

Makalah Penelitian

Pengaruh Penyesuaian Rating *Fuse Cut Out* (FCO) Percabangan terhadap Penurunan Frekuensi Gangguan Tegangan Menengah pada Penyulang TPN06 ULP Rantau UP3 Barabai

Pandea Triaska Prasera¹, Pristisal Wibowo², Reza Juliangga³

^{1,2,3}Prodi Teknik Elektro, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Pembangunan Panca Budi, Medan, Sumatera Utara, Indonesia

emaildeaprasera@gmail.com¹, pristisawibowo@dosen.pancabudi.ac.id²,
rezajuliangga@dosen.pancabudi.ac.id³ *(tanda koresponding author)

Corresponding Author: Pandea Triaska Prasera

ABSTRACT

The reliability of medium-voltage (MV) distribution networks is strongly influenced by the performance of protection systems, particularly Fuse Cut Outs (FCO) installed at feeder branches. TPN06 feeder at PT PLN (Persero) ULP Rantau, with a total network length of 15 km and 23 distribution transformers, experienced a high disturbance frequency during August–September 2024, with 8 recorded Auto Reclose Ground Fault (AR GF) incidents. Initial evaluation revealed that most installed FCO ratings were not aligned with the actual branch load currents. Several FCOs were found to be overrated, including Pulau Kutil (4 A adjusted to 2 A), Balai Pesona (4 A to 2 A), Sei Impat (4 A to 2 A), PR Biderang (4 A to 2 A), Jati Makmur (5 A to 2 A), Budi Mulya (5 A to 3 A), and Lokpaikat (25 A to 12 A), while only Bitahan (3 A) and PR Permata (2 A) were appropriately rated. This study aims to evaluate the effectiveness of FCO rating adjustments based on actual load current measurements and three-phase apparent power calculations at 20 kV. The methodology includes disturbance data analysis, peak load current measurement using an ampere clamp, and branch current calculation. The results indicate that adjusting FCO ratings improved protection selectivity and coordination, enabling better fault localization at branch levels. Following the adjustment at the end of September 2024, the disturbance frequency significantly decreased during October–November 2024, reaching zero incidents. These findings confirm that proper FCO rating selection based on actual operating currents significantly enhances feeder reliability and continuity of power supply in MV distribution systems.

Keywords: Fuse Cut Out (FCO), selektivitas proteksi, keandalan penyulang, jaringan tegangan menengah, koordinasi proteksi.

ABSTRAK

Gangguan pada jaringan tegangan menengah (TM) merupakan faktor penting yang mempengaruhi keandalan penyaluran tenaga listrik. Keandalan jaringan distribusi tegangan menengah (TM) sangat dipengaruhi oleh kinerja sistem proteksi, khususnya Fuse Cut Out (FCO) pada percabangan penyulang. Penyulang TPN06 di PT PLN (Persero) ULP Rantau dengan panjang jaringan 15 kms dan 23 gardu distribusi mengalami frekuensi gangguan tinggi pada periode Agustus–September 2024, yaitu 8 kejadian gangguan berindikasi AR GF. Evaluasi menunjukkan sebagian besar rating FCO terpasang tidak sesuai dengan arus beban aktual percabangan. Beberapa FCO terpasang dalam kondisi overrating, seperti FCO Pulau Kutil (4 A menjadi 2 A), Balai Pesona (4 A menjadi 2 A), Sei Impat (4 A menjadi 2 A), PR Biderang (4 A menjadi 2 A), Jati Makmur (5 A menjadi 2 A), Budi Mulya (5 A menjadi 3 A), dan Lokpaikat (25 A menjadi 12 A), sementara hanya FCO Bitahan (3 A) dan PR Permata (2 A) yang sesuai. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi efektivitas penyesuaian rating FCO berdasarkan pengukuran arus beban aktual dan perhitungan daya semu sistem tiga fasa 20 kV. Metode yang digunakan meliputi analisis data gangguan, pengukuran arus menggunakan tang ampere pada beban puncak, serta perhitungan arus beban percabangan. Hasil menunjukkan bahwa penyesuaian rating FCO meningkatkan selektivitas dan koordinasi proteksi sehingga gangguan percabangan dapat terlokalisasi dengan baik. Setelah penyesuaian dilakukan pada akhir September 2024, frekuensi gangguan pada periode Oktober–November 2024 menurun signifikan hingga mencapai 0 kejadian. Hal ini membuktikan bahwa pemilihan rating FCO yang sesuai dengan arus kerja aktual mampu meningkatkan keandalan dan kontinuitas penyaluran tenaga listrik pada jaringan distribusi TM.

Kata Kunci: Fuse Cut Out (FCO), selektivitas proteksi, keandalan penyulang, jaringan tegangan menengah, koordinasi proteksi.

1. Pendahuluan



Lisensi
Lisensi Internasional Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0.

Sistem distribusi tenaga listrik berperan penting dalam menjaga kontinuitas pasokan listrik kepada pelanggan. Pada jaringan tegangan menengah (TM), keandalan sistem menjadi indikator utama dalam menilai kualitas layanan, terutama terkait frekuensi dan durasi gangguan yang terjadi. Gangguan pada jaringan TM dapat menyebabkan pemadaman luas, penurunan kualitas tegangan, serta berdampak pada kepuasan pelanggan dan kinerja operasional PT PLN (Persero).

