

SIMULATION OF OVER CURRENT RELAY (OCR) OPERATION PERFORMANCE IN SHORT CIRCUIT FAULTS WITH TIME SETTING ADJUSTMENT

SIMULASI KINERJA OPERASI OVER CURRENT RELAY (OCR) PADA GANGGUAN HUBUNG SINGKAT DENGAN PENYESUAIAN PENGATURAN WAKTU

Roger Efendi Panjaitan¹, Pristisal Wibowo², Siti Anisah³

¹ Mahasiswa Teknik Elektro Universitas Pembangunan Pancabudi

^{2,3} Dosen Teknik Elektro Universitas Pembangunan Pancabudi

Jl. Gatot Subroto, Km. 4,5 Sei Sikambing Medan^{1,2,3}, 20122

e-mail: roger4inter@gmail.com

ABSTRACT

The Overcurrent Relay (OCR) is one of the primary protection components in electrical distribution systems, functioning to detect and isolate excessive current due to short-circuit faults. This research aims to simulate the performance of the OCR with time setting adjustments based on fault current conditions on Feeder SN.03 at the Sei Rotan Substation. The methodology includes manual calculations of fault currents and relay operating times using the IEC Standard Inverse characteristic, as well as simulations using ETAP software. The test was conducted by varying the fault location along the feeder to obtain different fault current values. The simulation results show that OCR2 (downstream relay), with a pickup current of 520 A and a TMS of 0.125, operates in 1.47 seconds for a fault current of 940 A. Meanwhile, OCR1 (upstream relay), with a pickup current of 1820 A and a TMS of 0.2, operates in 1.77 seconds, providing a coordination margin of 0.3 seconds. The resulting Time-Current Characteristic (TCC) curve indicates that the protection system has been set selectively and in accordance with protection coordination standards. Accurate adjustment of pickup current and TMS proves to maintain system reliability and minimize the impact of faults on the overall distribution network.

Keywords: Overcurrent Relay (OCR), short circuit, TMS, ETAP, simulation, protection system.

ABSTRAK

Overcurrent Relay (OCR) merupakan salah satu komponen proteksi utama dalam sistem distribusi tenaga listrik yang berfungsi untuk mendeteksi dan memutuskan arus lebih akibat gangguan hubung singkat. Penelitian ini bertujuan untuk mensimulasikan kinerja OCR dengan penyesuaian pengaturan waktu berdasarkan arus gangguan pada Penyulang SN.03 di Gardu Induk Sei Rotan. Metode yang digunakan meliputi perhitungan manual arus gangguan dan waktu kerja relay berdasarkan karakteristik IEC Standard Inverse, serta simulasi menggunakan perangkat lunak ETAP. Pengujian dilakukan dengan memvariasikan lokasi gangguan sepanjang penyulang untuk memperoleh nilai arus gangguan yang berbeda. Hasil simulasi menunjukkan bahwa OCR2 (relay downstream) dengan arus pickup 520 A dan TMS 0,125 bekerja dalam waktu 1,47 detik terhadap arus gangguan sebesar 940 A. Sedangkan OCR1 (relay upstream) dengan arus pickup 1820 A dan TMS 0,2 bekerja pada waktu 1,77 detik, sehingga memberikan margin koordinasi sebesar 0,3 detik. Kurva Time-Current Characteristic (TCC) yang dihasilkan memperlihatkan bahwa sistem proteksi telah disetting secara selektif dan sesuai standar koordinasi proteksi. Penyesuaian nilai pickup dan TMS yang tepat terbukti mampu menjaga keandalan sistem distribusi serta meminimalkan dampak gangguan terhadap sistem secara keseluruhan.

Kata Kunci: Overcurrent Relay (OCR), hubung singkat, TMS, ETAP, simulasi, proteksi sistem distribusi

PENDAHULUAN

Proteksi sistem tenaga listrik bertujuan untuk menjaga kontinuitas pelayanan dan mencegah kerusakan lebih lanjut akibat gangguan. Salah satu jenis proteksi yang paling umum digunakan adalah *overcurrent relay*, yang bekerja ketika arus melebihi batas tertentu.

