

Pemodelan dan Simulasi Sistem Proteksi Jaringan Distribusi Industri Berdasarkan Standar IEC 60255-151 dan IEEE C37 Series

Alif Renaldi Pratama¹, Agustina Putri Warokhmah¹

¹Program Studi Teknik Elektro, Institut Teknologi Sumatera, Lampung Selatan, 35365 Indonesia
alif.122130098@student.itera.ac.id, agustina.122130003@student.itera.ac.id

INFORMASI ARTIKEL

Diterima : 02 Agustus 2025
Direvisi : 02 September 2025
Tersedia online : 30 September 2025

KATA KUNCI

Overcurrent Relay, ETAP, Sistem Proteksi, Gangguan Tiga Fasa, Koordinasi Waktu, IEC 60255-151, IEEE C37series.

KEYWORDS

Overcurrent Relay, ETAP, Protection System, Three-Phase Fault, Time Coordination, IEC 60255-151, IEEE C37 Series.

A B S T R A K

Penulisan paper ini berdasarkan analisis sistem proteksi distribusi tenaga listrik industri dengan pendekatan simulasi menggunakan perangkat lunak ETAP. Fokus utama adalah kinerja *Overcurrent Relay* (OCR) dalam mendeteksi dan merespon gangguan arus 3 fasa sesuai dengan IEC 60255-151 dan IEEE C37series. Simulasi dilakukan dengan skenario sistem berjalan normal dan saat gangguan terjadi di salah satu bus. Hasil menunjukkan bahwa OCR terdekat dengan titik gangguan bekerja lebih dahulu, sementara *relay* lainnya berfungsi sebagai backup, sesuai prinsip selektivitas dan *grading* waktu. Grafik koordinasi waktu-arus (TCC) menunjukkan sistem proteksi telah berjalan cukup selektif, meskipun beberapa relai mengalami aktivasi lanjutan akibat efek termal dan sisa arus. Temuan ini menegaskan pentingnya penyesuaian parameter OCR agar sistem proteksi dapat bekerja lebih optimal.

A B S T R A C T

This paper is based on the analysis of the industrial power distribution protection system using a simulation approach with ETAP software. The main focus is on the performance of the Overcurrent Relay (OCR) in detecting and responding to three-phase overcurrent faults in accordance with IEC 60255-151, IEEE C37series. Simulations were carried out under scenarios of normal system operation and during faults occurring at one of the buses. The results show that the OCR closest to the fault point operates first, while other relays function as backups, following the principles of selectivity and time grading. The Time-Current Coordination Curve (TCC) indicates that the protection system operates quite selectively, although some relays experience subsequent activations due to thermal effects and residual currents. These findings emphasize the importance of adjusting OCR parameters to optimize the performance of the protection system.

I PENDAHULUAN

Sistem distribusi tenaga listrik adalah salah satu dari sekian banyak komponen yang penting bagi sistem tenaga listrik karena sistem ini berfungsi mengalirkan energi listrik dari sistem transmisi ke konsumen. Keandalan dari sistem distribusi sangat penting di dunia industri karena proses produksi yang dilakukan sangat bergantung pada suplai listrik yang stabil dan tidak terputus. Gangguan seperti hubung singkat atau kelebihan beban dapat menyebabkan kerusakan pada alat sehingga proses produksi dapat terhenti dan terjadi kerugian yang sangat besar [1].

Agar masalah tersebut bisa diselesaikan, sistem produksi dibuat dan dirancang agar dapat mengenali, membatasi, dan memisahkan bagian dari sistem yang terganggu dengan waktu yang singkat. Sistem proteksi sebaiknya dibuat efektif dengan cara meningkatkan kecepatan respon, sensitivitas, keandalan serta kemampuannya dalam memilih atau mengenali gangguan. Kemampuan tersebut menjadi bagian yang sangat penting dikarenakan sistem harus bisa memutuskan aliran yang terganggu tanpa membuat aliran lainnya ikut terganggu [2].

Penggunaan sumber energi terdistribusi (*Distributed Generation*) seperti panel surya, kebutuhan sistem proteksi yang lebih canggih sangat diperlukan. *Distributed*

Genetation dapat mengubah arah aliran daya dan karakteristik dari arus gangguan, sehingga sistem proteksi dapat bekerja dengan maksimal [3].

