

Analisis Proteksi Sistem Distribusi Listrik *Overcurrent Relay* (OCR) Berdasarkan Standar IEC 60255-151 dan IEEE C37

Alfin Mahmud¹, Faizzara Syaharani¹

¹Program Studi Teknik Elektro, Institut Teknologi Sumatra, Lampung, Indonesia, 35365
alfin.122130108@student.itera.ac.id, faizzara.122130019@student.itera.ac.id

INFORMASI ARTIKEL

Diterima : 01 Agustus 2025
Direvisi : 01 September 2025
Tersedia online : 30 September 2025

KATA KUNCI

Overcurrent Relay, IEC 60255-151, IEEE C37.112, IEEE C37.113, Proteksi Sistem Distribusi, *Inverse Time*, Simulasi ETAP.

KEYWORDS

Overcurrent Relay, IEC 60255-151, IEEE C37.112, IEEE C37.113, Distribution System Protection, Inverse Time, ETAP Simulation.

A B S T R A K

Gangguan arus lebih (*overcurrent*) dalam sistem distribusi tenaga listrik dapat menyebabkan kerusakan peralatan, hilangnya pasokan energi, hingga risiko kebakaran. Oleh karena itu, diperlukan sistem proteksi yang andal dan sesuai dengan standar internasional. Penelitian ini menganalisis kinerja *Overcurrent Relay* (OCR) dalam mendeteksi dan merespons gangguan, dengan mengacu pada standar IEC 60255-151 dan IEEE C37.112 serta IEEE C37.113. Simulasi dilakukan menggunakan perangkat lunak ETAP 19 dengan skenario gangguan tiga fasa (3 ϕ) di salah satu bus sistem distribusi. *Relay* terdekat dengan titik gangguan bekerja lebih cepat, sementara *relay* lainnya bertindak sebagai cadangan (*backup*), sesuai prinsip grading waktu. Temuan ini menegaskan pentingnya pemilihan parameter proteksi yang tepat agar OCR dapat berfungsi secara optimal dan terintegrasi dalam sistem distribusi listrik modern.

A B S T R A C T

Overcurrent disturbances in the power distribution system can cause equipment damage, loss of energy supply, and even the risk of fire. Therefore, a reliable protection system is needed that complies with international standards. This study analyzes the performance of the Overcurrent Relay (OCR) in detecting and responding to disturbances, with reference to the IEC 60255-151 and IEEE C37.112 and IEEE C37.113 standards. Simulations were performed using ETAP 19 software with a three-phase (3 ϕ) disturbance scenario on one of the distribution system buses. The relay closest to the fault point works faster, while the other relays act as backups, according to the time grading principle. These findings emphasize the importance of selecting the right protection parameters so that the OCR can function optimally and be integrated into a modern electricity distribution system.

I PENDAHULUAN

Sistem distribusi kelistrikan merupakan salah satu bagian yang paling penting dalam jaringan tenaga listrik yang akan menghubungkan energi dari sumber pembangkit, saluran transmisi dan menuju konsumen akhir[1]. Dalam proses distribusi yang dilakukan, sistem akan sangat rentan terhadap gangguan seperti arus lebih (*overcurrent*). Gangguan seperti arus lebih (*overcurrent*) biasanya disebabkan oleh hubung singkat, beban berlebih, ataupun gangguan internal, yang dapat menyebabkan kerusakan pada peralatan, kehilangan energi, serta menimbulkan risiko terhadap keselamatan terhadap manusia dan infrastruktur[2]. Hal ini juga dapat menyebabkan pemadaman listrik, bahkan dapat menimbulkan kebakaran. Oleh karena itu, sistem proteksi yang andal dapat menjadi syarat untuk menjamin terpenuhinya pasokan listrik dan keselamatan dalam instalasi[3].