Overcurrent relay (OCR) merupakan salah satu perangkat proteksi yang sangat penting dalam sistem tenaga listrik, terutama dalam menghadapi gangguan hubung singkat. Gangguan ini dapat terjadi akibat berbagai faktor, seperti kerusakan peralatan, kesalahan manusia, atau kondisi lingkungan. Menurut data dari Nsaif et al. (2021), gangguan hubung singkat dapat

menyebabkan kerugian ekonomi yang signifikan, dengan estimasi kerugian mencapai miliaran dolar setiap tahunnya. Oleh karena itu, pengaturan dan kinerja *OCR* yang optimal sangat penting untuk menjaga keandalan dan keamanan sistem tenaga listrik.

Dua parameter utama yang memengaruhi karakteristik kerja *overcurrent relay* adalah *pick-up current* (arus awal *relay* mulai bekerja) dan waktu tunda (*delay time*) yang diatur melalui TMS. Penyesuaian pengaturan waktu *OCR* menjadi salah satu aspek krusial dalam meningkatkan kinerja perangkat ini. Pengaturan waktu yang tepat dapat memastikan bahwa *OCR* dapat merespons gangguan dengan cepat dan akurat, sehingga meminimalkan dampak dari gangguan tersebut.

Artikel ini membahas berbagai metode dan teknik yang dapat digunakan untuk mengoptimalkan pengaturan waktu *OCR*. Salah satu pendekatan yang menarik adalah penggunaan algoritma adaptif, seperti yang diusulkan oleh Fitri et al. (2023), yang dapat menyesuaikan pengaturan berdasarkan kondisi sistem yang berjalan. Dengan demikian, penelitian yang telah dilakukan tidak hanya bertujuan untuk menganalisis kinerja *OCR*, tetapi juga untuk memberikan rekomendasi praktis bagi pengoperasian sistem tenaga listrik yang lebih aman dan efisien.

Permasalahan dalam pengaturan *overcurrent relay* terletak pada kebutuhan untuk menyeimbangkan antara kecepatan operasi, selektivitas, dan koordinasi antar *relay*. Oleh karena itu, pendekatan berbasis simulasi seperti menggunakan ETAP maupun MATLAB sangat membantu dalam menganalisis dan mengoptimalkan setting *relay*. Dalam konteks ini, dilakukan simulasi kinerja *OCR* pada gangguan hubung singkat dengan penyesuaian pengaturan waktu *OCR* dalam berbagai skenario gangguan.

STUDI PUSTAKA

A. *Overcurrent Relay*

Proteksi arus lebih merupakan proteksi terhadap perubahan parameter arus yang sangat besar dan terjadi pada waktu yang singkat, yang disebabkan oleh beban lebih dan hubung singkat. Elemen dasar dari proteksi arus lebih adalah rele arus. Proteksi arus lebih meliputi proteksi terhadap arus gangguan hubung singkat yang dapat berupa gangguan hubung singkat antar fasa. Proteksi terhadap hubung singkat antar fasa dikenal sebagai proteksi arus lebih dan rele yang digunakan disebut rele arus lebih (*overcurrent relay*).

Overcurrent relay bekerja berdasarkan pengukuran arus yang mengalir dalam sistem. Jika arus melebihi nilai pickup, relay akan memulai hitungan waktu sesuai karakteristik waktu yang telah ditentukan (*inverse*, *very inverse*, atau *extremely inverse*), dan kemudian memberi perintah trip ke pemutus sirkuit.

B. *Pickup Current Setting (PCS)*

Pada peralatan proteksi, *pickup* memiliki arti nilai minimum arus yang mengalir sebelum perangkat memulai tindakan. Sehingga *Pickup Current Setting (PCS)* adalah nilai minimum arus gangguan yang menyebabkan relay mulai menghitung waktu kerja. Umumnya dinyatakan sebagai kelipatan dari arus nominal (I_N):

$$I_P = k \times I_N \quad \#(1)$$

Penentuan nilai k didasarkan atas logika berpikir yang digunakan dalam peralatan (dalam hal ini *relay* arus lebih) adalah sebagai berikut:

Jika $I_F \geq I_P$, maka *relay* mengirimkan sinyal trip

Jika $I_F < I_P$, maka *relay* tidak melakukan apa-apa

(I_F adalah arus gangguan dan I_P adalah arus *pickup*)

