

Research Article

Analisis Rating Fuse Link Fuse Cut Out (FCO) pada Sistem Distribusi Tegangan Menengah 20 kVRajuna Ansula^{1,*}, Rizal Zhafran², Benny Alfitra³

ABSTRAK: Sistem distribusi tenaga listrik 20 kV memerlukan proteksi yang andal untuk menjaga kontinuitas penyaluran energi kepada konsumen. Fuse Cut Out (FCO) merupakan peralatan proteksi yang berfungsi memutuskan arus lebih dan arus gangguan hubung singkat pada Jaringan Tegangan Menengah (JTM) 20 kV melalui peleburan fuse link. Pemilihan rating fuse link yang tepat menjadi faktor penting dalam menjamin selektivitas dan koordinasi proteksi. Namun evaluasi kesesuaian rating fuse link secara menyeluruh pada seluruh titik FCO dalam satu penyulang masih jarang dilakukan, sehingga risiko pemilihan rating yang tidak tepat berpotensi mengganggu keandalan proteksi. Penelitian ini mengkaji kesesuaian rating fuse link yang terpasang pada jaringan tegangan menengah 20 kV (penyulang) terhadap standar perhitungan teoritis berdasarkan SPLN 64:1985 dan PUIL 2011. Data beban dan rating fuse link diperoleh melalui pengukuran langsung di lapangan pada masing-masing titik FCO yang tersebar pada penyulang tersebut. Perhitungan arus beban nominal dilakukan menggunakan formula arus pengenalan tiga fasa pada tegangan primer 20 kV, kemudian hasilnya dibandingkan dengan rating fuse link yang terpasang. Pada Penyulang Belanga terdapat 5 FCO dengan beban total 899,6 kVA, sedangkan Penyulang Kesatrian terdapat 7 FCO dengan beban total 3.329,2 kVA. Hasil analisis menunjukkan bahwa seluruh rating fuse link yang terpasang di lapangan telah sesuai dengan standar pemilihan berdasarkan arus nominal beban pada masing-masing percabangan. Temuan ini sekaligus menjadi dasar rekomendasi pemantauan beban berkala, mengingat beberapa FCO beroperasi dengan margin keamanan yang tipis.

Kata kunci: *fuse cut out, fuse link, jaringan tegangan menengah, proteksi distribusi, arus nominal*

1. PENDAHULUAN

Sistem distribusi tenaga listrik merupakan infrastruktur yang menghubungkan sumber pembangkitan dengan konsumen akhir. Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM) adalah jaringan pendistribusian energi listrik yang menggunakan penghantar berisolasi setengah pada konstruksi penyaluran energi listrik melalui penyulang-penyulang yang terhubung langsung ke gardu distribusi [1]. Keandalan sistem ini bergantung tidak hanya pada kualitas penghantar dan peralatan tegangan, tetapi

OPEN ACCESS**Afiliasi:**

¹Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Riau, Pekanbaru, Indonesia

²PT. PLN (Persero) ULP Ujung Batu, Riau, Indonesia

³Unit Layanan Electricity Services Bangkinang, Riau, Indonesia

Korespondensi:

Email: rajuna.ansula7396@student.unri.ac.id

Diterima Redaksi:

13-05-2026

Selesai Revisi:

10-05-2026

Diterbitkan Online:

12-05-2026

Cara Mengutip Artikel ini (IEEE):

R. Ansula, R. Zhafran, and B Alfitra "Analisis Rating Fuse Link Fuse Cut Out (FCO) pada Sistem Distribusi Tegangan Menengah 20 kV" J. Electo, vol. 1, no. 01, pp. 1–8, May2026

This article is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.



juga pada keandalan sistem proteksi yang mampu mendeteksi dan memisahkan gangguan secara selektif dan cepat [2].