Overcurrent Relay (OCR) adalah salah satu perangkat penting dalam sistem proteksi karena berfungsi untuk mendeteksi arus lebih dan memberikan sinyal untuk memutuskan aliran listrik pada bagian jaringan yang terganggu[4]. Efektivitas OCR sangat bergantung pada pengaturan yang tepat dan kolaborasi dengan perangkat proteksi lainnya. Pengembangan OCR harus mengikuti standar internasional yang dapat diandalkan agar berfungsi

dengan baik. IEEE C37 Series dari *Institute of Electrical and Electronics Engineers* memberikan pedoman lengkap tentang desain, pengujian, dan penggunaan *relay* proteksi dalam sistem tenaga listrik. Sebaliknya, IEC 60255, yang diterbitkan oleh *International Electrotechnical Commission*, memberikan pedoman teknis mengenai karakteristik *relay*, parameter pengujian, dan kurva waktu-arus yang digunakan dalam pengaturan OCR. Standar IEEE banyak digunakan di berbagai sistem listrik, terutama di Amerika Serikat dan di seluruh dunia[5]. Panduan IEEE C37.113 untuk aplikasi *relay* proteksi untuk jalur transmisi mempertimbangkan konfigurasi jaringan dan tipe gangguan saat menerapkan OCR dalam sistem transmisi dan distribusi. Sementara itu, panduan IEEE C37.112 untuk aplikasi *relay* proteksi untuk sistem tenaga membahas prinsip kerja, pemilihan, dan koordinasi *relay* proteksi, termasuk OCR, berdasarkan kondisi sistem tenaga aktual. Tujuan implementasi OCR yang didasarkan pada standar-standar tersebut adalah untuk meningkatkan efisiensi, selektivitas, dan keandalan sistem proteksi[6]. Sementara selektivitas menjamin bahwa hanya bagian sistem yang terganggu yang diputuskan, keandalan memastikan bahwa sistem mampu merespon dengan akurat setiap gangguan. Untuk mendukung kinerja proteksi yang optimal, penyesuaian parameter kerja *relay* seperti *pickup current* dan *setting* jam dial sangat penting.

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi aplikasi rangkaian distribusi yang dibuat menggunakan aplikasi ETAP dan kinerja *overcurrent relay* dalam sistem distribusi listrik, dengan mengacu pada standar IEC 60255 dan IEEE C37. Untuk menilai kinerja *Overcurrent Relay* (OCR) dalam sistem distribusi tenaga listrik berdasarkan standar IEC 60255-151, IEEE C37.113, dan IEEE C37.112. Fokus utama penelitian adalah pengaturan parameter proteksi, fitur kurva kerja *relay*, dan elemen selektivitas sistem distribusi. Studi ini berkontribusi untuk membuat OCR lebih andal, efektif, dan sesuai dengan standar internasional yang berlaku.

II LANDASAN TEORI

A. Overcurrent Relay (OCR)

Overcurrent Relay (OCR) adalah salah satu jenis *relay* proteksi yang dirancang untuk memutuskan aliran listrik ketika arus yang melewati sistem melebihi batas yang telah ditentukan. OCR digunakan untuk melindungi peralatan listrik seperti transformator, kabel, dan busbar dari kerusakan akibat arus lebih (*overcurrent*) yang disebabkan oleh beban lebih (*overload*) atau gangguan (*fault*) seperti hubung singkat (*short circuit*)[7].

B. IEC 60255-151 – Requirements for Overcurrent Relays

Standar IEC 60255-151:2009 menetapkan persyaratan fungsional untuk perangkat proteksi arus lebih (*overcurrent protection*) dan arus kurang (*undercurrent protection*). Dokumen ini menjadi acuan teknis penting dalam perancangan dan pengujian karakteristik operasi *relay* arus, termasuk pengaruh dinamis serta akurasi pada kondisi *steady-state*. Standar ini menggantikan versi sebelumnya (IEC 60255-3) dan lebih terfokus pada *relay* berbasis digital dan mikroprosesor yang umum digunakan saat ini[8].

Relay yang diatur oleh standar ini termasuk proteksi arus fasa instan (ANSI 50), proteksi arus fasa tunda waktu (ANSI 51), proteksi gangguan tanah instan (50N/50G), dan proteksi gangguan tanah tunda waktu (51N/51G), yang semuanya diklasifikasikan lebih lanjut dalam *logical nodes* menurut IEC 61850. Salah satu kontribusi utama standar ini adalah pengaturan karakteristik waktu operasi, baik *definite time delay* (waktu tetap) maupun *inverse time delay* (waktu tidak tetap), yang memungkinkan koordinasi selektif antar *relay* pada sistem distribusi.

