berfungsi sebagai tempat Penopang Fuse Tube sebagai tempat yang akan diberikan fuse link dengan fungsi sebagai pemutus.

Dalam standarisasi PLN juga memiliki Istilah tersendiri, seperti berikut :

1. Fuse base

Bagian tetap dari fuse cutout yang terdiri dan insulator, kontak dan terminal.

2. Fuse carrier

Bagian bergerak dari fuse cutout yang didesain untuk penempatan fuse-link di bagian dalamnya.

3. Fuse holder

Kombinasi dari fuse base dan fuse carrier.

4. Fuse link

Bagian dari fuse cutout yang harus diganti setelah beroperasi (putus).

5. Terminal

Bagian konduktif dari fuse cutout yang berfungsi untuk menghubungkan ke konduktor eksternal.

6. Kecepatan pemutusan fuse link

Ditunjukkan dengan huruf K atau T. berhubungan dengan rasio antara nilai arus pra busur pada dua nilai yang ditentukan dari waktu pra-busur.

7. Load-break tool

Alat yang digunakan untuk membuka fuse cutout dalam kondisi berbeban.

8. Pembawa fuse carrier

Alat bantu untuk membawa fuse carrier dari dan ke fuse base.

9. Galah

Batang insulasi yang berfungsi untuk disambungkan dengan pembawa fuse carrier atau load-break tool dalam mengoperasikan fuse cutout.

Isolator

Isolator merupakan materi atau bahan yang dimana muatan listrik tidak dapat bebas melewatinya sehingga menjadi hampir untuk listrik melewatinya, tidak seperti konduktor dan semikonduktor, dimana isolator memiliki resistivitas yang lebih tinggi daripada semikonduktor atau konduktor.

Pada isolator juga walau hampir dapat menghambat dengan sempurna tapi ada juga kemungkinan untuk isolator dapat mengalirkan listrik jika ada tegangan yang besar dan pada muatan dapat membawa arus dan membuat isolator dapat terkonduktif sehingga adanya loncatan elektron dari atom, pada hasil produksi terdapat pembuatan isolator yang terdiri dari *line post* dan juga *suspension* dimana komponen ini terbuat dari bahan isolator pada tiap sisi dan bahan dari tiap bagiannya.

Pada proses produksinya bahan pada komponen terbuat dari alumunium, epoxy dan rubber dimana pada bagian batang dari *suspension* itu terbuat dari epoxy dengan tipe yang berbeda tingkatannya dari epoxy pada *line post* terbuat dari epoxy dengan tipe great C sedangkan *suspension* terbuat dari epoxy great A.

Dibagian *suspension* pada bagian atas dan bawah memiliki nama dan fungsi yang berbeda beda antara lain yaitu *Single Ear Flange* dan *Double Ear Flange* dimana pada *Single Ear Flange* berguna untuk menyanggah *suspension* pada kabel, disebut dengan stam klam dan pada bagian *Double Ear Flange* dilewati kabel dan diberikan pengunci.

Pada Proses pembuatan dari *suspension* dan *line post* sama dan yang membedakan hanyalah bentuk dari isolator dari proses pressing di bagian top dan bot lalu proses injection pun juga sama menggunakan bahan rubber dengan suhu 175°C-180°C dalam jangka waktu 600 detik untuk menyesuaikan suhu pada epoxy dan perekat di bagian dalam komponen yang dapat memungkinkan terjadinya peregangan pada rubber dan pada bagian pinggir *suspension*

diberikan lem khusus untuk menghambat masuknya air pada bagian top dan bot di suspension ketika hujan.

3. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan penulis dalam penelitian ini terdiri dari observasi, pengumpulan data, pengolahan data, dan analisa data. Data yang didapat pada penelitian ini adalah dengan cara mengikuti proses *Assembling Polymer* hingga *Quality Control* (QC) yang dimana meliputi proses sebagai berikut :

a. Handling

Proses dimana material disiapkan dan dipisahkan untuk memudahkan pada saat perakitan.

b. Prame

Pemasangan material yang perlu dilakukan pengepresan pada material agar menempel.

c. Camlok

Pemberian lem perekat pada beberapa material tertentu.

d. Injection

Proses pemanasan dan pemasangan material yang direkatka pada komponen.

e. Tapping

Biasa tapping disebut dengan menggunakan alat bor listrik dan digunakan untuk mengencangkan baut dan mur yang terdapat pada komponen.

f. MOV

Proses penggulungan pada material khusus dan diberikan pelapis.

g. Finishing

Proses penyiapan komponen yang sudah siap proses ini beragam bisa dari pemasangan material akhir dan juga bisa pemasangan stiker nomor seri.

h. Packing

Proses paling akhir menyiapkan komponen dengan tempat atau wadah untuk dikirim langsung pada konsumen.