Fuse Cut Out (FCO) adalah peralatan proteksi yang paling umum digunakan pada JTM 20 kV sebagai pengaman percabangan maupun pengaman sisi primer transformator distribusi. Komponen utama FCO yang menentukan karakteristik proteksinya adalah fuse link, yaitu kawat lebur yang akan meleleh ketika arus yang melewatinya melebihi nilai nominalnya dalam waktu tertentu [3]. Pemilihan rating fuse link yang tidak tepat, baik terlalu kecil maupun terlalu besar, dapat mengakibatkan trip yang tidak diperlukan atau kegagalan proteksi saat terjadi gangguan sesungguhnya [4].

Tempat penelitian ini merupakan unit layanan pelanggan yang berada di Provinsi Riau, yang mengelola sejumlah penyulang 20 kV termasuk Penyulang Belanga dan Penyulang Kesatrian. Kedua penyulang ini masing-masing memiliki titik-titik FCO yang tersebar di sepanjang jaringan percabangan untuk mengamankan setiap seksi dari gangguan yang dapat mengganggu pasokan listrik ke konsumen. Evaluasi kesesuaian rating fuse link terhadap beban aktual merupakan bagian penting dari manajemen aset dan pemeliharaan sistem proteksi [5].

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menghitung rating fuse link yang seharusnya digunakan berdasarkan beban terpasang di setiap titik FCO, membandingkannya dengan data rating fuse link aktual di lapangan, dan mengevaluasi kesesuaian kondisi proteksi di Penyulang Belanga dan Kesatrian terhadap standar teknis yang berlaku. State of the art penelitian ini terletak pada analisis evaluasi keseluruhan titik FCO pada dua penyulang secara simultan dengan pendekatan perhitungan arus nominal beban nyata, yang berbeda dengan penelitian sebelumnya yang umumnya hanya fokus pada satu gardu atau satu penyulang tunggal [3][4][5].

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif deskriptif dengan pendekatan perhitungan analitis. Data beban dan rating fuse link diperoleh melalui observasi lapangan dan pengukuran langsung pada setiap titik FCO di Penyulang Belanga dan Penyulang Kesatrian. Selain itu, data single line diagram penyulang digunakan sebagai referensi topologi jaringan. Alur pengerjaan penelitian dimulai dari: (1) studi literatur dan identifikasi standar acuan (SPLN 64:1985 [16] dan PUIL 2011); (2) pengumpulan data lapangan berupa beban terpasang (kVA) dan rating fuse link aktual pada setiap titik FCO; (3) perhitungan arus nominal beban menggunakan formula tiga fasa; (4) penentuan rating fuse link teoritis dengan memilih nilai standar terdekat di atas arus nominal; serta (5) perbandingan dan evaluasi kesesuaian antara rating lapangan dan hasil perhitungan teoritis.

2.1. Fuse Cut Out (FCO) dan Fuse Link

FCO adalah peralatan proteksi tegangan menengah yang bekerja berdasarkan prinsip peleburan termal. FCO terdiri atas body isolasi porselen atau polimer, pisau kontak, dan tabung pelebur (fuse holder) yang didalamnya terdapat fuse link seperti ditunjukkan pada Gambar 1. Ketika arus gangguan melewati fuse link melebihi kapasitas nominalnya, fuse link akan meleleh dan tabung pelebur akan jatuh karena gravitasi, memutus rangkaian secara visual sehingga memudahkan lokalisasi gangguan [6].



Gambar 1. (a) Fuse Cut Out, (b) Fuse link

Fuse link pada FCO jaringan tegangan menengah tersedia dalam berbagai rating standar, yaitu 2 A, 3 A, 5 A, 6 A, 8 A, 10 A, 12 A, 15 A, 20 A, 25 A, 30 A, dan 40 A. Pemilihan rating fuse link harus memenuhi dua syarat: pertama, mampu mengalirkan arus beban nominal secara kontinu tanpa meleleh; kedua, dapat meleleh dalam waktu yang cukup singkat saat terjadi gangguan hubung singkat.