Penyulang TPN06 yang berada pada wilayah kerja PT PLN (Persero) ULP Rantau merupakan salah satu penyulang dengan tingkat gangguan cukup tinggi dalam beberapa periode laporan operasional. Salah satu komponen proteksi penting pada penyulang TM adalah Fuse Cut Out (FCO). FCO berfungsi sebagai pengaman akibat gangguan atau beban lebih. Pada kondisi ideal ketika terjadi gangguan, FCO akan putus sehingga dampak gangguan bisa terisolasi dan tidak meluas. Salah satu penyebab tidak beroperasinya FCO adalah ketidaksesuaian rating fuselink dengan beban pada percabangan. Ketika FCO gagal beroperasi maka akan mengakibatkan recloser ataupun penyulang trip. Jika recloser/penyulang trip maka akan berdampak pada banyaknya pelanggan yang merasakan padam.

Penelitian ini dilakukan untuk menurunkan Frekuensi Gangguan Tegangan Menengah (FGTM) pada penyulang TPN06 dan mengevaluasi efektivitas penyesuaian rating Fuse Cut Out sebagai solusi penurunan gangguan. Dengan melakukan pengukuran arus, evaluasi koordinasi proteksi, serta analisis data gangguan sebelum dan sesudah penerapan rating FCO yang baru, penelitian ini diharapkan mampu memberikan gambaran mengenai pengaruh perubahan rating proteksi terhadap peningkatan keandalan penyulang.

Hasil penelitian diharapkan menjadi referensi dalam pengambilan keputusan teknis terkait pemilihan rating FCO yang sesuai dengan kondisi lapangan, sekaligus memberikan kontribusi terhadap peningkatan keandalan jaringan distribusi pada PT PLN (Persero), khususnya di wilayah ULP Rantau.

2. Tinjauan Pustaka

A. Jaringan Distribusi Tegangan Menengah

Sistem Distribusi Tegangan Menengah memiliki tegangan kerja di atas 1 kV dan setinggi-tingginya 35 kV. Sistem Distribusi Tegangan Rendah mempunyai tegangan kerja di bawah 1 kV. Jaringan distribusi Tegangan Menengah berawal dari Gardu Induk/Pusat Listrik pada sistem terpisah/isolated. Dan juga beberapa tempat yang awal mulanya dari pembangkit listrik. Bentuk jaringan merupakan radial atau tertutup (radial open loop). Radial murni merupakan bentuk dari jaringan distribusi tegangan rendah. Sambungan Tenaga Listrik adalah bagian paling akhir dari rangkaian sistem distribusi tenaga listrik. Pada Sambungan Tenaga Listrik ini disambungkan Alat Pembatas dan Pengukur (APP) yang selanjutnya menyalurkan tenaga listrik kepada pemanfaatnya atau pelanggan (Jaya, Wirentake, & Priyanto 2020). Sistem distribusi tenaga listrik adalah elemen penting yang menghubungkan sumber pembangkit dengan konsumen akhir, yang berarti kualitas listrik yang diterima oleh pelanggan sangat dipengaruhi oleh kondisi dan kinerja jaringan distribusi itu sendiri (Pratama, Anisah, & Wibowo, 2025). Jaringan Tegangan Menengah (JTM) adalah sistem distribusi listrik yang mengalirkan energi dari Gardu Induk (GI) ke Gardu Distribusi (GD) atau pelanggan besar dengan tegangan antara 1 kV hingga 35 kV, dan umumnya digunakan pada level 20 kV oleh PLN. JTM merupakan tulang punggung utama yang menjembatani antara sistem transmisi (tegangan tinggi) dan jaringan tegangan rendah (230/400 V). Menurut Agustian et al. (2024), JTM memiliki peranan vital dalam menjaga kontinuitas pasokan listrik serta mendukung fleksibilitas operasi dan sistem proteksi.



Dalam sistem distribusi tenaga listrik harus memiliki keandalan sistem yang mencakup kemampuan sistem untuk menghindari gangguan, meminimalkan durasi padam, dan mengelola beban secara efisien (Kurniawan, Tarigan, & Hamdani 2025). Keandalan sistem distribusi ini sangat ditentukan oleh kualitas peralatan, keandalan konduktor, dan ketepatan dalam pemilihan proteksi, terutama dalam mencegah dan membatasi gangguan. Gangguan pada JTM seperti arus hubung singkat atau petir dapat menyebabkan peningkatan nilai FGTM (Frekuensi Gangguan Tegangan Menengah), yang mencerminkan berapa kali gangguan listrik terjadi pada pelanggan di sisi menengah dalam satu periode tertentu.

B. Gangguan Pada Sistem Distribusi Tenaga Listrik

Jaringan Tegangan Menengah (JTM) memiliki peran strategis dalam mendistribusikan energi listrik dari Gardu Induk (GI) ke gardu distribusi atau pelanggan besar. Karena sifatnya yang terbuka dan panjang lintasannya, JTM sangat rentan terhadap berbagai gangguan yang dapat mempengaruhi kontinuitas penyaluran energi listrik.