Waktu operasi *relay inverse* didefinisikan oleh rumus berbasis tiga parameter konstanta k , c , dan α , dalam bentuk:

$$t(G) = TMS \cdot \frac{k}{\left(\left(\frac{G}{G_S}\right)^\alpha - 1\right)} + c \quad (1)$$

Keterangan:

- $t(G)$: waktu operasi (detik)
- TMS: *Time Multiplier Setting*
- G : nilai pengukuran arus *input* (karakteristik kuantitas)
- G_S : nilai *pickup* (*setting*) arus
- k , α , c : konstanta tergantung tipe kurva waktu

Persamaan ini memungkinkan fleksibilitas dalam pemilihan kurva waktu operasi (seperti kurva A–F) dan digunakan untuk mengatur selektivitas sistem berdasarkan tingkat gangguan. Konstanta untuk karakteristik operasi waktu *dependent* dan *reset* ditunjukkan Tabel 1.

Tabel 1. Konstanta untuk karakteristik operasi waktu *dependent* dan *reset*

Tipe Kurva	Waktu Operasi			Waktu Reset		Nama yang Umum digunakan
	$t(G) = TMS \left[\frac{k}{\left(\frac{G}{G_S}\right)^a - 1} \right] + c$			$t_r(G) = TMS \left[\frac{t_r}{1 - \left(\frac{G}{G_S}\right)^a} \right]$		
	ks	cs	α	t_{rs}	α	
A	0.14	0	0.02	a	a	<i>Inverse</i>
B	13.5	0	1	a	a	<i>Very Inverse</i>
C	80	0	2	a	a	<i>Extremely Inverse</i>
D	0.0515	0.1140	0.02	4.85	2	<i>IEEE Moderately Inverse</i>
E	19.61	0.491	2	21.6	2	<i>IEEE Very Inverse</i>
F	28.2	0.1217	2	29.1	2	<i>IEEE Extremely Inverse</i>

C. IEEE C37.112

Dalam IEEE C37.112 terdapat persamaan matematis yang digunakan sebagai cara kerja dari *relay* yang terintegrasi dengan mikroprosesor[9].

For $0 < M < 1$

$$t(I) = \frac{t_r}{M^2 - 1} \quad (1)$$

For $M > 1$

$$t(I) = \frac{A}{M^p - 1} + B \quad (2)$$

Keterangan :

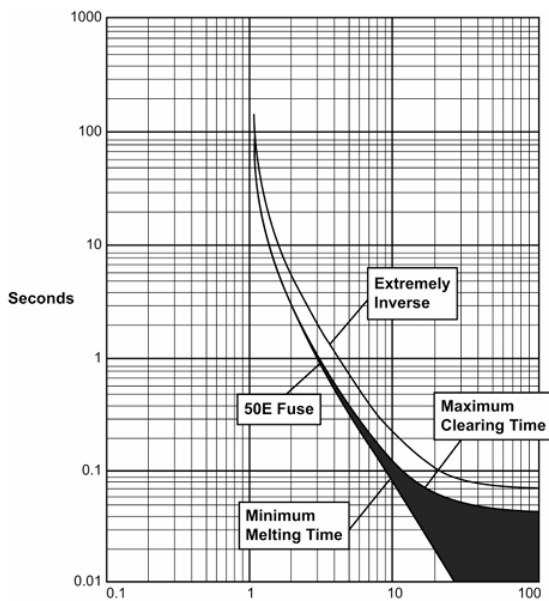
- $t(I)$ = waktu reset dalam Persamaan (1) dan waktu operasi dalam Persamaan (2) dalam detik. Waktu reset dinyatakan sebagai angka negatif untuk nilai arus yang kurang dari arus pengambilan.
- M = arus yang dinyatakan dalam kelipatan arus pengambilan (I_{input}/I_{pickup}), dimana I_{pickup} adalah titik pengaturan arus *relay*.
- t_r = waktu reset tanpa arus *input* ($M = 0$).
- A, B, p = konstanta yang dipilih untuk memberikan karakteristik kurva yang dipilih.

Dengan sifat dinamis *relay* induksi, tingkat perjalanan cakram yang lebih tinggi dan arus yang lebih tinggi dapat dicapai. Kondisi kesalahan biasanya dapat memberikan *relay* dengan arus kesalahan yang berbeda sebelum *relay* terputus. Persamaan (3) mengemulasikan dinamika *relay* arus lebih lama terbalik cakram induksi, dan karenanya koordinasi akan tetap terjaga meskipun arus berubah.

$$\int_0^{T_0} \frac{1}{t(I)} dt = 1 \quad (3)$$

Dimana,

T_0 = waktu operasional.