Pada dasarnya batas penyetelan rele arus lebih adalah dimana rele tidak boleh bekerja pada saat beban maksimum. Arus

pickup harus lebih besar dari arus beban maksimumnya. Penyetelan juga harus memperhatikan kesalahan *pickup*. Menurut British Standard BS 142, batas dalam menentukan arus *pickup* pada *relay* sebagai pelindung dari beban lebih adalah:

$$1,05I_{FL} < I_P < 1,4I_{FL} \#(2)$$

(I_{FL} adalah arus beban maksimum)

Sementara untuk batas penentuan arus *pickup* pada *relay* sebagai pelindung kejadian hubung singkat adalah:

$$1,6I_{FL} < I_P < 0,8I_{SC \min}$$

Dimana $I_{SC \min}$ adalah arus hubung singkat minimum ($I_{SC \ 2\phi}$) dalam durasi steady state (30 cycle).

C. Time Multiplier Setting (TMS)

TMS menentukan lamanya delay waktu berdasarkan karakteristik kurva waktu-invers. Berdasarkan karakteristik waktu BS 142 tahun 1966 dan IEC 255-4, hubungan waktu kerja rele dengan besarnya arus gangguan dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$t = TMS \times \frac{\beta}{\left(\frac{I}{I_{pickup}}\right)^\alpha - 1} \#(3)$$

Dimana:

t = waktu kerja rele dalam detik
 TMS = Nilai seting waktu pada rele
 (setelan skala pengali waktu)

I = Besar arus gangguan

I_P = *setting* arus *pickup*

Konstanta-konstanta α dan β menentukan tingkat atau derajat inversitas dari tundaan waku kerja rele diperlihatkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai konstanta α dan β

Karakteritik	α	β
Normal Inverse (NI)	0,02	0,14
Very Inverse (VI)	1,0	13,5
Extremely Inverse (EI)	2,0	80,0
Long time Inverse (LI)	1,0	120,0

Penyetelan waktu kerja rele terutama dipertimbangkan terhadap kecepatan dan

selektivitas kerja dari rele, sehingga rele tidak salah operasi, yang dapat menyebabkan tujuan pengaman tidak berarti. Selain itu juga harus diketahui karakteristik relenya. Untuk menentukannya harus dihitung arus hubung singkat maksimum, yaitu arus hubung singkat tiga fasa pada pembangkitan maksimum. Gangguan yang dihitung di daerah yang paling dekat dengan CB atau di bus.

Selain itu juga perlu diketahui waktu operasi dari rangkaian pengaman, yaitu waktu yang diperlukan untuk rele mulai pick-up sampai kontak CB terbuka. Berdasarkan pedoman operasi dan pemeliharaan peralatan proteksi PT.PLN (Persero) P3B-Sumatera, yaitu sebagai berikut:

- Waktu kerja rele arus lebih sisi penyulang bus 20 kV adalah 0.2-0.4 detik.
- Waktu kerja rele arus lebih sisi incoming trafo bus 20 kV adalah 0.7-1.0 detik.
- Waktu kerja rele arus lebih sisi tegangan tinggi trafo bus 150 kV adalah 1.2-1.6 detik.

D. Koordinasi Rele Arus Lebih

Tujuan dari koordinasi proteksi sistem kelistrikan dengan parameter arus adalah untuk menentukan karateristik, rating, dan setting dari peralatan pengaman arus lebih yang berfungsi untuk meminimalisasi kerusakan perangkat serta melokalisir hubung singkat sesegera mungkin. Peralatan pengaman arus lebih bekerja dengan bagian primer dan backup. Bagian primer merupakan barisan pertama dalam menanggulangi kerusakan akibat gangguan. Tentu saja pada bagian primer, diperlukan peralatan yang bekerja lebih cepat dan apabila gagal akan ditanggulangi oleh peralatan backup.