Gangguan-gangguan ini tidak hanya berdampak pada pemadaman lokal, namun juga berimplikasi pada penurunan nilai keandalan sistem distribusi yang diukur melalui indikator seperti SAIDI (System Average Interruption Duration Index), SAIFI (System Average Interruption Frequency Index), dan FGTM (Frekuensi Gangguan Tegangan Menengah). Oleh karena itu, pemahaman mendalam terhadap jenis, penyebab, dan karakteristik gangguan di JTM sangat penting untuk menentukan langkah mitigasi yang tepat.

Terdapat dua faktor menjadi sumber gangguan, yakni internal dan eksternal. Gangguan internal dikarenakan perubahan sifat resistansi, seperti isolator yang retak karena usia, sedangkan gangguan eksternal disebabkan oleh kejadian alam seperti petir, binatang, pohon, debu, hujan, dan sebagainya (Harianja, Tarigan, & Anisah 2025).

Jenis gangguan yang terjadi pada jaringan distribusi primer 20 kV diantaranya:

1. Gangguan hubung singkat

Gangguan yang terjadi akibat adanya hubungan langsung antar fasa atau hubungan fasa ke tanah. Hubungan langsung antar fasa biasa juga disebut dengan *Over Current (OC)*, gangguan jenis ini terjadi pada kedua fasa ataupun ketiga fasa sekaligus. Hubungan langsung antara fasa dengan tanah atau disebut juga dengan *Ground Fault (GF)*.

2. Gangguan beban lebih,

Gangguan ini terjadi dikarenakan beban yang terasa pada sistem distribusi yang terpasang melebihi kapasitas sistem. Gangguan ini sebenarnya bukan gangguan murni, tetapi apabila dibiarkan secara terus-menerus akan membuat peralatan rusak seperti salah satu contohnya yaitu trafo distribusi.

3. Gangguan tegangan lebih

Gangguan yang sering terjadi pada saluran distribusi. Tegangan lebih yang dirasakan Biasanya disebabkan oleh kesalahan pada pengatur tap pada trafo distribusi atau AVR (Automatic Voltage Regulator) dan sambaran petir yang menyambar langsung jaringan.

C. Sistem Proteksi

Sistem proteksi adalah serangkaian perangkat, metode, dan prosedur yang dirancang untuk mendeteksi, mencegah, dan mengatasi gangguan atau kerusakan pada sistem tenaga listrik. Fungsi yang paling utama dari sistem proteksi yaitu mengidentifikasi gangguan serta memisahkan bagian yang terkena dampak gangguan tersebut dan juga berfungsi untuk menjaga keselamatan personel dan keandalan pasokan listrik. Untuk efektifitas dan efisiensi, maka setiap peralatan proteksi yang dipasang harus disesuaikan dengan kebutuhan dan ancaman gangguan (Agustina, Anisah, & Tarigan 2025).



Sistem proteksi berperan krusial dalam menjaga keandalan dan keamanan sistem tenaga listrik dengan cara mendeteksi, mengisolasi, dan memperbaiki sistem dari gangguan seperti beban leboh atau hubung singkat. Cara kerja sistem ini sangat bergantung pada keahliannya dalam merespons gangguan secara cepat dan efektif. Frekuensi gangguan, yaitu seberapa sering gangguan terjadi, mempengaruhi respons sistem proteksi dan pengaturan relay. Dengan menganalisis frekuensi gangguan, kita dapat mengevaluasi efektivitas sistem proteksi dan mengidentifikasi area untuk perbaikan, memastikan bahwa sistem dapat beroperasi dengan andal dan mengurangi risiko kerusakan peralatan serta gangguan pasokan listrik (Risho, Siagian, & Tharo 2024). Gangguan pada jaringan distribusi seperti gangguan hubung singkat dapat menyebabkan kerusakan pada peralatan serta membahayakan lingkungan sekitar. Oleh karena itu diperlukan pemasangan perangkat proteksi yang memadai dan sesuai kebutuhan. Sistem proteksi yang dirancang dan diterapkan dengan benar mampu mencegah kerusakan pada peralatan dan melokalisir daerah gangguan.

Tujuan utama sistem proteksi antara lain sebagai berikut:

1. Mendeteksi kondisi yang abnormal pada sistem tenaga listrik
2. Mengisolasi bagian yang mengalami gangguan, agar bagian lain tetap beroperasi sebagaimana mestinya.
3. Melindungi manusia dari potensi bahaya yang ditimbulkan oleh listrik.
4. Menjaga mutu dan kontinuitas pelayanan listrik pada konsumen.

Agar dapat berfungsi secara optimal peralatan proteksi harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

1. Sensitifitas yang baik sehingga dapat mendeteksi gangguan sekecil mungkin untuk mencegah kegagalan kerja pada sistem proteksi.
2. Selektifitas (ketelitian), yaitu mampu memisahkan atau melokalisir bagian sistem yang terganggu tanpa memadamkan daerah yang tidak terdampak.
3. Reliability (keandalan), yakni selalu siap beroperasi saat dibutuhkan meskipun jarang digunakan, serta tidak menyebabkan pengaman lain bekerja secara tidak perlu yang dapat memperluas pemadaman.
4. Kecepatan, artinya memiliki kecepatan kerja yang tinggi agar dapat segera mengatasi gangguan sehingga dampaknya tidak meluas
5. Pertimbangan ekonomis, artinya pengaman harus tetap efektif dalam memberikan perlindungan dengan biaya yang efisien.