Setelah melewati proses assembling maka pada komponen LA akan melewati proses uji komponen yang meliputi

1. Uji ketahanan isolasi pada selubung.

2. Uji Tegangan Residual

a. Dengan Impuls arus curam

b. Dengan impuls petir

- c. Dengan impuls Swisting
- 3. Uji ketahanan impuls arus durasi panjang
- 4. Uji Operasi
 - a. Uji Operasi Impuls arus Tinggi
 - b. Uji Operasi surja switching
- 5. Uji Hubung Singkat
- 6. Uji pemisah arrester/indikator gangguan
 - a. Uji Isolator terpolusi
 - b. Weather egein Test untuk selubung polimer
- 7. Uji Pelepasan Perisai internal
- 8. Uji Momen lentur
- 9. Uji lingkungan
- 10. Uji Tingkat Kebocoran Seal
- 11. Pengukuran Tegangan Referensi.

Adapun Uji untuk FCO juga agar sesuai standar dari ketentuan yang telah dikeluarkan oleh PLN yaitu sebagai berikut :

- 1. Pemeriksaan Penandaan
- 2. Pemeriksaan Konstruksi
- 3. Kelengkapan komponen
- 4. Pengujian dimensi
- 5. Uji ketahanan tegangan

6. Uji ketahanan tegangan
 - a. Kering
 - b. Basah
 7. Uji kenaikan suhu
 8. Uji pemutusan
 9. Uji mekanikal pada fuse base
 10. Uji operasi dengan galah Tipe 1 dan load-break tool
 11. Uji populasi artifisial pada fuse base
 - a. Uji cuaca dipercepat
 - b. Uji tracking dan erosi
 12. Evaluasi ketahanan tracking dan erosi
- Dari data yang didapat setelah mengikuti proses produksi kemudian pengujian untuk menyesuaikan standar dari PLN maka langkah berikutnya adalah mengolah data dari hasil Uji pada keseluruhan komponen.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

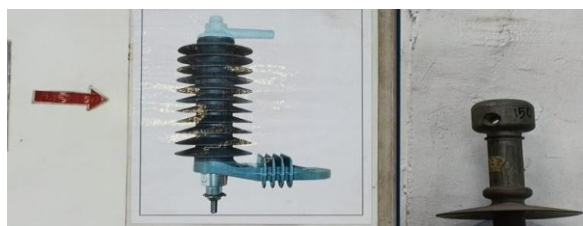
a. Proteksi Jaringan Distribusi Tegangan Menengah

Distribusi tegangan menengah merupakan sistem yang bertujuan untuk mengirim energy listrik dari unit pembangkit listrik sampai ke konsumen. Tenaga yang disalurkan adalah 500 kV di turunkan 11kV hingga 12 kV dengan trafo *step down* dan disalurkan dari trafo ke Papan Hubung Bagi Tegangan Rendah (PHB TR) menjadi 3 fasa dan disalurkan menuju konsumen (Rochman, Arif Noor. 2019)..

Umumnya dari tiang saluran udara menengah dengan peralatan pengaman Fuse Cut out (FCO) sebagai pengaman hubung singkat transformator dengan pengaman lebur, Lightning Arrester (LA) sebagai sarana Pencegah naiknya tegangan pada transformator akibat surja petir dan Suspension isolator dan Line pose terdapat pada tiang yang menuju transformator untuk melindungi terjadinya arus bocor pada tiang listrik.

b. Lightning Arrester (LA)

Lightning Arrester (LA) merupakan komponen yang digunakan untuk melindungi fasilitas penyalur tegangan listrik seperti pada gardu induk, trafo, *Automatic Voltage Regulator* (AVR), pemutus pada sambungan kabel tegangan menengah dari terjadinya penyuntikan energy secara tiba-tiba dan sambaran petir dan fungsi utamanya adalah sebagai pembatas nilai tegangan lebih yang akan diterima oleh fasilitas (Hartanti.2018).



Gambar 3. *Lightning Arrester.*

Dalam pemasangannya LA ini digunakan pada tegangan menengah yang terdapat pada jaringan menengah dan biasanya ditemukan tepat berada pada bagian atas Trafo dan dihubungkan pada kabel ground, agar pada saat terjadinya tegangan lebih maka akan langsung dialirkan ke ground dan mencegah kerusakan pada fasilitas distribusi tegangan menengah.

c. Fuse Cut Out (FCO)

Fuse Cut Out (FCO) merupakan komponen sederhana yang berfungsi hampir sama dengan *Miniatur Circuit Breaker* (MCB), pada umumnya yaitu sebagai pemutus bila terjadinya hubung singkat dan juga mengatasi arus yang melewati batas pada jaringan menengah, apa bila arus yang melewati arus pemutus minimum maka FCO ini akan menyesuaikan karakteristik terutama pada pemutusnya (Paemboyan.2021).



Gambar 4. *Fuse Cut Out (FCO).*

Pada pemasangannya terdapat pada bagian atas Lightning Arrester karena pemasangannya ini berfungsi untuk menangani arus bila terjadinya arus lebih pada fasilitas pembangkit tegangan menengah, yang biasanya terjadi karena faktor alam yang bisa menyebabkan kerusakan pada fasilitas.

d. ISOLATOR

Isolator merupakan salah satu bahan yang dimana muatan listrik tidak dapat melewatinya, walau hampir sempurna dalam menghambat karena isolator memiliki resistivitas yang tinggi daripada semikonduktor tapi masih ada kemungkinan juga dapat mengalirkan listrik jika ada tegangan yang besar dan pada muatan dapat membawa arus dan membuat isolator dapat terkonduktif sehingga adanya loncatan elektron dari atom.(Sulisyanto.2012).