2.2. Dasar Perhitungan Rating Fuse Link

Menurut [4], penentuan rating fuse link pada sisi primer transformator atau percabangan JTM 20 kV dilakukan berdasarkan arus nominal beban. Langkah pertama adalah menghitung arus nominal (I_n) pada sisi tegangan menengah menggunakan persamaan daya tiga fasa :

$$I_n = \frac{S}{(\sqrt{3} \times V_{TM})} \quad (1)$$

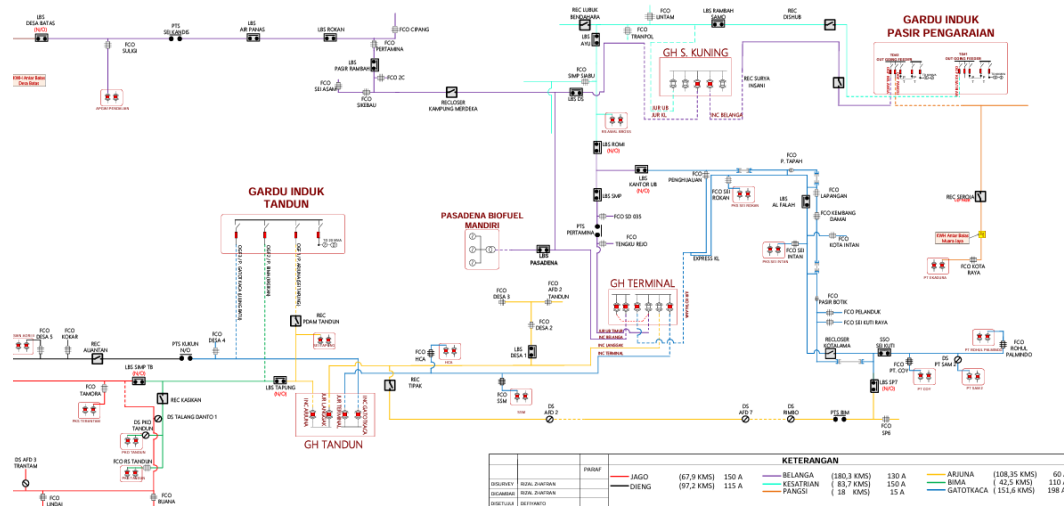
di mana I_n adalah arus nominal beban (A), S adalah daya semu atau kapasitas beban (VA), dan V_{TM} adalah tegangan sistem tegangan menengah sebesar 20.000 V.

Karena fuse link harus mampu mengalirkan arus beban kontinu dengan faktor keamanan, maka rating fuse link dipilih berdasarkan nilai arus nominal yang dihitung kemudian dipilih nilai standar terdekat yang lebih besar dari I_n . Beberapa rujukan teknis merekomendasikan faktor koreksi 1,5 hingga 2 kali arus nominal untuk menghindari blown fuse akibat arus transien atau inrush current transformator [3][4].

Untuk FCO yang difungsikan sebagai pengaman percabangan (cabang JTM), total beban pada cabang tersebut dijumlahkan terlebih dahulu, kemudian dihitung arus nominalnya menggunakan Persamaan (1). Sedangkan untuk FCO pengaman trafo, kapasitas trafo digunakan langsung sebagai nilai S [5]. Perlu ditegaskan bahwa faktor koreksi 1,5 hingga 2 kali arus nominal yang disebutkan sebelumnya bersifat spesifik untuk FCO yang berfungsi sebagai pengaman sisi primer transformator, di mana arus inrush pada saat energisasi trafo dapat mencapai 6–10 kali arus nominal dan berpotensi menyebabkan blown fuse prematur. Pada penelitian ini, seluruh FCO yang dievaluasi berfungsi sebagai pengaman percabangan (branch protection), bukan pengaman trafo secara langsung, sehingga faktor koreksi inrush tidak diterapkan. Pemilihan rating fuse link cukup dilakukan berdasarkan nilai standar terdekat yang lebih besar dari arus nominal beban sesuai dengan acuan SPLN 64:1985 [16]. Pendekatan ini konsisten dengan praktik yang diterapkan PLN pada FCO percabangan JTM 20 kV. Sebagaimana diungkapkan oleh [7], Trafo yang berada di area terbuka rentan terhadap gangguan surja petir dan overload yang dapat merusak transformator. Oleh karena itu, penempatan Lightning Arrester (LA) sebelum dan sesudah Fuse Cut Out (FCO) menjadi penting untuk memberikan perlindungan yang lebih baik terhadap transformator distribusi.