Sistem proteksi dapat diuji dan dirancang dengan berbagai cara, salah satunya adalah dengan cara membuat simulasi pada suatu perangkat lunak. Simulasi yang dilakukan dapat dianalisis berbagai gangguannya tanpa harus melakukan pengujian langsung ke alat sebenarnya. Perangkat lunak yang dipakai pada pengujian ini adalah ETAP 19 [4]. Melalui simulasi ini, koordinasi antara perangkat proteksi dapat diuji dan waktu operasinya dapat dianalisis dengan lebih akurat.

II DAFTAR PUSTAKA

A. Sistem Distribusi Tenaga Listrik

Sistem distribusi tenaga listrik merupakan tahap akhir dalam rangkaian sistem tenaga listrik yang berfungsi sebagai tempat pengaliran energi listrik dari gardu induk ke konsumen. Sistem distribusi dibagi menjadi 2 jenis yaitu distribusi primer yang berfungsi mengalirkan listrik tegangan menengah dari gardu induk ke gardu distribusi dan distribusi sekunder yang berfungsi mengalirkan listrik dari gardu distribusi ke konsumen akhir [5].

Gangguan pada sistem distribusi sering terjadi yang menyebabkan konsumen merasa terganggu. Banyak faktor yang mempengaruhi terjadinya gangguan ini, misalnya cuaca, beban, atau kerusakan pada alat. Maka diperlukan sebuah sistem proteksi yang mampu mendeteksi kerusakan atau gangguan tersebut sehingga dapat memutus aliran dengan cepat dan meminimalisir gangguan pada konsumen [6]. Semakin berkembang teknologi, semakin banyak pula tantangan yang akan dihadapi oleh sistem proteksi seperti bertambahnya beban. Maka diperlukan pengelolaan sistem distribusi yang lebih berkembang dan teknologinya lebih modern agar bisa menghadapi tantangan tersebut [7].

B. Sistem Proteksi Tenaga Listrik

Sistem proteksi berperan penting dalam menjamin ketahanan dan kelangsungan pasokan energi secara terus-menerus, terutama di bidang industri. Sistem ini dibuat agar bisa mendeteksi dan memisahkan/memutuskan bagian jaringan yang mengalami gangguan. Pemilihan sistem proteksi yang tepat sangat diperlukan agar distribusi bekerja dengan optimal. Salah satu komponen penting dalam sistem proteksi adalah *overcurrent relay (OCR)*, yang berfungsi untuk mendeteksi gangguan seperti kelebihan arus dan mengaktifkan sistem pemutusan jaringan di area gangguan. OCR dapat digunakan sebagai perlindungan cadangan pada penghantar dari gangguan yang ada dengan waktu kerja yang diatur sesuai dengan lokasi gangguan [8].

C. Komponen Proteksi

Overcurrent relay (OCR) memiliki fungsi sebagai pendeteksi terjadinya kelebihan beban arus dalam suatu sistem tenaga listrik. Cara kerjanya adalah dengan cara mengidentifikasi arus yang melebihi batas tertentu kemudian mengirimkan sinyal ke *circuit breaker (CB)* untuk memutuskan aliran tersebut [9]. *Current Transformer (CT)* adalah salah satu bagian dari sistem proteksi yang berfungsi sebagai konversi arus tinggi pada sistem tenaga listrik agar menjadi arus yang lebih rendah agar lebih aman untuk diukur oleh OCR. CB mempunyai fungsi sebagai alat atau perangkat pemutus aliran listrik otomatis apabila terjadi gangguan. CB bekerja sesuai dengan sinyal yang dikirimkan oleh OCR untuk dilakukan pemutusan sirkuit agar melindungi peralatan dan tidak terjadi kerusakan yang lebih parah. Apabila CB gagal memutus aliran yang terkena gangguan maka akan mengakibatkan kerusakan dan gangguan yang lebih besar terhadap jalannya sistem tenaga listrik [10].