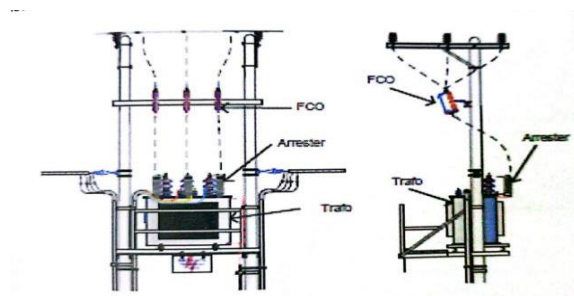
Gambar 5. Isolator Tumpu dan Isolator Tarik.

Pada pemasangan dari komponen isolator tumpu dan isolator tarik berada pada jalur distribusi tegangan menengah dan biasanya bisa ditemukan pada tiang listrik yang dengan kabel saja, karena komponen ini berguna sebagai tumpuan pada kabel agar tidak terjadinya kebocoran sehingga dapat melindungi tiang listrik. Pada isolator tarik bisa ditemukan pada tikungan karena dari fungsinya sendiri digunakan pada tikungan agar kabel pada saat memuai dan memproteksi tiang dari kebocoran tegangan, dan isolator tumpu bisa ditemukan pada tempat dan yang membedakannya adalah isolator tumpu digunakan untuk menopang kabel pada posisi jalanan lurus.

e. Hasil

Dari yang diketahui hasil pengumpulan data produksi pada komponen proteksi jaringan distribusi tegangan menengah dari bahan *polymer* yaitu :

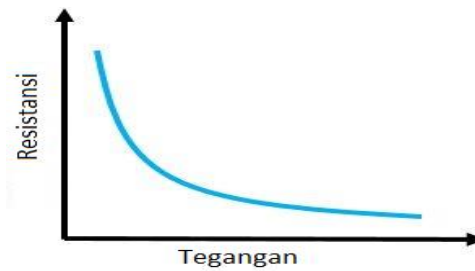
Dalam jaringan distribusi tegangan menengah dalam penyaluran 24kV perlu adanya pengaman pada jaringan distribusi untuk melindungi dari gangguan faktor alam yang bisa ditemukan dari hewan dan sambaran petir, maka dari itu komponen ini dipersiapkan untuk adanya kendala jika terjadinya hal seperti yang tidak diinginkan yang dapat menyebabkan kerugian yang sangat besar.



Gambar 6. Pemasangan komponen proteksi tegangan menengah.

Gambar berikut merupakan pemasangan komponen proteksi yang terdapat pada jaringan distribusi tegangan menengah yang dimana terdiri dari FCO, LA, dan Trafo juga pada isolator tumpu dan Tarik berada di bagian paling atas, pada pemasangannya LA dipasang setelah FCO karena dalam kerjanya untuk melindungi adanya arus berlebih pada trafo lebih efektif dari terjadinya tegangan berlebih karena dalam pengujian yang dilakukan yang didapat adalah dari

hasil yang ditemukan adalah sering terjadinya gangguan arus dari pada terkenannya surja petir maka dari itu pemasangan komponen seperti pada gambar.



Gambar 7. Karakteristik varistor

Berdasarkan gambar diatas merupakan sifat dasar dari Lightning Arrester yaitu dengan bahan utama varistor yang dimana pada saat tegangan normal akan bersifat menghambat dan pada saat tegangan tinggi akan menjadi konduktor pada saat masuknya surja petir jika tidak melebihi batas pada LA maka akan dialiri ke tanah atau ground dengan kawat induksi penghubung LA.

Tabel 1. Data Pengujian Standarisasi Lightning Arrester Tegangan Menengah 24kV

Item Pengujian	Uji Jenis		Uji Rutin	Uji Contoh
	Arrus Pelepasan Nominal Standar			
	20 KA	10 KA		
Uji ketahanan isolasi pada selubung (Insulation withstand test on the arrester housing)	✓	✓		
Uji Tegangan Residual (Residual Voltage Test)				
A. Dengan Impuls arus curam (Steep current impulse)	✓	✓		
B. Dengan impuls petir (Light impulse)	✓	✓	✓	✓
C. Dengan impuls Swisting (Switching impulse)	✓	✓		
Uji ketahanan impuls arus durasu panjang (Long duration current impulse with stand test)	✓	✓		
Uji Operasi (Operating Duty Test)				
A. Uji Operasi Impuls arus Tinggi (High current impluse operating duty test)		✓		
B. Uji Oprasi surja switching (Switching surge operating duty test)	✓	✓		
Uji Hubung singkat (Short circuit)	✓	✓		
Uji pemisah arrester/indikator gangguan(Arrester disconnect/fault indicator)	✓	✓		