2.3. Data Lapangan

Data beban dan rating fuse link diperoleh dari hasil pengukuran dan pencatatan di lapangan pada setiap lokasi FCO yang terpasang di kedua penyulang. Penyulang Belanga memiliki 5 titik FCO dan Penyulang Kesatrian memiliki 7 titik FCO. Data ini ditabulasikan dan digunakan sebagai dasar perhitungan serta evaluasi. Single Line Diagram (SLD) penyulang 20 kV digunakan sebagai referensi topologi jaringan sebagaimana ditampilkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Single line Diagram Penyulang 20 kV

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bagian ini disajikan hasil pengumpulan data lapangan, perhitungan arus nominal, serta analisis kesesuaian rating fuse link pada setiap titik FCO di Penyulang Kesatrian dan Penyulang Belanga. Data yang diperoleh kemudian digunakan sebagai dasar evaluasi terhadap ketepatan pemilihan rating fuse link pada sistem distribusi 20 kV.

3.1. Data Beban dan Rating Fuse Link Lapangan

Data lapangan yang diperoleh menunjukkan kondisi rating fuse link yang terpasang pada setiap titik FCO di kedua penyulang. Tabel 1 menyajikan data lapangan Penyulang Kesatrian, sedangkan Tabel 2 menyajikan data Penyulang Belanga.

Tabel 1. Data Beban dan Rating Fuse Link FCO Penyulang Kesatrian

No	Lokasi FCO	Beban (kVA)	Fuse Link Lapangan (A)
1	FCO PEMANDANG	103,8	3
2	FCO LUBUK ALAHAN	415,2	12
3	FCO TRANPOL	346,0	10
4	FCO LUBUK BETUNG	865,0	25
5	FCO LINTAM	69,2	2
6	FCO SIABU	865,0	25
7	FCO GARUDA	865,0	25
Total		3.329,2	-

Tabel 2. Data Beban dan Rating Fuse Link FCO Penyulang Belanga

No	Lokasi FCO	Beban (kVA)	Fuse Link Lapangan (A)
1	FCO CIPANG	173,0	5
2	FCO PENGKOLAN SALAK	346,0	10
3	FCO SIEKABU	207,6	6
4	FCO 2C	103,8	3
5	FCO KOTO INGIN	69,2	2
Total		899,6	-

3.2. Perhitungan Arus Nominal dan Penentuan Rating Fuse Link

Perhitungan arus nominal pada setiap titik FCO dilakukan menggunakan Persamaan (1) dengan tegangan sistem VTM = 20.000 V. Berikut adalah contoh perhitungan untuk beberapa lokasi FCO yang representatif:

Contoh 1 — FCO SIABU (Penyulang Kesatrian), beban $S = 865,0 \text{ kVA} = 865.000 \text{ VA}$:

$$I_n = \frac{865.000}{(\sqrt{3} \times 20.000)} = \frac{865.000}{34.641} = 24,97 \text{ A}$$

Berdasarkan hasil perhitungan, $I_n = 24,97 \text{ A}$, sehingga dipilih rating standar terdekat yang lebih besar, yaitu 25 A. Nilai ini sesuai dengan fuse link yang terpasang di lapangan.

Contoh 2 — FCO CIPANG (Penyulang Belanga), beban $S = 173,0 \text{ kVA} = 173.000 \text{ VA}$:

$$I_n = \frac{173.000}{(\sqrt{3} \times 20.000)} = \frac{173.000}{34.641} = 4,99 \text{ A}$$

$I_n = 4,99 \text{ A}$, sehingga dipilih rating standar 5 A. Nilai ini sesuai dengan fuse link yang terpasang.

Contoh 3 — FCO PEMANDANG (Penyulang Kesatrian), beban $S = 103,8 \text{ kVA} = 103.800 \text{ VA}$:

$$I_n = \frac{103.800}{(\sqrt{3} \times 20.000)} = \frac{103.800}{34.641} = 2,996 \text{ A}$$

$I_n = 3,0 \text{ A}$, sehingga dipilih rating standar 3 A. Nilai ini sesuai dengan fuse link lapangan.