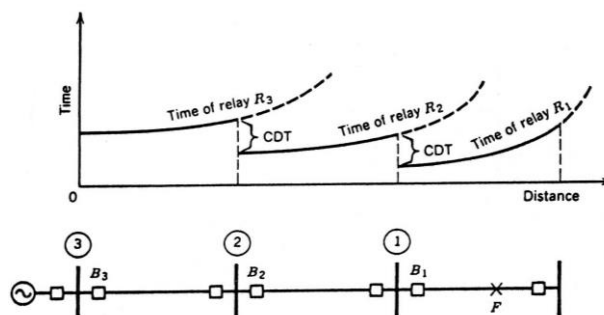
Dasar aturan dari koordinasi rele adalah:

1. Rele dengan karakteristik operasi yang sama diposisikan secara berurutan.

2. Rele terjauh dari sumber harus memiliki setelan arus yang sama atau kurang dari rele dibelakangnya
3. Pengaturan rele yang pertama dipilih untuk menyediakan waktu operasi tersingkat pada tingkatan arus gangguan maksimum dan kemudian diperiksa untuk memastikan apakah setelan rele berikutnya memadai pada tingkatan arus gangguan minimum.

Salah satu pertimbangan dalam melakukan koordinasi relay arus lebih selain menentukan gradasi arus pickup adalah penentuan waktu kerja relay. Tanpa adanya interval antar relay, peralatan pengaman mungkin bekerja secara tidak tepat dan dapat memutuskan aliran daya ke lokasi yang tidak mengalami gangguan. Interval waktu yang diperlukan antara dua rele yang berdekatan disebut *coordination delay time* (CDT), yaitu interval minimum yang memungkinkan sebuah rele dan circuit breaker untuk memutuskan gangguan dalam zona pengoperasiannya.

Error! Reference source not found. mengilustrasikan bagaimana koordinasi waktu yang dicapai antara rele arus lebih dengan waktu terbalik pada setiap lokasi pemutus (*breaker*) suatu jaringan radial. Garis vertikal yang ditarik melalui lokasi gangguan diasumsikan akan memotong kurva waktu pengoperasian dari berbagai rele dan terdapat waktu yang menunjukkan masing-masing rele akan beroperasi jika arus gangguan terus mengalir selama waktu tertentu.



Gambar 1. Pengoperasian waktu rele arus lebih dengan karakteristik invers time

Berdasarkan gangguan yang diperlihatkan pada **Error! Reference source not found.**, rele akan bekerja membuka pemutus B_1 pada waktu T_1 , diikuti oleh pengendalian operasi kerja dari rele B_2 dan B_3 sehingga B_1 yang beroperasi sebelum B_2 serta B_2 beroperasi sebelum B_3 . Oleh karena itu, waktu operasi T_2 dari rele pada bus 2 dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$T_2 = T_1 + CDT \#(4)$$

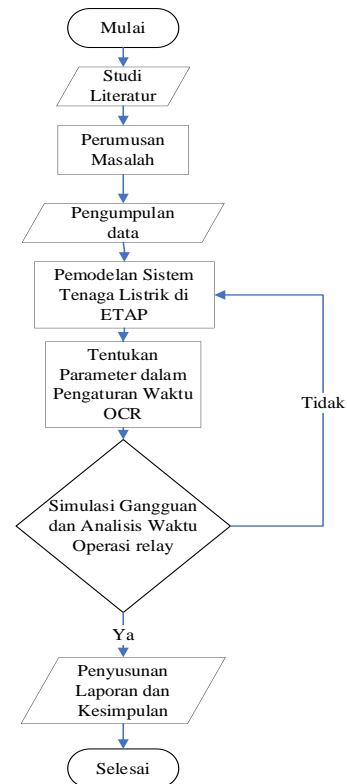
Dimana,
 $CDT = (\text{waktu operasi dari pemutus } B_1) + (\text{error margin}) \#(5)$

Demikian pula, waktu pengoperasian T_3 dari rele pada bus 3 yang dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$T_3 = T_2 + CDT \#(6)$$

METODE

A. Diagram Alir Penelitian



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

B. Jenis dan Ruang Lingkup Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada sistem distribusi 20 kV di Gardu Induk Sei Rotan, yang berada di bawah naungan PLN UP3 Medan. Obyek kajian adalah Penyulang

SN.03, yang memiliki proteksi utama berupa Over Current Relay (OCR). OCR ini digunakan untuk memutus arus gangguan, khususnya gangguan hubung singkat 3 fasa. Analisis data dalam penelitian ini dilakukan secara kuantitatif dan berbasis simulasi. Tujuannya adalah untuk mengevaluasi kinerja OCR (Over Current Relay) dalam mendeteksi dan merespons gangguan hubung singkat berdasarkan parameter setting yang telah ditentukan.