A. Uji Isolator terpolusi (Polluted housing test) untuk selubung porselen	✓			
B. Weather egein Test untuk selubung polimer	✓			
Uji Pelepasan Perisai internal (internal partial discharge test)	✓	✓	✓	✓
Uji Momen lentur (Bending Moment)	✓	✓		
Uji lingkungan (Encviromental test) untuk selubung porselen	✓	✓		
Uji tingkat kebocoran Seal (Seal leak rate) untuk selubung porselen	✓	✓		
Pengukuran Tegangan Referensi			✓	✓

Dari yang di dapat Arrester dipakai sebagai alat proteksi utama dari tegangan lebih. Karena kepekaan arrester terhadap tegangan, maka pemakainya harus disesuaikan dengan tegangan sistem. Pemilihan lightning arrester dimaksudkan untuk mendapatkan tingkat isolasi dasar yang sesuai dengan Basic Insulation Level (BIL) peralatan yang dilindungi, sehingga didapatkan perlindungan yang baik. Pada pemilihan arrester ini dimisalkan tegangan impuls petir yang datang berkekuatan 400 KV dalam waktu 0,1 μ s, jarak titik penyambaran dengan transformator 5 Km.

Tabel 2. Batas Aman Arrester

IMPULS PETIR (KV)	BIL ARRESTER (150 KV)	BIL TRAF0 (125 KV)	KONDISI	KETERANGAN
120 KV	<150 KV	<125 KV	Aman	Tegangan masih di bawah rating transformator maupun arrester
125 KV	<150 KV	=125 KV	Aman	Tegangan masih memenuhi batasan keduanya
130 KV	<150 KV	>125 KV	Aman	Tegangan lebih diterima arrester dan dialirkan ke tanah
150 KV	=150 KV	>125 KV	Aman	Masih memenuhi batas tegangan tertinggi yang bisa diterima arrester.
200 KV	>150 KV	>125 KV		Arrester rusak, transformator rusak

Adapun hasil dari table 1. dan 2. spesifikasi yang di dapat :

1. Tegangan dasar Arrester yang di dapat sebagai berikut :

Pada jaringan tegangan menengah arrester ditempatkan pada sisi tegangan tinggi (primer) yaitu 20 KV. Tegangan dasar yang dipakai adalah 20 KV sama seperti tegangan pada sistem. Hal ini dimaksudkan agar pada tegangan 20 KV arrester tersebut masih tetap mampu memutuskan arus ikutan dari sistem yang efektif.

2. Tegangan sistem tertinggi :

Umumnya diambil harga 110% dari harga tegangan nominal sistem. Pada arrester yang dipakai PLN adalah :

$$\begin{aligned} V_{mak} &= 110\% \times 20 \text{ kV} \\ &= 22 \text{ kV, dipilih arrester dengan tegangan teraan 24kV.} \end{aligned}$$

3. Koefisien Pentanahan

Didefinisikan sebagai perbandingan antara tegangan rms fasa sehat ke tanah dalam keadaan gangguan pada tempat dimana penangkal petir. Untuk menentukan tegangan puncak (V_{rms}) antar fasa dengan ground digunakan persamaan :

$$V_{rms} = \frac{V_m}{\sqrt{2}} = \frac{22 \text{ kV}}{\sqrt{2}} = 15,56 \text{ kV}$$

Dari persamaan di atas maka diperoleh persamaan untuk tegangan fasa dengan ground pada sistem 3 fasa didapatkan persamaan :

$$\begin{aligned} V_{m(L-G)} &= \frac{V_{rms} \times \sqrt{2}}{\sqrt{3}} = \frac{15,5 \text{ kV} \times \sqrt{2}}{\sqrt{3}} = 12,65 \text{ kV} \\ \text{Koefisien pentanahan} &= \frac{V_{m(L-G)}}{V_{rms}} = \frac{12,65 \text{ kV}}{15,56 \text{ kV}} = 0,81 \end{aligned}$$

Keterangan :

V_m = Tegangan puncak antara fasa dengan ground (KV)

V_{rms} = Tegangan nominal sistem (KV)

4. Tegangan Pelepasan arrester

Tegangan kerja penangkap petir akan naik dengan naiknya arus pelepasan, tetapi kenaikan ini sangat dibatasi oleh tahanan linier dari penangkap petir. Tegangan yang sampai pada arrester

$$E = \frac{e}{K.e.x} = \frac{400 \text{ kV}}{0,0006 \times 5 \text{ Km}} = 133,33 \text{ kV}$$

Keterangan :

E = tegangan pelepasan arrester (KV)

e = puncak tegangan surja yang datang

K = konstanta (0,0006)

x = jarak perambatan

Harga puncak surja petir yang masuk ke pembangkit datang dari saluran yang dibatasi oleh BIL saluran. Dengan mengingat variasi tegangan flashover dan probabilitas tembus

isolator, maka 20% untuk faktor keamanan yang telah ditetapkan oleh PT.PLN, sehingga harga e adalah:

$e = 1,2 \text{ BIL saluran}$

Keterangan :

e = tegangan surja yang datang (kV)

BIL = tingkat isolasi dasar transformator (kV)

5. Arus pelepasan nominal (Nominal Discharge Current)

$$I = \frac{2e - E}{Z + R}$$

Z adalah impedansi saluran yang dianggap diabaikan karena jarak perambatan sambaran tidak melebihi 10 Km dalam arti jarak antara GTT yang satu dengan yang GTT yang lain berjarak antara 8 Km sampai 10 Km. (SPLN 52-3,1983 : 11)

$$R = \frac{\text{tegangan impuls } 100 \%}{\text{aruspemuat}} = \frac{105 \text{ kV}}{2,5} = 42 \Omega$$

$$I = \frac{2 \times 400 \text{ kV} - 133,33}{0 + 42\Omega} = 15,8 \text{ kA}$$

Keterangan :

I = arus pelepasan arrester (A)

e = tegangan surja yang datang (KV)

E_e = tegangan pelepasan arrester (KV)

Z = impedansi surja saluran (Ω)

R = tahanan arrester (Ω)

Jatuh tegangan pada arrester dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$V = I \times R$$

Sehingga tegangan pelepasan arrester didapatkan sesuai persamaan:

$$e_a = E_o + (I \times R)$$

Keterangan :

I = arus pelepasan arrester (KA)

E_o = tegangan arrester pada saat arus nol (KV)

E_o = tegangan pelepasan arrester (KV)

Z = impedansi surja (Ω)

R = tahanan arrester (Ω)

6. Pemilihan tingkat isolasi dasar (BIL)

“Basic Impuls Insulation Level (BIL) level yang dinyatakan dalam impulse crest voltage (tegangan puncak impuls) dengan standar suatu gelombang $1,5 \times 40 \mu s$. Sehingga isolasi dari peralatan-peralatan listrik harus mempunyai karakteristik ketahanan impuls sama atau lebih tinggi dari BIL tersebut.

7. Penentuan tingkat isolasi dasar (BIL)

Harga puncak surja petir yang masuk ke pembangkit datang dari saluran yang dibatasi oleh BIL saluran. Dengan mengingat variasi tegangan flashover dan probabilitas tembus isolator, maka 20% untuk faktor keamanan yang telah ditetapkan oleh PT.PLN, sehingga harga E adalah:

$$e = 1,2 \text{ BIL saluran}$$

$$e = 1,2 \times 125 \text{ KV}$$

$$e = 150 \text{ KV}$$

Basic Impuls Insulation Level (BIL) level yang dinyatakan dalam impulse crest voltage (tegangan puncak impuls) dengan standar suatu gelombang $1,2/50 \mu s$. Sehingga isolasi dari peralatan-peralatan listrik harus mempunyai karakteristik ketahanan impuls sama atau lebih tinggi dari BIL tersebut. Sehingga dipilih BIL arrester yang sama dengan BIL transformator yaitu 150 KV.

8. Margin Perlindungan Arrester

Untuk menghitung dari margin perlindungan dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$MP = (BIL / KIA - 1) \times 100\%$$

$$\begin{aligned} MP &= (150 \text{ KV} / 133,3 - 1) \times 100\% \\ &= 125,28 \% \end{aligned}$$

Keterangan :

MP = margin perlindungan (%)

KIA = tegangan pelepasan arrester (KV)

BIL = tingkat isolasi dasar (KV)

Berdasarkan rumus diatas ditentukan tingkat perlindungan untuk trafo daya. Kriteria yang berlaku untuk $MP > 20\%$ cukup untuk melindungi transformator.

9. Jarak penempatan Arrester dengan Peralatan

Penempatan arrester yang baik adalah menempatkan arrester sedekat mungkin dengan peralatan yang dilindungi. Jarak arrester dengan peralatan Yang dilindungi digunakan persamaan sebagai berikut:

$$E_p = e_a + \frac{2 \times A \times x}{v}$$

$$125 = 133,3 \text{ KV} + \frac{2 \times 4000 \text{KV} / \mu s \times x}{300 \text{m} / \mu s}$$

$$8,3 = 26,6x$$

$$x = 0,31$$

Menjadi jarak arrester sejauh 31 cm dari transformator yang dilindungi.

Perhitungan jarak penempatan arrester di atas digunakan untuk transformator tiang. Sebagaimana perancangan pada system ini, yaitu perencanaan Gardu Trafo Tiang.