D. Koordinasi Proteksi

Koordinasi proteksi adalah proses penyusunan dan penyesuaian karakteristik operasional dari sebuah perangkat dalam sistem proteksi, seperti *relay* dan pemutus sirkuit agar dapat bekerja saling mendukung dalam mendeteksi serta memisahkan jaringan yang terkena gangguan. Tujuan utamanya yaitu memastikan bahwa hanya bagian yang terkena gangguan yang akan diputus, sedangkan bagian yang normal tidak terkena dampak dari pemutusan tersebut. Kestabilan listrik sangat penting untuk dijaga, maka diperlukan koordinasi proteksi yang baik untuk menghindari hal-hal yang tidak diinginkan [12]. Perlu

dilakukan penyesuaian pada saat dilakukan koordinasi proteksi agar lebih efisien, seperti nilai arus *pickup*, *time dial setting*, dan karakter kurva hubungan antara arus dengan waktu *relay* proteksi [13].

E. Standar IEC 60255 terkait Relay

IEC 60255 merupakan standar internasional yang mengatur ketentuan umum dan prosedur pengujian untuk *measuring relays* dan perangkat proteksi dalam sistem tenaga listrik. Tujuan utama dari standar ini adalah untuk membuat kesamaan dalam desain, uji kinerja, dan operasional *relay* proteksi, sehingga mampu meningkatkan ketahanan serta keselamatan pada sistem distribusi tenaga. Salah satu bagian penting dari standar ini, yaitu IEC 60255-1:2022, yang berisikan tentang persyaratan dasar dan ketentuan umum untuk *measuring relays* serta peralatan proteksi lainnya, termasuk unit-unit yang bekerja secara terintegrasi dalam skema proteksi terdistribusi. Standar ini mencakup teknologi-teknologi terkini dan menyediakan metode pengujian yang digunakan untuk menilai aspek kinerja *relay*, seperti kecepatan operasi, ketepatan, serta tingkat keamanan [14].

F. Standar IEEE C37 Series terkait Relay

Standar IEEE C37 merupakan kumpulan pedoman teknis yang banyak digunakan dalam perancangan serta implementasi sistem proteksi tenaga listrik, khususnya yang melibatkan penggunaan *relay* proteksi. Salah satu standar penting dalam seri ini adalah IEEE C37.234, yang menyediakan panduan teknis untuk penerapan *relay* proteksi pada berbagai konfigurasi bus dalam sistem tenaga. Di lingkungan distribusi industri, konfigurasi bus seperti *double-bus* atau *ring bus* sering kali digunakan untuk meningkatkan keandalan dan fleksibilitas operasi sistem. Dengan berpedoman pada standar ini, proses pemodelan proteksi dapat memperhitungkan kemungkinan terjadinya kegagalan pada pemutus sirkuit (CB) serta kesalahan pada sinyal input *relay*, dua hal yang sangat penting dalam menciptakan simulasi proteksi yang akurat [15].

III METODE PENELITIAN

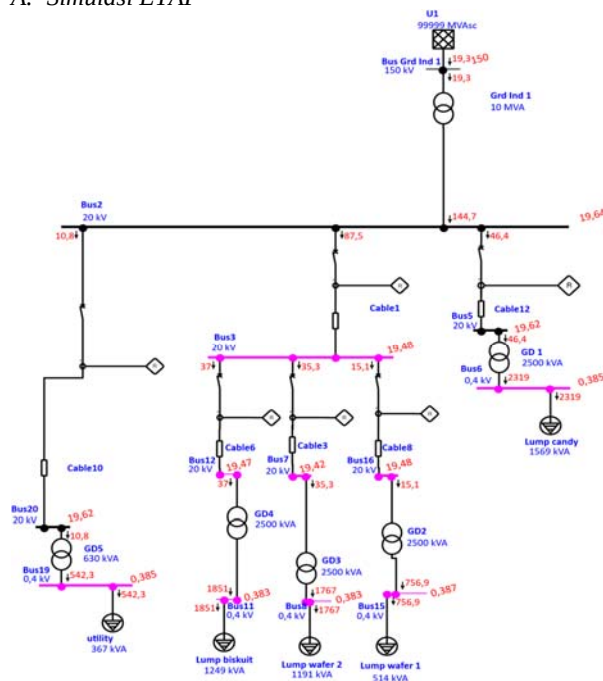
Hasil dari penelitian ini diperoleh dengan pendekatan simulasi menggunakan *software* ETAP 19, yang merupakan salah satu *software* yang biasa digunakan dalam analisis dan perancangan sistem proteksi. Pada percobaan ini digunakan untuk memahami kinerja OCR. Tahapan awal dimulai dengan melakukan studi literatur terhadap standar referensi utama yang digunakan, yaitu IEC 60255-151 dan IEEE C37Series. Kemudian dilanjutkan dengan studi literatur terhadap referensi rancangan jaringan sistem proteksi yang digunakan. Setelah itu, dilakukan perancangan model sistem distribusi listrik dalam bentuk *Single Line Diagram (SLD)* menggunakan *software* Etap 19 yang di dalamnya terdiri dari sebuah sumber listrik utama, Gardu Induk, beberapa bus, Gardu Distribusi beserta bebannya, dan sistem proteksi yang terdiri dari CT, OCR dan CB.