D.Fuse Cut Out

Fuse Cut Out (FCO) adalah pengaman yang paling sederhana dibandingkan dengan alat pengaman lainnya, namun kelemahan dari pengaman jenis ini adalah penggunaan terbatas pada daya yang kecil (Arya, Manhuttu, & Jamlay 2020). Karakteristik hubungan antara arus dan waktu kerja pada suatu fuse umumnya dinyatakan dalam parameter I^2t . Pada berbagai tipe fuse, nilai arus leburnya dirancang lebih besar dibandingkan arus nominal yang mengalir saat kondisi normal. Apabila fuse dialiri arus yang melebihi batas tersebut dalam durasi yang lebih lama daripada waktu minimum pemutusannya, maka elemen pelebur dapat mengalami penurunan



kualitas. Kondisi ini berpotensi mengubah sifat kerjanya, khususnya dalam kemampuan memutus arus gangguan secara efektif.

Fuse Cut Out yang dipasang pada jaringan tegangan menengah berperan sebagai pengaman terhadap gangguan hubung singkat, baik antar fasa maupun antara fasa ke tanah. Sementara itu, Fuse Cut Out yang terpasang pada sisi trafo difungsikan untuk melindungi transformator dari gangguan hubung singkat yang dapat terjadi pada peralatan tersebut.

FCO adalah perangkat proteksi utama pada saluran lateral atau gardu distribusi. FCO berfungsi memutus aliran arus ketika terjadi gangguan arus lebih atau hubung singkat, melalui pembakaran elemen lebur (fuselink) di dalamnya.

FCO terdiri dari beberapa komponen berikut ini :

1. Housing dan holder fuse
2. Elemen fuselink
3. Tube pemadam busur api
4. Kontak atas dan bawah

Saat arus yang melewati fuselink melebihi batasnya, fuselink akan melebur (putus) dan tube akan memadamkan busur api akibat pemutusan arus.

Fuse link merupakan elemen pengaman berupa kawat lebur yang digunakan pada sistem Jaringan Tegangan Menengah (JTM). Komponen ini dipasang di dalam tabung Cut Out (CO) dan berfungsi untuk memutus rangkaian apabila arus yang mengalir melebihi nilai nominalnya. Cut Out dipasang pada jaringan distribusi sebagai pemutus pada penyulang JTM maupun sebagai pengaman pada sisi primer transformator gardu.

Fuse Cut Out (FCO) termasuk dalam peralatan proteksi arus lebih yang bekerja berdasarkan prinsip pelelehan elemen fuse link. Ketika terjadi gangguan hubung singkat atau arus yang melampaui kapasitas kerjanya, elemen fuse akan meleleh sehingga rangkaian terbuka. Pada saat yang sama, tabung fuse akan terlepas dari dudukannya dan menggantung, yang menandakan bahwa sistem dalam kondisi terputus dan tidak ada arus yang mengalir ke sisi beban.

Rating fuse link yang umum digunakan pada jaringan distribusi antara lain 2A, 3A, 5A, 6A, 8A, 10A, 15A, 20A, 25A, dan 30A. Pemilihan rating tersebut ditentukan berdasarkan besar arus beban dan karakteristik sistem yang dilindungi, dengan mempertimbangkan koordinasi proteksi agar pengamanan bekerja secara selektif dan andal.

Ukuran fuse link yang dipasang ditentukan dari beban tegangan yang ada, dengan rumus:

$I = \text{Daya trafo} / (\text{tegangan TM} \times 1.73)$ Tipe-tipe Fuselink:

1. Tipe K : merupakan tipe fuselink *Fast acting* (cepat putus) yang sensitif terhadap arus lebih kecil



2. Tipe T : merupakan tipe fuselink *Slow blow* (tunda waktu) yang mampu menahan arus inrush sesaat
3. Tipe H : merupakan tipe fuselink yang tahan terhadap lonjakan arus akibat surja petir.

Beban penyulang merupakan arus listrik yang mengalir melalui suatu penghantar (konduktor) pada sistem distribusi tenaga listrik. Secara umum, beban penyulang dapat diartikan sebagai peralatan atau kumpulan peralatan yang terhubung ke sistem tenaga dan mengonsumsi energi listrik. Beban juga dapat dinyatakan sebagai total daya aktif dan/atau daya reaktif yang digunakan oleh peralatan yang tersambung pada sistem. Dalam konteks tertentu, beban dapat dipandang sebagai daya keluaran dari suatu pembangkit listrik (power plant) yang disalurkan ke jaringan. Selain itu, beban dapat dianggap sebagai bagian dari sistem tenaga yang berperan sebagai satu kesatuan perangkat pengonsumsi daya listrik.