Gambar 1 Karakteristik yang sangat berlawanan dibandingkan dengan waktu leleh minimum dan waktu pembersihan maksimum[9]

D. IEEE C37.113

IEEE C37.113 merupakan standar yang dapat digunakan untuk penerapan *relay* proteksi pada sistem distribusi. Pada standar ini akan menekankan pentingnya deteksi gangguan berbasis arus (*overcurrent*), koordinasi waktu operasi antar *relay* (*time-current coordination*), zona proteksi yang saling tumpang tindih (*overlapping zones*) dan keandalan proteksi yang mana akan ada kombinasi antara *dependability* atau kemampuan mendeteksi gangguan juga *security* yang dapat menghindari salah dalam pelaksanaan operasi[10].

Pada IEEE C37-113 memiliki prinsip dalam desain proteksi sistem distribusi, beberapa prinsip yang dimiliki yaitu sebagai berikut :

1. Pemilihan OCR berdasarkan panjang dan konfigurasi saluran distribusi.
2. Koordinasi antara OCR pada sisi trafo, *feeder*, dan *lateral*.
3. Penggunaan *setting inverse time* yang digunakan untuk menjamin selektivitas.
4. Perencanaan *backup* proteksi untuk *feeder* utama dan cabang.

IEEE C37-113 juga menyarankan penggunaan proteksi redundan dan terkoordinasi yang memperhatikan aspek keandalan (*reliability*) dimana suatu sistem proteksi harus tetap bekerja meskipun terdapat satu komponen gagal. Redundansi yang berupa OCR cadangan di sisi lain trafo atau *relay* di gardu atas dan desain yang dirancang harus tetap sederhana agar mudah dioperasikan dan dipelihara.

III METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan pendekatan simulasi menggunakan perangkat lunak ETAP 19 untuk menyalakan kinerja *Overcurrent Relay* (OCR) dalam sistem distribusi tenaga listrik. Tahapan pertama dimulai dengan studi literatur terhadap standar internasional yang menjadi acuan utama, yaitu IEC 60255-151, IEEE C37.112, dan IEEE C37.113, yang menjelaskan prinsip kerja, pengaturan karakteristik waktu, serta strategi koordinasi antar *relay* proteksi. Berdasarkan pemahaman dari standar tersebut, dirancang sebuah model sistem distribusi listrik dalam bentuk *Single Line Diagram* (SLD) di aplikasi ETAP, yang terdiri dari sumber tak terbatas, transformator utama berkapasitas 100 MVA, beberapa bus, dan beban utama maupun sekunder.

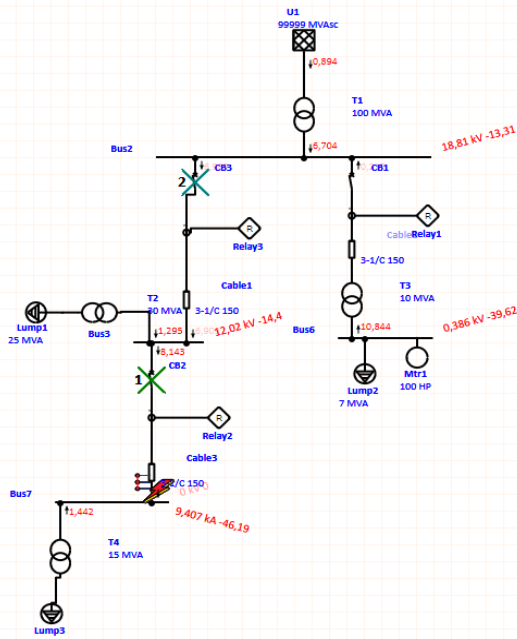
Simulasi dilakukan dengan menskenariokan gangguan tiga fasa (*three-phase fault*) pada Bus7, dimana arus gangguan tercatat mencapai 9,407 kA. Gangguan ini digunakan sebagai dasar evaluasi terhadap respons OCR yang terpasang pada beberapa titik dalam sistem. Analisis dilakukan dengan meninjau kurva koordinasi waktu-arus (*Time-Current Coordination Curve/TCC*), yang menunjukkan waktu operasi masing-masing *relay* terhadap arus gangguan tertentu. Penilaian dilakukan terhadap tiga *relay* utama (*Relay1*, *Relay2*, dan *Relay3*) berdasarkan urutan kerja, jenis elemen proteksi yang aktif (*instantaneous* maupun *inverse*), serta kesesuaian dengan prinsip selektivitas dan keandalan sistem proteksi. Hasil dari grafik dan simulasi kemudian digunakan untuk menilai apakah sistem proteksi telah bekerja sesuai dengan standar internasional yang diterapkan, terutama dalam hal koordinasi waktu dan isolasi gangguan secara selektif.