Simulasi dilakukan pada dua kondisi utama, yakni kondisi operasi normal tanpa gangguan dan kondisi dimana

terdapat gangguan tiga fasa (*three-phase fault*) yang diberikan di bus beban *lump biskuit*. Dari hasil simulasi tanpa gangguan di dapat beberapa parameter, seperti arus dan tegangan *drop* yang terjadi pada rangkaian sistem. Parameter ini yang menjadi acuan penyesuaian sistem proteksi yang dirancang. Selanjutnya, pada simulasi dengan memberikan gangguan, dilakukan pengamatan terhadap besarnya arus hubung singkat yang terukur yaitu sebesar 55,362 kA. Selanjutnya dilakukan analisis terhadap urutan respon *relay* dengan mengamati TCC untuk melihat waktu operasi dari masing masing *relay* proteksi, dan waktu pemutusan oleh CB. Selain itu, dilakukan evaluasi terhadap urutan *tripping relay* dan CB beserta kondisi pemuncunya untuk memastikan koordinasi sistem dalam mengisolasi gangguan, sekaligus mengidentifikasi ada tidaknya aktivasi berulang atau gangguan lanjutan akibat efek termal dan sisa arus. Hasil analisis ini dapat digunakan sebagai dasar rekomendasi penyempurnaan parameter proteksi guna meningkatkan performa dan keandalan sistem distribusi tenaga listrik pada lingkungan industri.

IV HASIL DAN PEMBAHASAN

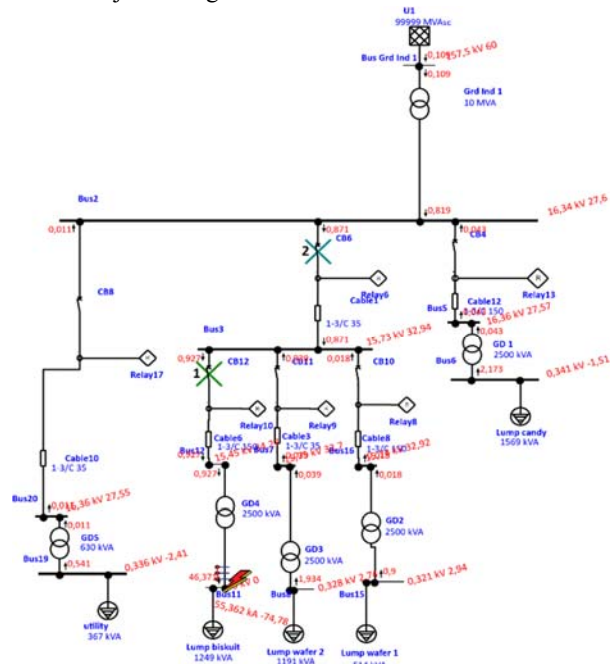
A. Simulasi ETAP



Gambar 1 Simulasi sistem di ETAP saat berjalan normal

Single Line Diagram (SLD) dari rangkaian yang di gunakan dalam simulasi sistem distribusi tenaga listrik diberikan pada Gambar 1. Sumber utama dari rangkaian ini adalah infinite bus U1 dengan transformator utama Grd Ind 1 dengan kapasitas 10 MVA yang menyalurkan daya ke beberapa Gardu Distribusi (GD) yaitu GD1, GD2, GD3 dan GD4 dengan kapasitas 2500 kVA, dan GD5 dengan kapasitas 630 kVA. Sisi sekunder GD yang ada langsung di hubungkan dengan beban Lump Candy (1569 kVA) untuk GD1, Lump wafer 1 (514 kVA) untuk GD2, Lump wafer 2 (1191 kVA) untuk GD3, Lump biskuit (1249 kVA) untuk