Contoh 4 — FCO KOTO INGIN (Penyulang Belanga), beban $S = 69,2 \text{ kVA} = 69.200 \text{ VA}$:

$$I_n = \frac{69.200}{(\sqrt{3} \times 20.000)} = \frac{69.200}{34.641} = 1,997 \text{ A}$$

$I_n = 2,0 \text{ A}$, sehingga dipilih rating standar 2 A, sesuai lapangan.

3.3. Analisis Kesesuaian Rating Fuse Link

Dari hasil perhitungan dan perbandingan data lapangan, diperoleh temuan penting sebagai berikut. Seluruh 7 titik FCO pada Penyulang Kesatrian menunjukkan kesesuaian antara rating fuse link yang terpasang dengan hasil perhitungan teoritis berdasarkan beban nominal. Demikian pula seluruh 5 titik FCO pada Penyulang Belanga menunjukkan kesesuaian yang sama.

Hal ini sejalan dengan temuan [4], yang menyatakan bahwa pemilihan rating fuse link yang tepat berdasarkan arus nominal beban merupakan syarat utama efektivitas proteksi pada sistem distribusi 20 kV. Selain itu, pernyataan [5] bahwa pemilihan rating sesuai kapasitas beban secara signifikan meningkatkan keandalan sistem distribusi juga terkonfirmasi pada kondisi kedua penyulang ini.

Kondisi ini juga menunjukkan bahwa tidak ada risiko blown fuse prematur akibat rating terlalu kecil, maupun risiko kegagalan proteksi akibat rating terlalu besar. Sebagaimana diungkapkan [3], rating fuse link yang tepat memastikan bahwa kondisi fuse link tetap on/close saat beban normal dan open/trip ketika terjadi arus gangguan hubung singkat, sehingga transformator dan jaringan terlindungi.

Perlu dicatat bahwa pada beberapa titik, nilai arus nominal hasil perhitungan hampir tepat sama dengan nilai rating standar yang tersedia (misalnya 24,97 A untuk rating 25 A, dan 4,99 A untuk rating 5 A). Ini menunjukkan bahwa beban yang terpasang mendekati batas kapasitas fuse link, dengan margin keamanan yang sangat tipis — hanya sekitar 0,12% di bawah rating nominal (24,97 A dari 25 A) dan 0,2% untuk FCO CIPANG (4,99 A dari 5 A). Kondisi ini berarti penambahan beban sebesar 1% saja sudah cukup untuk melampaui batas arus nominal fuse link, sehingga risiko blown fuse prematur menjadi nyata. Untuk FCO SIABU, FCO LUBUK BETUNG, dan FCO GARUDA yang masing-masing menanggung beban 865,0 kVA dengan arus nominal 24,97 A, penambahan beban sebesar sekitar 9 kVA atau setara dengan penambahan satu unit trafo distribusi 25 kVA sudah berpotensi memerlukan penggantian rating ke 30 A. Sementara FCO CIPANG dengan arus nominal 4,99 A membutuhkan pemantauan ekstra karena penambahan beban sekecil apapun akan langsung menyebabkan rating perlu dinaikkan ke 6 A. Pemantauan beban secara berkala — minimal setiap 6 bulan — sangat dianjurkan khususnya pada titik-titik FCO tersebut untuk mengantisipasi kebutuhan penyesuaian rating sebelum terjadi gangguan [2].