IV HASIL DAN PEMBAHASAN

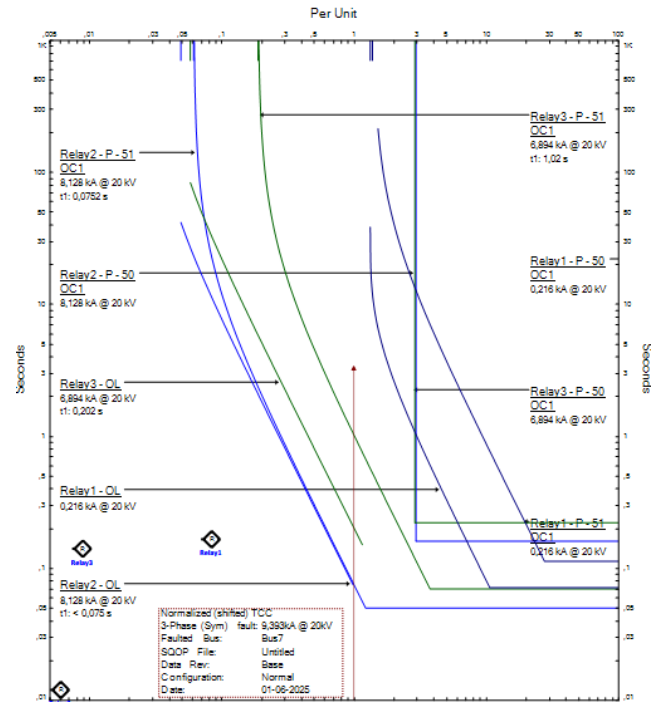
A. Rangkaian Simulasi ETAP 19

Setelah memahami beberapa standar yang menjadi acuan dibuatlah sebuah rangkaian simulasi seperti pada Gambar 2. Gambar tersebut menunjukkan *Single Line Diagram* (SLD) sistem distribusi tenaga listrik yang disimulasikan.

Sistem ini terdiri dari sumber tak terbatas (*infinite bus*) U1 dengan transformator utama T1 berkapasitas 100 MVA yang menyalurkan daya ke beberapa bus dan beban. Beban utama (*Lump1*) sebesar 25 MVA terhubung di Bus3, sedangkan beban lainnya seperti motor 100 HP dan *Lump2* (7 MVA) disuplai melalui Bus6. Terdapat dua *relay* proteksi utama, yaitu *Relay1* dan *Relay2*, yang masing-masing mengendalikan CB3 dan CB2 untuk mendeteksi dan memutus gangguan arus lebih. Terjadi gangguan 3 fasa (*three-phase fault*) di Bus7 dengan arus hubung singkat sebesar 9,407 kA dan sudut fase $-46,19^\circ$, yang merupakan titik evaluasi utama dalam studi proteksi. Daya dan arus mengalir dari sumber ke titik gangguan melalui beberapa kabel (*Cable1* hingga *Cable5*) dan transformator T2 (7 MVA).



Gambar 2 Simulasi Rangkaian Etap



Gambar 3 Kurva Extreme Inverse IEC

B. Grafik Koordinasi Relay

Gambar 3 menunjukkan *Time-Current Coordination Curve (TCC)* atau *Star View* untuk kondisi gangguan 3-fasa simetris (3 ϕ) sebesar 9,334 kA pada Bus7, dengan tegangan sistem 20 kV. Grafik menampilkan kurva karakteristik operasi dari tiga relay arus lebih: Relay1, Relay2, dan Relay3, dengan elemen proteksi:

- OC1 P-51: Proteksi arus lebih dengan waktu tunda (*inverse time*)
- OC1 P-50: Proteksi arus lebih instan
- OL: Proteksi termal beban (*overload*)

Sumbu horizontal menunjukkan arus gangguan dalam satuan per unit (pu), sedangkan sumbu vertikal menunjukkan waktu operasi dalam detik. Panah merah pada grafik menandai titik gangguan aktual sebesar 9,334 kA, yang digunakan untuk melihat relay mana yang akan bekerja terlebih dahulu.