GD4 dan Lump Utility untuk GD5. Saat simulasi sistem dijalankan, terdapat arus yang mengalir dari sumber utama ke beban yang ada melalui beberapa bus, kabel dan GD. Selain itu, pada Bus juga terjadi penurunan tegangan saat sistem berjalan dengan normal.

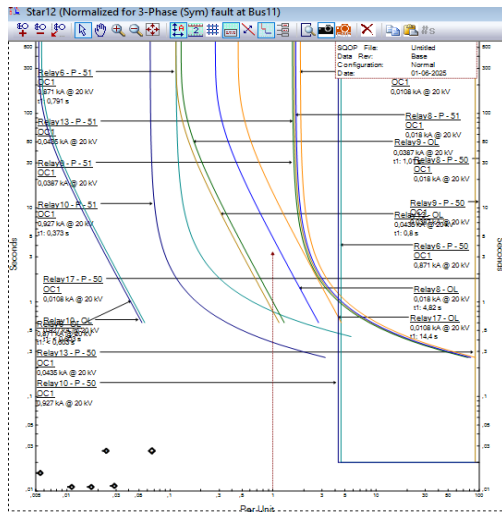


Gambar 2 Simulasi sistem di ETAP saat ada gangguan

Rangkaian sistem distribusi yang di simulasikan juga memiliki sistem proteksi, yaitu OCR yang terhubung CB. Sistem proteksi ini dapat diuji dengan memberikan gangguan pada salah satu komponen yang ada dalam sistem. Pada simulasi ini, untuk simulasi gangguan 3 fasa (*three-phase fault*) dilakukan pada Bus11 yang tergabung dengan GD4 dan beban Lump Biskuit. Saat diberi gangguan terjadi lonjakan arus hubung singkat sebesar 55,362 kA dengan sudut fasa $-74,78^\circ$ yang menyebabkan beberapa dampak utama yaitu *relay* 10 memberikan respon dengan memutuskan CB12, kemudian di ikuti dengan respon dari *relay* 6 yang memutuskan CB6.

B. Koordinasi Relay Sitem Proteksi

Grafik pada Gambar 3 menunjukkan arus gangguan dalam satuan per unit (pu) pada sumbu Horizontal, sedangkan sumbu vertikal menunjukkan waktu operasi *relay* dalam seconds. Dari grafik terlihat bahwa *Relay*10 P-51 memiliki kurva waktu operasi tercepat pada arus gangguan sebesar 0,927 kA, dengan waktu trip sekitar 0,37 detik. *Relay* lainnya seperti *Relay*6 P-51 dan *Relay*13 P-51 memiliki waktu operasi yang lebih lambat pada arus yang sama, masing-masing sekitar 0,79 detik dan lebih. Hal ini menunjukkan bahwa *Relay*10, yang berada paling dekat dengan titik gangguan di Bus11, akan bekerja pertama kali untuk memutus sirkuit dan mengisolasi gangguan, kemudian *Relay*6 P-51 dan *Relay*13 P-51 akan bertindak sebagai proteksi cadangan (*backup protection*).



Gambar 3 Grafik Koordinasi Relay Terhadap Waktu

Dari grafik juga terlihat elemen P-50 (*instantaneous*) pada beberapa *relay* seperti *Relay6*, *Relay9*, dan *Relay13*, yang digambarkan sebagai garis vertikal dimana garis ini merepresentasikan batas trip instan dari *Relay* yang dimaksud pada arus tertentu yang lebih tinggi dibandingkan arus gangguan aktual. Elemen P-50 ini berfungsi untuk memberikan trip instan apabila arus gangguan melewati ambang batas tersebut tanpa penundaan waktu. Namun, pada simulasi gangguan ini, arus gangguan pada OCR belum mencapai ambang trip instan P-50, sehingga elemen P-51 (*overcurrent definite Time*) lebih dominan dalam merespon gangguan dengan waktu operasi tertentu.