Untuk menentukan besarnya arus yang mengalir pada suatu penyulang, dilakukan perhitungan berdasarkan parameter daya dan tegangan sistem menggunakan persamaan berikut:

Rumus arus primer total:

$$I \text{ Beban} = \frac{S_{total}}{\sqrt{3} \times V}$$

Kemudian, arus ini dikalikan dengan faktor koreksi:

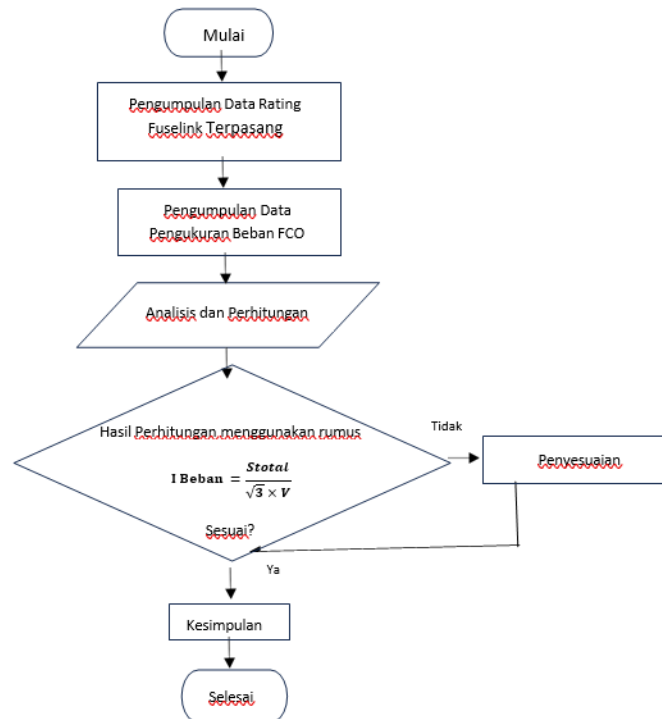
$$I_{fuse} = K \times I \text{ Beban}$$

Nilai hasil dikonversikan ke dalam rating fuselink standar terdekat. Nilai terlalu kecil akan menyebabkan fuse putus saat inrush; nilai terlalu besar akan menyebabkan gangguan tidak terputus.

Selain menggunakan metode perhitungan biasanya juga menggunakan pengukuran dengan Amstick. Amstick merupakan alat pengukur arus tanpa kontak (clamp-on tester) yang digunakan oleh teknisi PLN untuk membaca arus aktual yang mengalir di jaringan. Dalam praktik di lapangan, arus aktual yang terukur dengan amstick digunakan sebagai referensi pemilihan rating fuselink, terutama pada cabang yang melayani banyak trafo.

3. Bahan & Metode

Berikut merupakan *flowchart* atau diagram alir dalam melakukan metode ini atau *Selective Mode Double Ended*.



A. Metode Literatur

Metode literatur dilakukan dengan mempelajari referensi yang berkaitan dengan sistem distribusi tenaga listrik, proteksi jaringan distribusi, serta karakteristik dan prinsip kerja Fuse Cut Out (FCO). Referensi yang digunakan meliputi buku, jurnal ilmiah, standar teknis, serta dokumen pendukung yang relevan dengan penelitian ini.

Metode ini digunakan sebagai dasar dalam menentukan kriteria teknis penyesuaian rating FCO pada percabangan jaringan distribusi.

B. Pengumpulan Data Jaringan Distribusi

Pengumpulan data dilakukan untuk memperoleh data aktual jaringan distribusi yang menjadi objek penelitian di ULP Rantau. Data yang dikumpulkan meliputi data konfigurasi penyulang, data percabangan, data beban, data gangguan, data spesifikasi, dan rating FCO yang terpasang di lapangan.

Data tersebut digunakan untuk menggambarkan kondisi eksisting jaringan distribusi serta tingkat gangguan yang terjadi sebelum dilakukan penyesuaian rating FCO.

C. Pengolahan Data Beban dan Gangguan

Pengolahan data dilakukan dengan mengelompokkan dan menyederhanakan data hasil pengumpulan sesuai dengan kebutuhan analisis. Data beban, data gangguan, serta data teknis jaringan diolah untuk memperoleh nilai arus beban dan karakteristik gangguan pada masing-masing percabangan.

Hasil pengolahan data ini digunakan sebagai dasar dalam proses analisis kesesuaian rating FCO terhadap kondisi beban dan gangguan yang terjadi.

D. Analisis dan Perhitungan Penyesuaian Rating FCO



Tahap analisis dan perhitungan dilakukan dengan melakukan penyederhanaan jaringan distribusi pada penyulang yang diteliti, khususnya pada bagian percabangan. Selanjutnya dilakukan perhitungan arus beban serta evaluasi terhadap kuat hantar arus penghantar dan rating FCO yang terpasang.

Hasil analisis digunakan untuk menentukan penyesuaian rating FCO yang tepat, sehingga diharapkan dapat meningkatkan selektivitas proteksi, mengurangi frekuensi gangguan, dan meningkatkan keandalan jaringan distribusi di ULP Rantau.

4. Hasil dan Pembahasan

Penyulang TPN06 memiliki panjang jaringan listrik 15 Kms dan mempunyai 23 Unit Gardu distribusi. Penyulang TPN06 menyuplai listrik ke konsumen di 2 Kecamatan, yaitu Kecamatan Lokpaikat dan Sungai Raya.