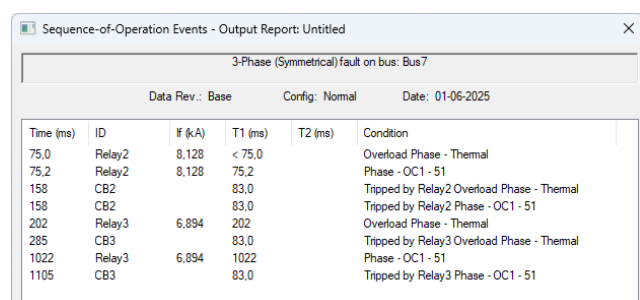
Dari Gambar 3 terlihat bahwa Relay2 P-51 memiliki kurva waktu tercepat terhadap arus gangguan sebesar 8,128 kA, dengan waktu operasi sekitar 1,075 detik. Hal ini menunjukkan bahwa Relay2, yang berada paling dekat dengan titik gangguan di Bus7, akan trip lebih dahulu untuk mengisolasi gangguan. Setelah itu, Relay3 juga bekerja ($t \sim 1.022$ detik), namun sedikit lebih lambat. Relay1, sebagai relay utama di *upstream*, memiliki waktu operasi paling lambat pada arus yang sama, dan bertindak sebagai *backup protection*. Hal ini menunjukkan bahwa sistem telah dikonfigurasi untuk koordinasi selektif dengan prinsip grading waktu yang tepat, sesuai standar IEC 60255-151 dan IEEE C37.112.

Pada arus yang lebih tinggi, elemen P-50 (*instantaneous*) akan aktif, seperti terlihat pada Relay2 dan Relay3, yang memiliki batas trip vertikal sekitar 8,1 kA dan 6,8 kA. Namun karena arus gangguan berada tepat pada batas bawah instan Relay2, maka elemen P-51 lebih dominan yang bekerja. Selain itu, elemen *overload* (OL) dari ketiga relay juga ditampilkan, tetapi berada jauh dari titik gangguan menunjukkan bahwa gangguan ini bukan akibat beban berlebih jangka panjang, melainkan gangguan arus besar mendadak. Grafik ini secara keseluruhan menegaskan bahwa koordinasi relay telah terdistribusi dengan baik, di mana relay terdekat trip lebih dahulu dan relay lainnya memberikan waktu cadangan (*time margin*) untuk mencegah gangguan menyebar lebih luas, menjaga selektivitas dan keandalan sistem distribusi.

C. Hasil Simulasi dari Koordinasi Relay

Hasil simulasi mencatat respons relay dan pemutus arus (CB) terhadap gangguan 3-phase fault dengan arus sebesar 8,128 kA (Relay2) dan 6,894 kA (Relay3). Data menunjukkan waktu aktifnya masing-masing relay, elemen proteksi yang bekerja, serta waktu kerja CB setelah menerima perintah trip. Fokus utama adalah pada Relay2 dan Relay3, serta CB2 dan CB3 yang dikendalikan oleh kedua relay tersebut.

Simulasi menunjukkan bahwa gangguan 3-fasa simetris pada Bus7 dengan arus sebesar 8,128 kA menyebabkan aktivasi cepat dari Relay2, yang bekerja melalui elemen proteksi *thermal overload* dan *overcurrent time delay* (OC1 – P-51). Relay2 mendeteksi gangguan dan memicu CB2 untuk trip pada waktu 158 ms, yang seharusnya cukup untuk mengisolasi gangguan dari sistem.