Gambar 3 dan penjelasan sebelumnya menunjukan kinerja *Relay* proteksi pada sistem distribusi yang di simulasikan berjalan dengan baik. Dimana *relay* yang letaknya paling dekat dengan sumber gangguan akan melakukan tindakan pemutusan terlebih dahulu guna mengamankan sub sistem lain yang ada pada sistem tersebut. Pada grafik respon sistem juga terlihat Elemen OL (*Overload*) dari beberapa *relay*, tetapi letaknya berada jauh dari titik indikasi gangguan, yang menunjukkan bahwa gangguan ini bukan disebabkan oleh beban berlebih jangka panjang, melainkan gangguan hubung singkat tiga fasa.

C. Urutan Peristiwa Dalam Simulasi Koordinasi Relay

Tabel 1. Urutan Tripping *Relay*

Time (ms)	ID	If (kA)	T1 (ms)	Condition
373	Relay10	0.927	373	Phase - OC1 - 51
456	CB12		83	Tripped by Relay10
603	Relay6	0.871	<603	Phase - OC1 - 51
603	Relay10	0.927	<603	Overload Thermal Phase -
686	CB6		83	Overload Thermal Phase -
686	CB12		83	Tripped by Relay6
791	Relay6	0.871	791	Overload Thermal Phase -
800	Relay13	0.043	800	Tripped by Relay10

Time (ms)	ID	If (kA)	T1 (ms)	Condition
874	CB6		83	Overload Thermal Phase -
883	CB4		83	Phase - OC1 - 51
1011	Relay9	0.039	1011	Overload Thermal Phase -
1094	CB11		83	Tripped by Relay6
4821	Relay8	0.018	4821	Phase - OC1 - 51
4904	CB10		83	Tripped by Relay13
14438	Relay17	0.011	14438	Overload Thermal Phase -
14521	CB8		83	Overload Thermal Phase -

Simulasi menunjukkan bagaimana sistem proteksi bekerja dalam merespons gangguan hubung singkat tiga fasa di Bus 11. Arus gangguan tercatat sekitar 0,927 kA untuk *Relay10* dan 0,871 kA untuk *Relay6*. Data merekam urutan aktivasi relay, elemen proteksi yang terlibat, serta waktu pemutusan *Circuit Breaker* (CB) setelah menerima sinyal dari relay yang bersangkutan.

Pada awal gangguan, *Relay10* mendeteksi arus lebih melalui elemen proteksi OC1 (*overcurrent definite Time* – P-51) pada 373 ms dan segera memerintahkan pemutusan dengan mengaktifkan CB12 pada 456 ms, tindakan pertama oleh *relay10* ini menandakan *relay* ini sebagai proteksi utama dalam mengisolasi gangguan di sekitar Bus 11. Namun, dari log yang di peroleh pada 603 ms, *Relay6* juga merespons gangguan dengan elemen OC1 dan mengaktifkan proteksi thermal *overload*, menyebabkan CB6 trip pada 686 ms. Kemudian CB12 kembali trip pada saat yang hampir sama akibat respon dari *Relay6*. Perilaku *Relay6* ini menandakan gangguan tidak hanya terindikasi berada di bawah CB12 saja tapi juga terindikasi di sisi upstream jaringan juga, sehingga *Relay6* menjalankan fungsinya sebagai proteksi cadangan yang bekerja sebagai *backup protection*.