C. Teknik Pengumpulan Data

Tahapan metode analisis data dengan mengidentifikasi spesifikasi penyulang SN.03 berdasarkan data teknis dan proteksi dari GI Sei Rotan. Arus gangguan dihitung berdasarkan lokasi titik gangguan dan impedansi total dari sumber ke titik gangguan. OCR disetting berdasarkan arus beban, arus pickup, dan time dial setting agar memenuhi kriteria selektif dan andal. Model relay IDMT dibangun pada MATLAB Simulink untuk memverifikasi waktu kerja relay berdasarkan arus gangguan yang dihitung. Hasil simulasi dibandingkan dengan perhitungan manual berdasarkan standar IEC 60255.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Data Penelitian

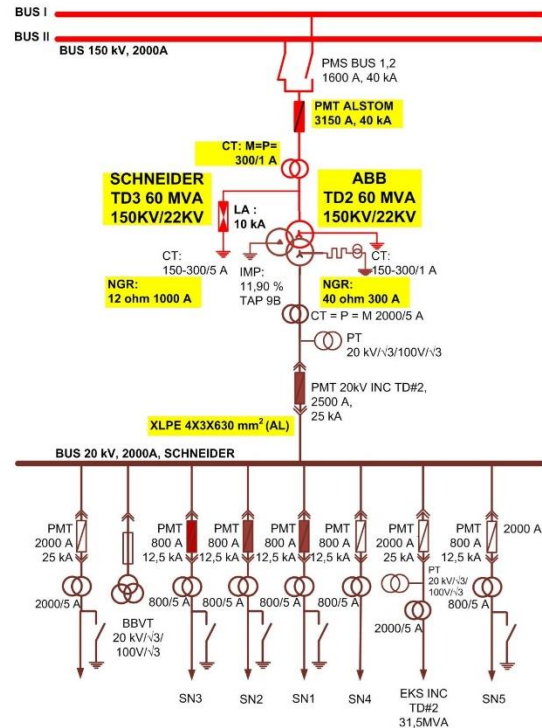
Penelitian ini dilakukan pada sistem distribusi 20 kV di Gardu Induk Sei Rotan, yang berada di bawah naungan PLN UP3 Medan. Obyek kajian adalah Penyulang SN.03, yang memiliki proteksi utama berupa Over Current Relay (OCR). OCR ini digunakan untuk memutus arus gangguan, khususnya gangguan hubung singkat 3 fasa. Data sistem tenaga dapat dilihat pada Tabel 2 berikut:

Tabel 2. Data Sistem Tenaga

Komponen	Spesifikasi
Lokasi	Gardu Induk Sei Rotan
Nama Penyulang	SN.03
Tegangan Sistem	20 kV
Jenis Gangguan	Hubung Singkat 3 Fasa
Arus Gangguan (I_{fault})	$\pm 11853,11$ A (hasil perhitungan hubung singkat)

Panjang Saluran	$\pm 49,3$ km (data penyulang dari diagram jaringan)
-----------------	--

Data di atas diperoleh dari database proteksi sistem transmisi dan didukung oleh diagram satu garis penyulang SN.03 dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram Satu Garis Penyulang SN Gardu Induk Sei Rotan

Dalam perhitungan setting rele arus lebih (OCR) dibutuhkan informasi kapasitas transformator dan impedansi *short-circuit* yang digunakan dalam perhitungan impedansi sumber dan impedansi transformator. Berikut adalah data transformator tenaga yang diperoleh dari pihak Gardu Induk Sei Rotan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Spesifikasi Transformator Daya 2

Detail	Keterangan	Satuan
Merk	ABB	-
Type	SFZ/60000/150	-
Kapasitas Daya	60	MVA
Nilai Tegangan	150/22	KV
Nilai Impedansi (Z%)	11,90	%
Nilai Tegangan Primer	150	KV
Nilai Tegangan Sekunder	22	KV
Nilai Rasio CT	2000/5	A
Nilai Arus Nominal	1732	A
Hubungan Belitan	YNYNO+ d	-