Time (ms)	ID	I (kA)	T1 (ms)	T2 (ms)	Condition
75.0	Relay2	8.128	< 75.0		Overload Phase - Thermal
75.2	Relay2	8.128	75.2		Phase - OC1 - 51
158	CB2		83.0		Tripped by Relay2 Overload Phase - Thermal
158	CB2		83.0		Tripped by Relay2 Phase - OC1 - 51
202	Relay3	6.894	202		Overload Phase - Thermal
285	CB3		83.0		Tripped by Relay3 Overload Phase - Thermal
1022	Relay3	6.894	1022		Phase - OC1 - 51
1105	CB3		83.0		Tripped by Relay3 Phase - OC1 - 51

Gambar 4 Hasil Simulasi Koordinasi Tripping Relay

Namun, *Relay3* juga ikut aktif pada 202 ms dan memicu *CB3* untuk trip di 285 ms. Hal ini menandakan bahwa aliran gangguan masih berlanjut ke jalur lain meskipun *CB2* telah bekerja lebih awal. Kejadian ini menunjukkan adanya koordinasi proteksi yang belum optimal, karena pemutusan seharusnya dilakukan hanya oleh *relay* yang berada paling dekat dengan titik gangguan.

Selanjutnya, *Relay3* kembali aktif pada 1022 ms dan sekali lagi memicu trip *CB3* pada 1105 ms. Hal ini mengindikasikan bahwa arus sisa atau efek termal dari gangguan belum sepenuhnya menghilang, atau terdapat konfigurasi reset time *relay* yang kurang tepat. Respons trip berulang ini menunjukkan bahwa sistem belum sepenuhnya pulih setelah pemutusan awal, dan mengindikasikan perlunya penyesuaian koordinasi waktu operasi antar *relay* (*grading time*), serta peninjauan ulang terhadap karakteristik *inverse* dan *overload* dari *Relay3*. Secara keseluruhan, meskipun proteksi bekerja, sistem memerlukan optimasi pengaturan agar selektivitas tetap terjaga dan gangguan tidak menyebabkan pemutusan pada lebih dari satu zona secara tidak perlu.

V KESIMPULAN

Berdasarkan hasil simulasi gangguan 3-fasa simetris pada Bus7, dapat disimpulkan bahwa sistem proteksi telah berhasil mendeteksi dan merespons gangguan melalui kerja *relay* arus lebih (OCR) dan pemutus arus (*CB*). *Relay2*, yang berada paling dekat dengan titik gangguan, bekerja terlebih dahulu sesuai dengan prinsip selektivitas proteksi, diikuti oleh *Relay3* dan *Relay1* yang bertindak sebagai *backup*. Namun demikian, hasil simulasi menunjukkan bahwa koordinasi proteksi belum sepenuhnya selektif, karena gangguan yang seharusnya diisolasi oleh *CB2* juga menyebabkan *CB3* ikut trip. Hal ini menunjukkan bahwa margin waktu antar *relay* masih perlu disesuaikan agar gangguan tidak menjalar ke zona proteksi lain. Untuk itu, diperlukan evaluasi dan penyempurnaan pengaturan karakteristik waktu (kurva *inverse* dan *thermal*), pengaturan *time delay* (*TMS*), serta *threshold pickup* arus pada setiap *relay*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami, penulis, mengucapkan terima kasih kepada Program Studi Teknik Elektro, Institut Teknologi Sumatera (ITERA) yang telah memberikan wadah dan kesempatan bagi mahasiswa untuk mengembangkan kemampuan