Setelah *Relay* proteksi utama mengisolasi gangguan pada Bus11, beberapa *relay* proteksi sub sistem lain seperti *Relay13* (aktif pada 800 ms), *Relay9* (1011 ms), dan *Relay8* (4821 ms) ikut merespon gangguan yang sebelumnya terjadi dengan mengaktifkan mode *overload* thermal dan *overcurrent*. Akibatnya, CB4, CB10, dan CB11 juga terpicu untuk trip sesuai perintah masing-masing *relay*, menunjukkan bahwa gangguan menyebar lebih luas dalam sistem simulasi. Meskipun proteksi utama merespon dengan cepat, keberlanjutan aktivasi *relay* dalam waktu yang relatif lama setelah gangguan awal mengindikasikan adanya arus sisa atau efek termal yang belum sepenuhnya hilang. Oleh karena itu, diperlukan penyesuaian lebih lanjut dalam koordinasi waktu antar relay (*grading Time*) serta karakteristik proteksi termal guna menghindari pemutusan yang tidak perlu pada zona lebih luas dan meminimalisir perluasan kerusakan akibat gangguan pada satu bagian dalam sistem distribusi.

V KESIMPULAN

Hasil simulasi dan analisis terhadap data yang di peroleh dari simulasi proteksi menggunakan software ETAP dengan gangguan 3-fasa simetris pada bus 11 menunjukkan kinerja

relay proteksi yang sudah benar. Dimana proteksi di lakukan oleh sistem dari relay yang paling dekat dengan sumber gangguan berada (*Relay10*) kemudian diikuti dengan relay proteksi cadangan di belakangnya (*Relay6*). Alur kerja sistem ini sudah berhasil merepresentasikan prinsip kerja selektivitas proteksi yang melakukan seleksi terhadap tindakan pengamanan gangguan pada suatu jaringan distribusi.

Tindakan pengamanan ini belum sepenuhnya baik, karena dari simulasi yang di lakukan terjadi trip pada CB lain di luar sub jaringan yang terkena gangguan. Hal ini di sebabkan karena adanya jeda yang terlalu lama pada relay proteksi di bus11 untuk merespon gangguan dan menentukan tindakan pemutusan. Sehingga relay lain di luar sub sistem bus11 masih sempat merasakan gangguan yang terjadi sehingga CB melakukan pemutusan jaringan atas instruksi relay pemicunya. Masalah ini bisa diselesaikan dengan melakukan penyesuaian lagi terhadap *grading Time* dari relay proteksi yang terpasang.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan terima kasih kepada Program Studi Teknik Elektro, Institut Teknologi Sumatera (ITERA) atas fasilitas dan dukungan akademik yang diberikan. Ucapan terima kasih khusus kami sampaikan kepada Bapak/Ibu dosen pengampu mata kuliah Sistem Distribusi dan Transmisi Tenaga atas pengajaran yang di berikan pada mata kuliah ini. Penghargaan juga kami sampaikan kepada rekan mahasiswa yang telah membantu dalam proses simulasi dan penyusunan paper ini. Penulisan artikel ini juga dibantu dengan teknologi kecerdasan buatan dalam proses penyesuaian parameter dalam simulasi dan review terhadap jurnal dan artikel yang menjadi referensi penyusunan paper ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. Saadat, *Power System Analysis*, 2nd ed., vol. 2. New York: The McGraw-Hill Companies, 1999.
- [2] E. Abbaspour, B. Fani, and E. Heydarian-Forushani, "A bi-level multi agent based protection scheme for distribution networks with distributed generation," *International Journal of Electrical Power and Energy Systems*, vol. 112, pp. 209–220, Nov. 2019, doi: 10.1016/j.ijepes.2019.05.001.
- [3] J. A. Momoh, *Smart grid design for efficient and flexible power networks operation and control*. 2009. doi: 10.1109/PSCE.2009.4840074.
- [4] M. Kezunovic, A. Abur, G. Huang, A. Bose, and K. Tomovic, "The Role of Digital Modeling and Simulation in Power Engineering Education," *IEEE Transactions on Power Systems*, vol. 19, no. 1, pp. 64–72, Feb. 2004, doi: 10.1109/TPWRS.2003.821002.
- [5] K. G. Manopo, H. Tumaliang, and S. Silimang, "Analisis Indeks Keandalan Sistem Distribusi Tenaga Listrik Berdasarkan SAIFI dan SAIDI pada PT. PLN (Persero) Area Minahasa Utara."
- [6] G. Diamenu, "Statistical Analysis of Electric Power Distribution Grid Outages," *European Journal of Engineering and Technology Research*, vol. 6, no. 3, pp. 27–33, Apr. 2021, doi: 10.24018/ejers.2021.6.3.2406.
- [7] W. Qiu, K. Sun, and H. Xiao, "Advances in Urban Power Distribution System," Oct. 01, 2022, MDPI. doi: 10.3390/en15197329.
- [8] A. Azis, D. Irine, and K. Febrianti, "Analisis Sistem Proteksi Arus Lebih pada Penyulang Cendana Gardu Induk Bungaran Palembang," *JURNAL AMPERE*, vol. 4, no. 2, 2019.
- [9] H. Prasetyo, A. Fadli, and F. Renaldi, "Improved Over Current Relay (OCR) Coordination Using Time Multiple Setting (TMS)," *MATEC Web of Conferences*, vol. 402, p. 02001, 2024, doi: 10.1051/mateconf/202440202001.
- [10] L. Nnambi and Nelson, "Current Transformer Performance Optimization in Relation to its Burden for Power System Protection," vol. 17, no. 2, pp. 1–17, 2022, doi: 10.9790/1676-1702010117.
- [11] N. Shao, Q. Chen, C. Yu, D. Xie, and Y. Sun, "Fault Tracing Method for Relay Protection System-Circuit Breaker Based on Improved Random Forest," *Electronics (Switzerland)*, vol. 13, no. 3, Feb. 2024, doi: 10.3390/electronics13030582.
- [12] J. M. W. Saputro, B. Winardi, and S. Handoko, "Analisis Koordinasi Proteksi Relay OCR pada Penyulang SGN 04 Sanggrahan menggunakan ETAP 12.6.0," vol. 7, no. 2, Jun. 2018.
- [13] M. A. Elsadd, A. F. Zobaa, H. A. Khatib, A. M. Abd El Aziz, and T. Fetouh, "Communicationless Overcurrent Relays Coordination for Active Distribution Network Considering Fault Repairing Periods," *Energies (Basel)*, vol. 16, no. 23, Dec. 2023, doi: 10.3390/en16237862.
- [14] T. Bardou, Bonetti, Andrea, V. Leitloff, and M. Yalla, "IEC 60255 1xx: Protection Relay Functional Standards for All," Megger. Accessed: Jun. 01, 2025. [Online]. Available: <https://www.megger.com/en-us/et-online/october-2021/IEC-60255-1xx-Protection-relay-functional-standards-for-all>
- [15] B. Kasztenny et al., "Exploring the IEEE C37.234 guide for protective relay application to power system buses," *IEEE Transactions on Power Delivery*, vol. 26, no. 2, pp. 936–943, Apr. 2011, doi: 10.1109/TPWRD.2010.2048128.