Ground Resistor	40	Ohm
-----------------	----	-----

B. Analisis Data

Sistem distribusi yang ditinjau menggunakan proteksi Over Current Relay (OCR) dengan karakteristik IEC Standard Inverse. Over Current Relay dengan karakteristik IEC Standard Inverse memiliki persamaan waktu kerja berdasarkan Persamaan 3 sebagai berikut:

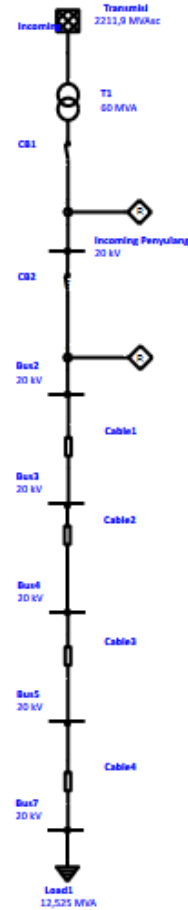
$$t = TMS \times \frac{0,14}{\left(\frac{I}{I_{pickup}}\right)^{0,02} - 1} \#$$

Sehingga diperoleh parameter proteksi yang digunakan dalam simulasi diperlihatkan pada Tabel 4 berikut.

Tabel 4. Setting Relay

Parameter	OCR1	OCR2
Jenis Kurva	IEC Standard Inverse	
Arus Pickup (I_{pickup})	1820 A	520 A
Time Dial Setting (TMS)	0,2 sec	0,125 sec

Simulasi gangguan hubung singkat 3 fasa dilakukan menggunakan software ETAP pada setiap 25% panjang penyulang diperlihatkan pada Gambar 4.



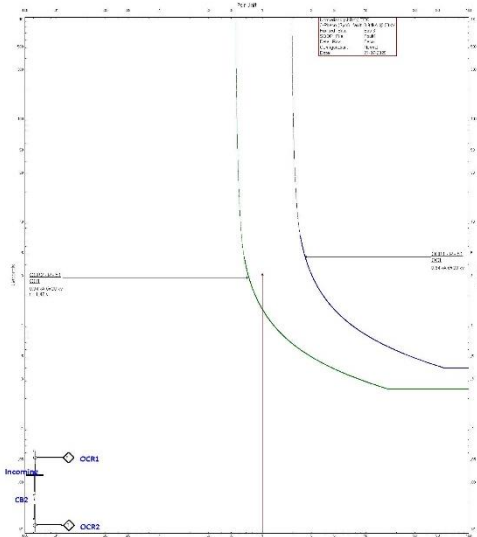
Gambar 4. Rangkaian Simulasi pada ETAP

ETAP menghasilkan nilai arus gangguan seperti yang diperlihatkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Besar Arus Gangguan

% Panjang	Panjang (km)	Impedansi	Arus Gangguan (A)
0%	0	0,002+j0,97	13.058,43
25%	12,325	1,66+j4,86	2.480,929
50%	24,65	3,31+j8,7	1.363,658
75%	36,975	4,97+j12,65	939,998
100%	49,3	6,62+j16,54	717,1448

Kurva karakteristik waktu-arus yang digambarkan oleh ETAP diperlihatkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Kurva Karakteristik Hasil Simulasi ETAP

Dengan waktu kerja OCR 2 sebesar 0,3 detik, dilakukan pengecekan selektivitas terhadap relay upstream pada sisi trafo GI. Untuk menghindari overlap proteksi, relay upstream di *setting* memiliki waktu kerja 0,7 detik (mengikuti grading margin 0,4 detik).

Kurva Time-Current Characteristic (TCC) yang ditampilkan merupakan hasil dari simulasi gangguan hubung singkat 3 fasa yang terjadi pada Bus 3, dengan nilai arus gangguan sebesar 0,94 kA (940 A) pada tegangan 20 kV.

Dalam kurva ini, terdapat dua relay yang dibandingkan, yaitu OCR1 dan OCR2. Keduanya memiliki karakteristik inverse dan bertugas untuk melindungi dua titik berbeda dalam sistem distribusi, yang dalam skenario ini disimulasikan pada bagian Incoming dan Outgoing penyulang (kemungkinan sebagai relay main dan feeder).