Tabel 1. Data Nama Percabangan dan Rating Fuselink Sebelum Disesuaikan

Nama FCO	Total Kva Trafo	Rating Fuselink (A)	Panjang Jaringan (kms)
FCO Pulau Kutil	100	4	1
FCO Balai Pesona	100	4	0,5
FCO Bitahan	495	3	2
FCO Sei Impat	50	4	1,5
FCO PR Binderang	100	4	0,5
FCO PR Permata	50	2	0,5
FCO Jati Makmur	50	5	2
FCO Lokpaikat	750	25	3
FCO BudiMulya	225	5	4

Tabel 1 menyajikan data percabangan jaringan pada penyulang TPN06 dengan rating Fuselink sebelum dilakukan penyesuaian. Data yang ditampilkan meliputi nama FCO sebagai identitas lokasi pengamanan, besaran total daya trafo distribusi yang dilayani dalam satuan kVA pada percabangan, dan panjang jaringan percabangan yang diamankan oleh masing-masing FCO.

Pada kondisi eksisting besaran fuselink dipasang berdasarkan material yang tersedia di mobil petugas. Kondisi tidak ideal ini yang akan dilakukan perbaikan untuk menurunkan frekuensi gangguan pada penyulang TPN06.



Gambar 1. FGTM Agustus-September 2024

Tabel 2. Data Gangguan Penyulang TPN06 Agustus-September 2024

Tanggal	Indikasi	Fasa	Penyebab	FCO Putus
01-Aug-24	AR GF	T	Peralatan	FCO Lokpaikat Putus Fasa T
03-Aug-24	AR GF	R	Peralatan	FCO Jati Makmur Putus Fasa R
11-Aug-24	AR GF	R	Belum Ditemukan	
16-Aug-24	AR GF	R	Binatang	
04-Sep-24	AR GF	ST	Peralatan	FCO Pulau Kutil Putus Fasa S
19-Sep-24	AR GF	S	Binatang	
24-Sep-24	AR GF	R	Binatang	FCO Lokpaikat Putus Fasa R
27-Sep-24	AR GF	R	Belum Ditemukan	

Berdasarkan Tabel 2 data gangguan Penyulang TPN06 pada periode Agustus– September 2024, terlihat bahwa gangguan didominasi oleh indikasi AR GF sebanyak 8 kali yang terjadi pada berbagai fasa. Beberapa gangguan ada yang bersamaan dengan FCO percabangan yang putus, seperti pada FCO LokPaikat, Jati Makmur, dan Pulau

Kutil. Penyebab gangguan sebagian besar berasal dari peralatan dan binatang, sementara beberapa kejadian belum teridentifikasi penyebabnya.

Beberapa gangguan yang terjadi di FCO percabangan penyulang TPN06 juga mengakibatkan Penyulang TPN06 mengalami AR GF. Kondisi ini menunjukkan bahwa gangguan pada percabangan belum dapat terlokalisir dengan baik dan masih berdampak hingga sisi hulu jaringan. Tingginya frekuensi gangguan pada periode tersebut menyebabkan Penyulang TPN06 tercatat sebagai penyulang dengan jumlah gangguan terbanyak kedua di ULP Rantau. Data ini digunakan sebagai dasar evaluasi dan penyesuaian rating fuselink guna menurunkan gangguan dan meningkatkan keandalan penyulang.

Tabel 3. Hasil Pengukuran FCO Percabangan menggunakan alat ukur dan rumus perhitungan

No	Nama FCO	Alat Ukur Amstick (A)	S total Percabangan (kVA)	I beban (A)	Rating Fuselink Seharusnya (A)
1	FCO Pulau Kutil	1,1	37,25	1,08	2
2	FCO Balai Pesona	1,4	38,39	1,11	2
3	FCO Bitahan	2,6	103,77	3,00	3
4	FCO Sei Impat	1,3	35,32	1,02	2
5	FCO PR Bunderang	1,2	38,17	1,10	2
6	FCO PR Permata	1,3	43,3	1,25	2
7	FCO Jati Makmur	0,5	25,67	0,74	2
8	FCO Lokpaikat	10,7	306,37	8,84	12
9	FCO BudiMulya	2,6	78,63	2,27	3

Berdasarkan data pada Tabel 3, nilai daya semu total (S_{total}) pada masing-masing FCO percabangan diperoleh dari hasil pengukuran beban trafo distribusi yang melayani pemakaian



aktual pelanggan pada percabangan tersebut. Pengukuran dilakukan menggunakan tang ampere pada kondisi beban puncak malam hari, sehingga nilai S_{total} *Percabangan* yang diperoleh merepresentasikan kondisi pembebanan maksimum pelanggan dan bukan kapasitas maupun beban trafo existing.

Sebagai contoh, pada FCO Lokpaikat diperoleh nilai S_{total} sebesar 306,37 kVA. Arus beban percabangan dihitung menggunakan persamaan sistem tiga fasa $I = \frac{S_{total}}{\sqrt{3} \times V}$ pada tegangan menengah 20 kV, sehingga diperoleh arus sebesar 8,84 A. Nilai $\sqrt{3} \times V$ arus kerja aktual ini kemudian dijadikan dasar dalam penentuan rating FCO percabangan guna memastikan kesesuaian terhadap beban maksimum serta tetap memenuhi prinsip selektivitas proteksi.