Berdasarkan standar SPLN 64:1985 [16] dan praktik terbaik dalam koordinasi proteksi JTM, FCO yang berfungsi sebagai pengaman percabangan harus dapat berkoordinasi dengan peralatan proteksi di sisi hulu (recloser atau PMT di gardu induk). Penelitian yang dilakukan oleh [8] juga menunjukkan bahwa koordinasi proteksi penyulang yang tepat, termasuk keselarasan antara setting OCR outgoing, recloser, dan perangkat pengaman di cabang jaringan seperti FCO, merupakan faktor kunci dalam menjaga keandalan dan kesinambungan sistem distribusi 20 kV. Dimana FCO di sisi hilir percabangan harus bekerja lebih cepat daripada peralatan proteksi di sisi hulu untuk mempertahankan selektivitas [9]. Kondisi rating fuse link yang sesuai dengan beban nominal pada kedua penyulang ini merupakan salah satu prasyarat dasar bagi tercapainya koordinasi proteksi yang baik, meskipun konfirmasi penuh atas koordinasi waktu kerja antara FCO, recloser, dan PMT masih memerlukan analisis Time-Current Characteristic (TCC) yang tidak tercakup dalam penelitian ini.

Aspek keandalan sistem distribusi juga perlu diperhatikan dalam konteks hasil penelitian ini. Dalam kajian [10] tentang indeks keandalan sistem distribusi primer menegaskan bahwa keandalan jaringan tidak hanya ditentukan oleh kualitas peralatan, namun juga oleh ketepatan pemilihan dan penempatan perangkat proteksi pada setiap penyulang. Kesesuaian rating fuse link yang ditemukan pada Penyulang Belanga dan Penyulang Kesatrian secara langsung berkontribusi pada terjaganya nilai indeks keandalan sistem, khususnya dalam hal frekuensi dan durasi pemadaman yang dapat ditekan seminimal mungkin.

Temuan penelitian ini juga relevan jika dikaitkan dengan studi [11] mengenai kelayakan pengaman FCO dan NH Fuse pada gardu distribusi di area Payakumbuh. Penelitian tersebut menyimpulkan bahwa pemilihan ukuran fuse link yang tidak sesuai standar — baik yang terlalu kecil maupun terlalu besar — berpotensi mengurangi mutu layanan pada gardu distribusi dan menyebabkan pemutus jaringan yang tidak perlu. Kondisi yang ditemukan pada Penyulang Belanga dan Kesatrian, di mana seluruh rating fuse link sesuai standar, menunjukkan bahwa manajemen proteksi di kedua penyulang tersebut telah dilaksanakan dengan baik sesuai prinsip-prinsip teknis yang berlaku.

Dalam konteks yang lebih luas, [12] menyoroti pentingnya mempertimbangkan penempatan komponen proteksi seperti FCO dan Lightning Arrester (LA) secara tepat pada gardu distribusi, karena penempatan yang tidak sesuai dapat mempengaruhi efektivitas perlindungan transformator dari gangguan arus lebih maupun tegangan lebih. Penelitian tersebut menekankan bahwa koordinasi antara FCO dengan perangkat proteksi lainnya di gardu distribusi merupakan satu kesatuan sistem yang tidak dapat dipisahkan. Oleh karena itu, evaluasi rating fuse link sebagaimana dilakukan dalam penelitian ini sebaiknya menjadi bagian dari program pemeriksaan proteksi yang menyeluruh, mencakup pula kondisi fisik FCO, koordinasi dengan LA, serta kondisi transformator distribusi yang dilindunginya.

Sistem proteksi yang andal pada jaringan distribusi, termasuk penentuan nilai arus setting yang tepat, bertujuan untuk mendeteksi gangguan secepat mungkin, melokalisasi daerah gangguan sekecil mungkin, serta memberikan pelayanan listrik dengan keandalan tinggi kepada konsumen [13]. Untuk meminimalisir gangguan pada jaringan distribusi, diperlukan sistem proteksi yang memenuhi persyaratan sensitivitas, keandalan, selektivitas, dan kecepatan. Semua persyaratan tersebut sangat bergantung pada ketepatan pemilihan dan setting peralatan proteksi, termasuk Fuse Cut Out [14].

Pemilihan rating fuse link yang tepat merupakan fondasi penting dalam sistem proteksi distribusi. Di sisi lain, perkembangan teknologi proteksi juga terus berlanjut. Perkembangan pemanfaatan teknologi informasi dalam sektor ketenagalistrikan mendorong transformasi gardu induk konvensional menuju digital substation, yang membawa berbagai kelebihan seperti pengurangan penggunaan kabel tembaga, peningkatan keamanan, dan utilisasi aset yang lebih baik [15]. Transformasi ini diharapkan dapat semakin meningkatkan kinerja koordinasi antara peralatan proteksi distribusi seperti FCO dengan sistem proteksi di gardu induk."