Tabel 3. Hasil Uji FCO

Mata Uji	Metode uji/Persyaratan	Jenis	Rutin	Serah terima
2	3	4	5	6
Pemeriksaan penandaan	Fuse base dan Fuse carrier	✓	✓	✓
Pemeriksaan konstruksi	Bagian bagian dari FCO	✓		✓
Kelengkapan komponen	Bagian bagian dari FCO		✓	✓
Pengujian dimensi	• Bagian bagian dari FCO • Gambar desain • inti isolator karet silicon • merek dan tipe fuse link	✓		✓
Uji ketahanan impuls petir	IEC 60282-2	✓		
Uji ketahanan tegangan				
Kering	IEC 60282-2	✓	✓	✓
basah	IEC 60282-2	✓		
Uji kenaikan suhu	IEC 60282-2	✓		
Uji pemutusan	IEC 60282-2	✓		
Uji mekanikal pada fuse base	IEC 60282-2	✓	✓	✓

Uji operasi dengan galah Tipe 1 dan load-break tool (tanpa beban)	Harus dapat dioprasikan dengan baik	✓		✓
Uji populasi artifisial pada fuse base		✓		
Uji cuaca dipercepat	IEC 62217			
Uji <i>tracking</i> dan <i>erosi</i>	IEC 62217			
Evaluasi ketahanan <i>tracking</i> dan <i>erosi</i>	IEC 60587	✓	✓	

Berdasarkan dari hasil dari data table 3. di atas pengujian dilakukan berdasarkan standarisasi yang berlaku dengan hasil data yang di dapat seperti berikut :

1. Pemilihan rating kontinyu

Rating arus kontinyu dari fuse besarnya akan sama dengan atau lebih besar arus arus beban kontinyu maksimum yang diinginkan akan ditanggung. Dalam menentukan arus beban dari saluran, pertimbangan arus diberikan pada kondisi normal dan kondisi arus beban lebih (overload).

Pada umumnya outgoing feeder 20 kV dari GI dijatim mampu menanggung arus beban maksimum 630 A, maka arus beban sebesar 100 A. pada cabang adalah cukup. Dijatim rating arus tertinggi cut-out adalah 100 A.

2. Pemilihan Rating tegangan

Rating tegangan ditentukan dari karakteristik sebagai berikut :

- Tegangan system fasa atau fasa ke tanah maksimum.
- System pentanahan.
- Rangkaian satu atau tiga fasa.

Sesuai dengan tegangan sistem di jatim maka rated tegangan cut-out dipilih sebesar 20 kV dan masuk ke BIL 150.

3. Pemilihan Rating Pemutusan

Setiap transformator berisolasi minyak harus diproteksi dengan gawai proteksi arus lebih secara tersendiri pada sambungan primer, dengan kemampuan atau setelan tidak lebih dari 250 % dari arus pengenal transformator.

Setelah melihat data- data diatas maka perhitungan pemilihan fuse cut-out adalah sebagai berikut :

a. Arus untuk cut-out

$$I_{co} = \frac{KVA(trafo)}{\sqrt{3} \times 20kV} \times 2,5$$
$$I_{co} = \frac{2500kVA}{\sqrt{3} \times 20kV} \times 2,5$$
$$= 180.42 \text{ A}$$
$$t = \frac{1250}{I^2}$$

Nilai tersebut adalah nilai maksimum sedangkan dalam perencanaan ini digunakan CO dengan perhitungan 100 % dikalikan dengan arus pengenal transformator pada sisi primer, yaitu 180.42 A, 100 % dikarenakan pada perencanaan kapasitas trafo sudah memperhatikan faktor pengembangan 5 tahun mendatang.

Rating arus kontinyu dari fuse besarnya dianggap sama atau lebih besar dari beban kontinyu maksimal yang diinginkan / ditanggung. Oleh karena itu dipilih CO dengan arus sebesar 200 A.

b. Ketahanan transformator

Dalam pemilihan arus pengenal fuse link perlu diperhatikannya proteksi transformator distribusi dan memiliki dua perbandingan pada proteksi transformator yaitu ketahanan transformator dan arus operasi peralihan (transient) transformator.

Ketahanan trafo di distribusi oleh SPLN D3.002-1:2007 terhadap arus hubung singkat yang terjadi pada terminal bushing sekunder dalam waktu 2 detik. Untuk transformator dengan tegangan impedansi dan resistansi pada arus bolak-balik sebesar 4% ($\leq 630 \text{ kVA}$), arus hubung singkat yang mengalir pada lilitan primer dan sekunder adalah 25 kali (pu) arus nominal transformator, pada ketahanan belitan transformator didefinisikan dengan $I^2 t. 1250$ ini berlaku untuk arus gangguan sampai dengan 6,3 in, sehingga durasi ketahanan hubung singkat dapat mengikuti persamaan :

Keterangan :

t = durasi hubung singkat [detik]

I = arus hubung singkat simetris transformator [pu]

c. Arus awal (inrush; magnetization inrush current)

Arus inrush timbul pada transformator tidak terhubung dengan beban mulai diberi tegangan (enerjais). Besar arus inrush ditentukan oleh residual magnetik pada inti besi dan nilai tegangan-sesaat pada waktu transformator dienerjais. Efek termal dari arus inrush terhadap pelebur sisi primer dapat diperhitungkan setara dengan:

- 25 pu dengan durasi 0,01 detik
- 12 pu dengan durasi 0,1 detik

d. Arus beban Peralihan

Inrush jenis lainnya adalah hot load pickup yang timbul bila pasokan daya pada transformator yang sedang beroperasi, padam akibat gangguan temporer dan kemudian re-close. Pada kasus ini arus inrush akan terdiri dari dua komponen yaitu arus inrush magnetisasi dan arus peralihan dari beban terhubung (*load inrush current*). Efek termal dari hot load pickup diperhitungkan setara dengan 12 s/d 15 kali arus nominal dengan durasi 0,1 detik.