Hasil pengukuran beban jaringan dengan menggunakan ampstick dengan perhitungan arus berdasarkan beban percabangan menunjukkan nilai yang sedikit berbeda. Hal ini disebabkan karena perbedaan waktu pengukuran. Namun perbedaan nilai pengukuran dan perhitungan masih dalam range yang sama untuk rating fuselinknya. Setelah diketahui rating fuselink yang seharusnya kemudian dilakukan penyesuaian fuselink sesuai dengan hasil analisa.

Tabel 4. Perbandingan rating fuselink pada FCO sebelum dan setelah dilakukan penyesuaian

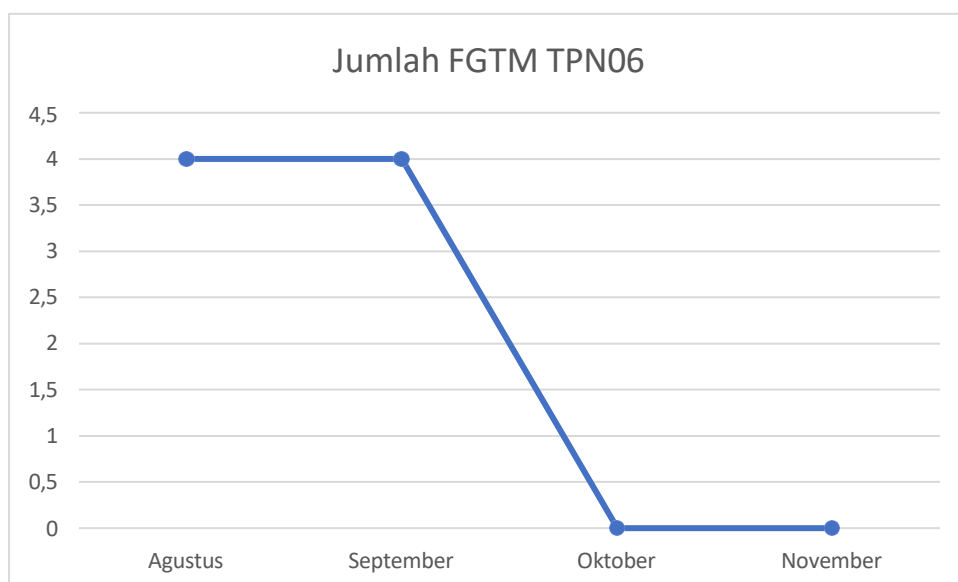
No	Nama FCO (A)	Rating Fuselink Sebelum	Alat Ukur Amstick (A)	Rating Fuselink Setelah (A)
1.	FCO Pulau Kutil	4	1,1	2
2.	FCO Balai Pessoa	4	1,4	2
3.	FCO Bitahan	3	2,6	3
4.	FCO Sei Impat	4	1,3	2
5.	FCO PR Binderang	4	1,2	2
6.	FCO PR Permata	2	1,3	2
7.	FCO Jati Makmur	5	0,5	2
8.	FCO Lokpaikat	25	10,7	12
9.	FCO BudiMulya	5	2,6	3

Berdasarkan Tabel 4 dapat diketahui bahwa mayoritas FCO percabangan pada penyulang TPN06 dipasang fuselink yang tidak sesuai, hanya FCO Bitahan dan FCO PR Permata saja yang rating fuselink nya sesuai. Untuk rating fuselink dengan deviasi terbesar yaitu di FCO Lokpaikat, hal ini cukup selaras dengan histori gangguan FCO Loktaipat yang hingga dua kali menyebabkan penyulang TPN06 trip AR GF.

Setelah dilakukan penyesuaian rating fuselink kemudian dilakukan pengecekan kembali kondisi FGTM pada penyulang TPN06. Berikut hasil monitoring FGTM pada periode Oktober-November 2024.



Gambar 2. FGTM Oktober-November 2024



Gambar 3. Tren Jumlah FGTM TPN06 pada Periode Agustus–November 2024

Berdasarkan Gambar 3, nilai FGTM pada penyulang TPN06 pada bulan Agustus dan September masih berada pada tingkat yang sama. Setelah dilakukan penyesuaian rating FCO pada akhir September, terjadi penurunan FGTM secara signifikan pada bulan Oktober dan November hingga mencapai 0 kejadian. Hasil ini menunjukkan bahwa penyesuaian rating FCO meningkatkan selektivitas dan koordinasi sistem proteksi sehingga keandalan penyulang TPN06 mengalami perbaikan.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis gangguan dan evaluasi rating *Fuse Cut Out* (FCO) pada percabangan penyulang TPN06 jaringan distribusi tegangan menengah 20 kV, diketahui bahwa sebagian besar rating FCO terpasang sebelumnya tidak sesuai dengan arus beban aktual pelanggan, sehingga menurunkan selektivitas sistem proteksi dan menyebabkan gangguan pada sisi hilir percabangan berdampak pada penyulang utama. Penyesuaian rating FCO yang dilakukan berdasarkan hasil pengukuran arus beban puncak dan perhitungan daya semu sistem tiga fasa terbukti mampu meningkatkan koordinasi proteksi dan efektivitas isolasi gangguan, yang ditunjukkan oleh penurunan frekuensi gangguan dari 8 kejadian pada periode Agustus–



September 2024 menjadi 0 kejadian pada periode Oktober–November 2024 setelah implementasi penyesuaian. Temuan ini menegaskan bahwa kesesuaian rating FCO terhadap karakteristik pembebanan aktual berperan signifikan dalam meningkatkan keandalan dan kontinuitas penyaluran tenaga listrik pada jaringan distribusi tegangan menengah.