4. KESIMPULAN

Penelitian ini bertujuan menghitung rating fuse link yang seharusnya digunakan berdasarkan beban terpasang, membandingkannya dengan data lapangan, dan mengevaluasi kesesuaiannya terhadap standar teknis SPLN 64:1985 pada Penyulang Belanga dan Penyulang Kesatrian PT PLN (Persero) ULP Ujung Batu. Analisis rating fuse link FCO menghasilkan kesimpulan bahwa seluruh 12 titik FCO yang dievaluasi — 7 titik pada Penyulang Kesatrian dan 5 titik pada Penyulang Belanga — memiliki rating fuse link yang sesuai dengan hasil perhitungan arus nominal teoritis berdasarkan beban terpasang menggunakan formula tiga fasa pada tegangan primer 20 kV. Kesesuaian ini mengindikasikan bahwa pemilihan rating fuse link di kedua penyulang telah memenuhi standar teknis berdasarkan arus beban nominal sesuai SPLN 64:1985 [16][16]. Perlu dicatat bahwa evaluasi ini mencakup aspek kesesuaian terhadap arus beban nominal, dan belum mencakup verifikasi kemampuan FCO dalam merespons arus gangguan hubung singkat yang memerlukan perhitungan I_{sc} tersendiri. Penelitian lanjutan disarankan untuk melakukan perhitungan arus hubung singkat (I_{sc}) dan analisis Time-Current Characteristic (TCC) guna memverifikasi kemampuan interupsi FCO terhadap kondisi gangguan, serta evaluasi koordinasi waktu kerja antara FCO dengan recloser dan PMT di gardu induk. Pemantauan pertumbuhan beban secara berkala juga sangat direkomendasikan, terutama pada titik-titik FCO yang beroperasi dengan margin tipis seperti FCO SIABU, FCO LUBUK BETUNG, FCO GARUDA, dan FCO CIPANG, mengingat penambahan beban yang relatif kecil sudah berpotensi memerlukan penyesuaian rating fuse link.

❖ DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. T. J. Susilo, R. Dewi, E. Suprpto, and S. U. Djufri, "Rancang Kontruksi Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM) 20 KV Di Desa Tanjung Kasri Kecamatan Jangkat Kabupaten Merangin Provinsi Jambi," *Journal of Electrical Power Control and Automation (JEPCA)*, vol. 6, no. 2, p. 23, Feb. 2024, doi: 10.33087/jepca.v6i2.106.
- [2] Satria Luthfi Hermawan, Hilman Rangga Nugraha Hermawan, Priya Surya Harijanto, and Ahmad Hermawan, "Evaluasi Kinerja Sistem Proteksi Penyulang Trawas PT. PLN (PERSERO) ULP Pandaan,"