Bila pasokan daya padam dalam waktu yang cukup panjang, akan timbul fenomena cold load pickup. Arus peralihan ini cenderung berdurasi panjang dan terjadi pada transformator yang memasok beban residensial dengan daya terpasang mendekati atau lebih besar dari kapasitas transformator. Cold load pickup dapat berlangsung hingga 30 menit, sejak re-enerjais, karena beberapa beban seperti AC, refrigerator dan heater umumnya dikendalikan secara termostatik dan on-off secara random satu sama lain. Akibat hilangnya pasokan daya dalam waktu yang cukup lama, kendali peralatan ini akan keluar dari batas set-point. Setelah pasokan tersedia, thermostat kemudian menghubungkan dan peralatan segera menyerap daya. Efek termal dari arus *cold load pick-up* diperhitungkan setara dengan :

- 6 pu dengan durasi 1 detik
- 3 pu dengan durasi 10 detik

Isolator merupakan bahan yang dimana tidak dapat dialiri listrik, bahan ini dibuat dan digunakan sebagai pelindung untuk sumberdaya manusia dan terhindar dari tegangan pada fasilitas distribusi listrik, karena sering terjadinya kebocoran pada jalur pendistribusian listrik maka dari itu perlu adanya perlindungan pada fasilitas distribusi yang dimana di pasang suspension dan Line post pada penggunaannya dan di antaranya meliputi :

1. *Suspension*

Suspension dipasangkan pada tiang listrik sejajar lurus dengan keadaan tanpa sudut atau lurus dengan titik penopang pada pemasangannya suspension ini dikaitkan dengan kawat penghubung distibusi yang melewatinya, lalu pada penempatannya suspension memiliki penompang yang bernama stamklam yang dikaitkan suspension.

Pada pengujian suspension ini diuji dengan penarikan pada bagian Single Ear Flange dan juga pada Double Ear Flange dan diuji dengan penyiraman untuk menghindari air yang masuk kedalam bagian suspension.

Suspension digunakan sebagai penarik atau penahan pada kawat distribusi listrik. suspension ini berfungsi sebagai penopang dari perpindahan titik penompang seperti tiang listrik juga pada sutet dari fungsi utamanya yaitu adalah mengurangi sifat konduktor dari titik penopang pada sistem distribusi yang dimana tegangan akan dibagi pada bagian tubuh dari suspension dan menahan hambatannya pada tiang atau tempat penopangnya.

2. *Line post*

Line post dipasangkan pada tiang listrik yang sering kita temui pada pemasangan line post ini adalah menyesuaikan untuk jalur pendistribusian agar tidak terjadinya kerusakan pada fasilitas atau jaringannya.

Maka dari itu line post digunakan untuk menyesuaikan pemasangan jaringan listrik yang ditempatkan pada tikungan karena pada saat penarikan jaringan distribusi perlu adanya penyesuaian agar tidak putus pada saat proses pemasangan dan juga pada tabrakan angin yang dapat memutus jaringan distribusi.

Fungsi dan kegunaan pada line post ini yaitu hamper sama pada suspension yang berfungsi sebagai isolator untuk melindungi kebocoran arus yang masuk kepada fasilitas pendistribusian listrik.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Adapun kesimpulan yang didapat pada proses praktik industri yang dilakukan pada PT.Powerindo Prima Perkasa pada bagian produksi barang *elektrik* bagian polimer:

1. Pada sistem proteksi tidak hanya dipasangkan pada rumah dan barang yang memiliki *emergency* pada barang elektronik, tapi pada penyaluran atau pendistribusian juga penting untuk melindungi sumber daya manusia dan menyelamatkan sekitarnya dari ancaman sengatan listrik jika terjadinya arus bocor, dan juga untuk melindungi peralatan distribusi seperti trafo dan juga panel yang dimana jika terjadinya kerusakan pada barang akan memberikan kerugian lebih pada konsumen karena pendistribusian terganggu.
2. Dari proses pembuatannya sistem proteksi berbasis polimer ini dibuat dengan bahan isolator tapi tidak hanya itu pada proses pembuatannya adapun berbagai macam bahan yang digunakan sebagai komponen seperti FCO yang dimana berguna seperti MCB tetapi pada saat selesai penggunaannya perlu adanya penggantian fuse link pada bagian dalam

FCO, berikutnya pada LA yang dimana pada bagian intinya dinamakan Varistor yang dimana berfungsi sebagai penahan dari surja petir yang dapat menimbulkan alat atau trafo akan rusak, juga dalam penggunaannya LA jika sudah digunakan perlu diganti karena kerusakan.