Namun demikian, penelitian ini masih terbatas pada satu penyulang dan periode observasi tertentu, sehingga untuk memperoleh hasil yang lebih komprehensif dan dapat digeneralisasi, diperlukan penelitian lanjutan pada lebih banyak penyulang dengan rentang waktu pengamatan yang lebih panjang serta pengintegrasian analisis dengan indikator keandalan sistem seperti SAIFI dan SAIDI guna memperkuat evaluasi kinerja sistem distribusi secara kuantitatif.

REFERENSI

- [1] Nugroho, W. A., Facta, M., & Karnoto. (2014). Koordinasi penempatan peralatan proteksi jenis arus lebih (OCR) dan pelebur (FCO) di penyulang 20 kV dari GI 150/20 kV Mrica Banjarnegara. *TRANSIENT*, 3(4).
- [2] Arya, K., Manuhuttu, R. L., & Jamlay, M. (2020). Analisa perbandingan pemakaian fuse cut out (FCO) dan tidak memakai fuse cut out (FCO) pada penyulang percabangan Rijali terhadap energy not served (ENS). *Jurnal ELKO*.
- [3] Yusmartato, Nasution, R., & Armansyah. (2019). Pemilihan fuse cut out untuk pengaman transformator distribusi 400 kVA. *Journal of Electrical Technology*, 4(2), 73–79.
- [4] Pratama, R. B., Wibowo, P., & Anisah, S. (2025). Analisis pengaruh penggantian konduktor pada saluran udara tegangan menengah 20 kV terhadap drop tegangan di PT. PLN (Persero) UP3 Bangkinang. *Jurnal Penelitian Inovatif (JUPIN)*, 5(2).
- [5] Agustina, A., Anisah, S., & Tarigan, A. (2025). Analisa hasil pemeliharaan shutdown testing dengan alat uji Omicron CMC356 pada relay distance bay line 150 kV Jantho di GI Sigli. *Journal of Electrical and System Control Engineering*, 8(2).
- [6] Jaya, A., Wirentake, & Priyanto, M. (2019). Analisis rugi daya dan rekonsiliasi energi jaringan distribusi tegangan menengah 20 kV pada penyulang Nijang. *Jurnal Tambora*, 4(3).
- [7] Galla, W. F., Sampeallo, A. S., & Daris, J. I. (2020). Analisis gangguan hubung singkat pada saluran udara 20 kV di penyulang Naioni PT. PLN (Persero) ULP Kupang untuk menentukan kapasitas pemutusan fuse cut out menggunakan ETAP 12.6. *Jurnal Media Elektro*, 101–111.
- [8] Hidayat, M. A. (2021). Evaluasi sistem proteksi pada jaringan tegangan menengah Kabupaten Kepulauan Selayar. *Dewantara: Jurnal Teknologi*, 1(2), 23–28.
- [9] Billinton, R., & Allan, R. N. (1996). *Reliability evaluation of power systems*. Plenum Press.
- [10] Billinton, R., & Wang, P. (1998). Reliability network equivalent approach to distribution system reliability evaluation. *IEEE Proceedings – Generation, Transmission and Distribution*, 145(2).
- [11] Mazidi, P., & Sreenivas, G. N. (2013). Reliability analysis of a radial distributed generation distribution system. *International Journal of Emerging Electric Power Systems*, 3(2).
- [12] PT PLN (Persero). (2010). *Rencana usaha penyediaan tenaga listrik (RUPTL) 2010–2019*. Jakarta.
- [13] PT PLN (Persero). (1983). *SPLN 52-3: Pola pengamanan sistem, bagian tiga: Sistem distribusi 6 kV dan 20 kV*. Indonesia.
- [14] Departemen Pertambangan dan Energi. (1985). *SPLN 59: Keandalan pada sistem distribusi 20 kV dan 6 kV*. Jakarta.



Lisensi

Lisensi Internasional Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0.

- [15] PT PLN (Persero). (1985). *SPLN No. 64: Petunjuk pemeliharaan dan penggunaan pelebur pada sistem distribusi tegangan menengah*. Jakarta.
- [16] Suhadi, & Wrahatnolo, T. (2008). *Teknik distribusi tenaga listrik* (Jilid 1). Departemen Pendidikan Nasional.
- [17] Kurniawan, A. S., Tarigan, A. P., & Hamdani. (2025). *Analisis perubahan pola operasi terhadap susut tenaga listrik sistem distribusi PLN ULP Imandi*. Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
- [18] Harianja, R., Tarigan, A. S. P., & Anisah, S. (2025). *Pengaruh pemeliharaan predictive maintenance terhadap kinerja sistem distribusi di wilayah rawan gangguan*.
- [19] Tirza, N., & Syahrial. (2013). Perhitungan Setting Rele OCR dan GFR pada sistem Interkoneksi Diesel Generator di Perusahaan "X" (hal.76-85). Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- [20] Ridho, M., Siagian, P., & Tharo, Z. (2024). *Analisis frekuensi gangguan terhadap kinerja sistem proteksi gardu induk 150 kV Siempat Rube*.