- Elposys: Jurnal Sistem Kelistrikan*, vol. 11, no. 2, pp. 122–127, Jun. 2024, doi: 10.33795/elposys.v11i2.5249.
- [3] D. Immanuel, Y. Ambabunga, and M. Lumembang, “Analisis Fuse Cut Out Sebagai Pengaman Transformator Distribusi Tegangan 20 Kv Menggunakan Software Etap,” *Journal Dynamic Saint*, vol. 7, no. 2, pp. 15–20, Mar. 2023, doi: 10.47178/dynamicsaint.v7i2.1880.
- [4] A. Ferdiansyah and J. Joko, “Analisis Kinerja Fuse Cut Out Pada Sistem Distribusi 20KV di PT. PLN (Persero) ULP Karangpilang,” *JURNAL TEKNIK ELEKTRO*, vol. 13, no. 2, pp. 122–129, Apr. 2024, doi: 10.26740/jte.v13n2.p122-129.
- [5] E. Januar Paembonan, A. Rizal Sultan, and sofyan, “Analisis Fuse Cut Out Sebagai Proteksi Penyulang Tondon pada Jaringan Distribusi di PT. PLN (Persero) ULP Rantepao,” Sep. 2021.
- [6] D. Agustian, M. Septiani, S. Romdoni, A. B. Muslim, H. Anzhari, and D. Aribowo, “Analisis Penggantian Fuse Cut Out (FCO) pada Jaringan Distribusi 20 KV di PT. PLN (PERSERO) UP3 Cikupa,” *Journal of Electrical Power Control and Automation (JEPCA)*, vol. 7, no. 2, p. 39, Dec. 2024, doi: 10.33087/jepca.v7i2.125.
- [7] I. P. Adi Sumastra, I. G. Dyana Arjana, and I. W. Rinas, “Kombinasi LA Dan FCO Sebagai Pengaman Transformator Distribusi Di PT. PLN (Persero) Area Bali Selatan,” *Jurnal SPEKTRUM*, vol. 8, no. 4, p. 94, Jan. 2022, doi: 10.24843/SPEKTRUM.2021.v08.i04.p11.
- [8] G. A. Ibrahimusa, J. Joko, T. Wrahatnolo, and A. I. Agung, “Analisis Koordinasi Setting Relay Proteksi Pada Jaringan Distribusi 20 kV di PT. PLN UP3 Kediri Gardu Induk Pare,” *JURNAL TEKNIK ELEKTRO*, vol. 12, no. 1, pp. 28–36, Jan. 2023, doi: 10.26740/jte.v12n1.p28-36.
- [9] V. Clascodeo Sidabutar, “Analisa Kerja Fuse Cut Out (FCO) Pada Transformator Distribusi ML-170 PP.01 Daerah Kerja PT. PLN (Persero) ULP Labuhan,” 2023.
- [10] Y. Mohamad, N. Nirmalasari, and T. I. Yusuf, “Analisis Nilai Indeks Keandalan Sistem Distribusi Primer PT. PLN (Persero) ULP Bangkir,” *JEECOM Journal of Electrical Engineering and Computer*, vol. 5, no. 2, pp. 268–277, Oct. 2023, doi: 10.33650/jecom.v5i2.6898.
- [11] I. A Fahrezi and L. Liliana, “Studi Kelayakan Pengaman Input-Output Trafo Distribusi Fuse Cut Out (FCO) dan NH Fuse di Area Payakumbuh,” *MSI Transaction on Education*, vol. 2, no. 4, pp. 159–168, Nov. 2021, doi: 10.46574/mted.v2i4.66.
- [12] S. Said Akhmad, A. Ar, M. Fadris Maskun, T. / Elektro, P. Negeri, and U. Pandang, “Analisis Perbandingan Efektivitas Penempatan Fuse Cut Out (FCO) Terhadap Lightning Arrester (LA) Pada Gardu Distribusi ULP Daya,” 2022.
- [13] A. Multi and T. Addaus, “Analisa Proteksi Over Current Relay (OCR) dan Ground Fault Relay (GFR) Pada Transformator Daya Gardu Induk,” *SAINSTECH: JURNAL PENELITIAN DAN PENGKAJIAN SAINS DAN TEKNOLOGI*, vol. 32, no. 1, pp. 1–8, Feb. 2022, doi: 10.37277/stch.v32i1.1215.
- [14] H. D. Paminto and A. Kiswantono, “Rancang Simulasi Sistem Over Current Relay Pada Jaringan Distribusi 20kv Menggunakan Etap,” Feb. 2021.
- [15] A. S. Habibie, M. Ridwan, P. A. A. Pramana, B. B. S. D. A. Harsono, and M. S. Al Manshury, “Evaluasi Penerapan Teknologi Digital Substation di Indonesia,” *Jurnal Technopreneur (JTech)*, vol. 9, no. 1, pp. 38–45, May 2021, doi: 10.30869/jtech.v9i1.725.
- [16] PLN (Perusahaan Umum Listrik Negara), “SPLN 64: 1985: Petunjuk Pemilihan dan Penggunaan Pelebur pada Sistem Distribusi Tegangan Menengah,” Jakarta, 1985.