Pada cara kerjanya hampir sama, yaitu melindungi tetapi pada saat pembuatannya, FCO memiliki kegunaan yang penting yaitu menahan arus yang mengalir jika ada terjadinya suntik energi yang menyebabkan ketidakstabilan pada fasilitas dan terjadinya kerusakan, LA juga memiliki peran penting yaitu melindungi fasilitas distribusi dari sambaran petir yang menyebabkan kerusakan pada peralatan distribusi. Pada isolator digunakan untuk melindungi manusia atau hewan yang pada saat bersentuhan dengan fasilitas agar tidak yang mengalami arus bocor itu sendiri

UCAPAN TERIMA KASIH

Pada penulisan ini penulis ucapkan ‘‘Terima kasih’’ kepada :

1. Allah SWT atas segala limpahan rahmat serta hidayah-Nya sehingga Penulis dapat melaksanakan kegiatan Praktik Industri ini dapat berjalan dengan lancar.
2. Kedua Orang Tua dan keluarga Penulis yang senantiasa selalu mendukung dan mengiringi langkah Penulis dengan do’a, pengertian, dan kasih sayang.
3. Bapak Dr. Dase Erwin Juansah, M.Pd. selaku Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
4. Bapak Mohammad Fatkhurrokhman, M.Pd. selaku Ketua Program Studi Pendidikan Vokasional Teknik Elektro Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Sultan Ageng Tirtayasa dan selaku Dosen Pembimbing Praktik Industri Program Studi Pendidikan Vokasional Teknik Elektro Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
5. Bapak Bagus Dwicahyono, S.ST., M.Pd. selaku Koordinator Praktik Industri Jurusan Pendidikan Vokasional Teknik Elektro.
6. Bapak Mustofa Abi Hamid, S.Pd., M.Pd.T. selaku Pembimbing Praktik Industri Pendidikan Vokasional Teknik Elektro.
7. Bapak Eko Arijanto selaku direktur utama PT. Powerindo Prima Perkasa.
8. Bapak Haryo Witjaksono selaku senior manager divisi QA/QC PT. Powerindo Prima Perkasa.
9. Bapak Deddy Yudha selaku manager divisi QA/QC PT. Powerindo Prima Perkasa.
10. Bapak Angga Riawan selaku pembimbing lapangan.

11. Bapak Arief Sugiarto selaku sebagai kepala bagian dan pembimbing bagian Polimer.
12. Seluruh pegawai dan karyawan PT. Powerindo Prima Perkasa khususnya divisi QA/QC yang telah berdinamika bersama dan mengajari banyak hal selama pelaksanaan Kerja Praktik di PT. Powerindo Prima Perkasa. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu proses kelancaran pelaksanaan Kerja Praktik ini..

DAFTAR REFERENSI

- Arya, Kurniawan, dkk. (2020). *Analisa perbandingan pemakaian Fuse Cut Out (FCO) Dan tidak memakai Fuse Cut Out (FCO) pada Penyalungan Percabangan Rijali terhadap Energy Not Served (ENS)*. Ambon : Politeknik Negeri Ambon
- Buku SPLN D5.006: 2013. *Pedoman Pemeliharaan ARRESTER Untuk Jaringan Distribusi 20 kV*
- Buku SPLN D3.026: 2017. *Spesifikasi Fuse Cut Out*.
- Hartanti, Lestari Nurreta. 2018. *Analisis Kondisi Pembangkit Hubung Bagi Tegangan Rendah (PHB-TR) Gardu Distribusi Wilayah Cilegon*. Jakarta : Universitas Negeri Jakarta
- Paemboyan, Evan Januar, dkk. (2021). *Analisis Fuse Cut Out sebagai Proteksi Penyulang Tondon pada Jaringan Distribusi di PT. PLN (Persero) ULP Rantepao*. Sulawesi Selatan : Politeknik Ujung Pandang
- Rochman, Arif Noor. 2019. *Analisis Ketidak Seimbangan Beban Terhadap Arus Netral Pada Transformator Utama 1250 kVA Universitas Semarang*. Universitas Semarang
- Sulistyanto, Dwi Aji, dkk. (2012). *Analisa Arus Bocor dan Tegangan Flashover pada Isolator Suspension 20 kV 3 Sirip dengan 4 Tipe Sirip Berbahan Polimer Resin Epoxy Silane Silica*. Semarang: Universitas Diponegoro Semarang
- Scrapettra. International Labour Organization. (2015). *International Labour Conference: Labour protection in a transforming world of work*. Retrieved from www.ilo.org/publns.
- Scrapettra. International Labour Organization. (2021, september 17). *WHO/ILO: Almost 2 million people die from work-related causes each year*. Retrieved from and health: Occupational safety https://www.ilo.org/global/about-the-ilo/newsroom/news/WCMS_819705/lang--en/index.htm
- Scrapettra. International Trade Union Confederation. (2020. juni 18). *2020 ITUC Global Rights Index: violations of workers' rights at seven-year high*. Retrieved from ituc-csi.org: <https://www.ituc-csi.org/violations-workers-rights-seven-year-high>