BIODATA PENULIS



Alif Renaldi Pratama saat ini sedang menempuh pendidikan sarjana teknik elektro di Institut Teknologi Sumatera, yang dimulai dari tahun 2022. Saat ini, ia bekerja sebagai asisten laboratorium sistem Mikroprosesor di Laboratorium Teknik Elektro di Institut Teknologi Sumatera. Serta ia sedang melakukan kegiatan organisasi dan menjabat sebagai kepala divisi teknis di Kukang EV ITERA. Selain itu ia memiliki beberapa pengalaman kepanitiaan dalam beberapa kegiatan prodi teknik elektro dan himpunan mahasiswa teknik elektro. Minat penelitian utamanya meliputi sistem kendali digital dan pengolahan citra. Sebelumnya, Alif Renaldi Pratama juga telah mengikuti kompetisi Shell Eco Marathon di sirkuit Mandalika-Lombok bersama tim Kukang EV ITERA"



Agustina Putri Warokhmah saat ini sedang menempuh pendidikan sarjana teknik elektro di Institut Teknologi Sumatera, yang dimulai dari tahun 2022. Saat ini, ia bekerja sebagai Asisten Praktikum di Laboratorium Teknik Elektro di Institut Teknologi Sumatera. Serta ia sedang melakukan kegiatan organisasi dan menjabat sebagai Sekretaris Departemen PSDA di Himpunan Mahasiswa Teknik Elektro ITERA. Selain itu ia memiliki beberapa pengalaman kepanitiaan dalam beberapa kegiatan di bidang terkait.