akademik dan softskill melalui kegiatan penelitian dan penulisan ilmiah. Ucapan terima kasih yang tulus kami sampaikan kepada Bapak Dean Corio, S.T., M.T., selaku dosen pengampu mata kuliah Sistem Distribusi dan Transmisi Tenaga, atas ilmu, bimbingan, serta motivasi yang sangat berharga dalam proses penyusunan artikel ini. Kami juga menyampaikan apresiasi kepada rekan-rekan mahasiswa Teknik Elektro ITERA yang mengambil mata kuliah Sistem Distribusi Transmisi Tenaga telah memberikan dukungan, semangat, kerja sama selama 1 semester dalam kegiatan belajar mata kuliah ini. Tidak lupa, kami berterima kasih kepada pengembang perangkat lunak ETAP yang digunakan sebagai alat bantu utama dalam simulasi sistem distribusi tenaga listrik. Segala bentuk masukan, dukungan, dan kerja sama yang telah diberikan menjadi bagian penting dari keberhasilan penyusunan artikel ini. Kami, Alfin Mahmud dan Faizzara Syaharani, bertanggung jawab penuh atas isi dan keakuratan seluruh isi naskah yang telah disusun.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] G. B. Santosa, I. G. D. Arjana, and I. W. A. Wijaya, "Studi Kerja Proteksi *Relay* OCR dan GFR pada Penyulang Uluwatu Setelah Rekonfigurasi," *Jurnal Spektrum*, vol. 8, pp. 112–114, Sep. 2021.
- [2] E. Dermawan and D. Nugroho, "Analisa Koordinasi Over Current *Relay* Dan Ground Fault *Relay* Di Sistem Proteksi Feeder Gardu Induk 20 kV Jababeka," *Jurnal Elektum*, vol. 14, no. 2, pp. 43–48, Jun. 2020, doi: 10.24853/elektum.14.2.43-48.
- [3] E. H. Arya, Ermawati, Machdalena, and J. Hendri, "Analisa Over Current *Relay* (OCR) dan Ground Fault *Relay* (GFR) pada Jaringan Distribusi 20 kV," vol. 11, no. 2, Dec. 2024.
- [4] M. H. Hairi, M. S. Mohd Aras, F. Hanaffi, and M. Sulaiman, "Performance Evaluation of Overcurrent Protection *Relay* Based on *Relay* OperationTime (ROT)," *International Journal of Electrical and Applied Sciences*, vol. 1, no. 2600–7495, pp. 1–4, May 2025.
- [5] A. A. Zakri, R. A. Ramadhan, and W. Sunanda, "Performance Evaluation of Overcurrent *Relay* and Ground Fault *Relay* Coordination in Distribution Feeder," *Jurnal Electronic, Control, Telecommunication, Information, and Power Engineering*, no. 1, pp. 66–69, Apr. 2024, doi: 0.33019/jurnalecotipe.v1i1.4487.
- [6] M. H. Hairi, M. Shahriee, M. Aras, F. Hanaffi, and M. Sulaiman, "Performance Evaluation of Overcurrent Protection *Relay* Based on *Relay* Operation Time (ROT) Centre for Robotic and Industrial Automation (CeRIA), Fakulti Kejuruteraan Elektrik, Universiti Teknikal Malaysia Melaka (UTeM)," 2018.
- [7] X. Ji *et al.*, "Real-time robust forecasting-aided state estimation of power system based on data-driven models," *International Journal of Electrical Power and Energy Systems*, vol. 125, Feb. 2021, doi: 10.1016/j.ijepes.2020.106412.
- [8] International Electrotechnical Commission, *IEC 60255-1 International Standard Norme Internationale Measuring relays and protection equipment-Part 1: Common Requirements Relays de Mesure et Dispositifs de Protection-Partie 1: Exigences Communes*. 2022. [Online]. Available: www.iec.ch
- [9] Institute of Electrical and Electronics Engineers, *IEEE Std C37.112-2018 (Revision of IEEE Std C37.112-1996): IEEE Standard for Inverse-Time Characteristics Equations for Overcurrent Relays*, New York: IEEE, 2019.
- [10] Institut of Electrical and Electronics Engineers, *C37.113-2015 - IEEE Guide for Protective Relay Applications to Transmission Lines*. New York: IEEE, 2016.

BIODATA PENULIS



Alfin Mahmud Adalah Seorang Mahasiswa Teknik Elektro Institut Teknologi Sumatera yang memulai pendidikan Sarjana pada tahun 2022. Saat ini, ia sebagai mahasiswa aktif program studi Teknik Elektro di Institut Teknologi Sumatera. Saat ini sedang aktif membantu project smart bulding ITERA 2.0 dan Smart Farming Greenhouse Melon ITERA sebagai Asisten peneliti. Selain itu ia memiliki beberapa pengalaman kepanitiaan dan pengabdian masyarakat di beberapa tempat. Minat penelitian utamanya meliputi sistem kendali digital, Internet Of Things, dan Eletrical Desainer.



Faizzara Syaharani sedang menjalankan pendidikan Sarjana (S1) di bidang Teknik Elektro dari Institut Teknologi Sumatera (ITERA). Ia memiliki minat dalam bidang sistem kendali (*control systems*) dan aktif mengembangkan diri di lingkungan akademik maupun organisasi. Selama masa studi, ia aktif dalam organisasi Himpunan Mahasiswa Teknik Elektro, menjabat sebagai Sekretaris Departemen Keprofesian Teknik Elektro (Teknokreator). Selain itu, ia memiliki sejumlah pengalaman dalam kegiatan pengabdian kepada masyarakat serta berbagai kepanitiaan yang mendukung pengembangan *soft skills* dan kepemimpinan.