Arus gangguan yang terdeteksi pada Bus 3 sebesar 0,94 kA atau 940 A, berada di atas nilai pickup (520 A) yang sebelumnya disetting pada relay. Karena arus ini melebihi pickup, maka kedua relay aktif dan bekerja sesuai karakteristik waktu tunda masing-masing.

Dari hasil simulasi waktu operasi OCR2 adalah $t = 1,47$ detik, merupakan waktu trip relay terhadap gangguan pada arus 0,94 kA. OCR1 memiliki waktu kerja

yang lebih tinggi $t = 1,77$ detik, atau muncul di atas kurva OCR2 dalam grafik. Ini menunjukkan bahwa relay OCR1 merupakan relay upstream (relay utama) yang diatur untuk bekerja setelah OCR2, menjaga selektivitas sistem proteksi.

Kurva TCC menunjukkan bahwa OCR2 bekerja lebih dahulu dibanding OCR1 untuk gangguan yang terjadi di Bus 3. Hal ini sesuai dengan prinsip koordinasi proteksi, dimana OCR downstream (OCR2) melindungi titik gangguan dan bertugas memutus terlebih dahulu. OCR upstream (OCR1) hanya bekerja jika OCR2 gagal, atau pada gangguan yang terjadi lebih dekat ke sumber. Jarak waktu kerja antar relay (grading margin) sekitar $\geq 0,3$ detik, yang menunjukkan bahwa sistem ini sudah selektif dan andal.

Relay OCR2 berhasil mendeteksi dan memutus arus gangguan sebesar 940 A dalam waktu 1,47 detik, sesuai karakteristik kurva inverse yang disimulasikan. Relay OCR1 memiliki waktu kerja lebih lambat, sebagai backup proteksi. Sistem proteksi menunjukkan koordinasi yang baik antara relay utama dan relay cabang. Kurva TCC ini menunjukkan bahwa pengaturan pickup dan TDS yang digunakan sudah sesuai untuk menjaga keandalan sistem distribusi di GI Sei Rotan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan, simulasi ETAP, serta analisis kinerja relay OCR terhadap gangguan hubung singkat, maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Over Current Relay (OCR) dengan karakteristik IEC Standard Inverse, arus pickup 520 A (OCR2), dan TMS 0,125 berhasil memutus arus gangguan sebesar 940 A dalam waktu kerja 1,47 detik. OCR1 sebagai relay upstream memiliki arus pickup 1820 A dan TMS 0,2, dan bekerja dalam waktu 1,77 detik, sehingga memberikan margin koordinasi sekitar 0,3 detik.

2. Simulasi gangguan hubung singkat 3 fasa pada berbagai titik sepanjang penyulang menunjukkan bahwa nilai arus gangguan menurun seiring bertambahnya jarak dari sumber. Arus gangguan tertinggi terjadi pada ujung penyulang sebesar 13.058 A (0% panjang), dan terendah 717 A pada 100% panjang penyulang.
3. Kurva Time-Current Characteristic (TCC) yang dihasilkan dari ETAP menunjukkan bahwa relay downstream (OCR2) bekerja lebih cepat dibanding relay upstream (OCR1), yang membuktikan bahwa sistem proteksi telah tersetting secara selektif dan koordinatif.
4. Penyesuaian nilai pickup dan TMS pada relay telah disesuaikan dengan beban puncak dan nilai arus gangguan potensial, serta memperhatikan grading time sesuai standar yang berlaku ($\geq 0,3$ detik), untuk mencegah kegagalan selektivitas dan overlap antar relay

Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis, beberapa saran yang dapat diberikan yaitu:

1. Evaluasi setting proteksi secara berkala sangat dianjurkan, terutama saat terjadi perubahan beban, perluasan jaringan, atau penggantian transformator. Ini bertujuan untuk menjaga agar sistem tetap terlindungi secara efektif dan efisien.
2. Koordinasi proteksi antara relay penyulang (OCR2) dan relay trafo (OCR1) harus selalu memperhatikan prinsip selektivitas dan grading time minimal. Disarankan waktu kerja relay upstream diatur minimal 0,3–0,4 detik lebih lama dari relay downstream.
3. Penggunaan software simulasi seperti ETAP hendaknya menjadi bagian rutin dalam peninjauan sistem proteksi oleh tim teknis, terutama untuk mendeteksi kemungkinan gangguan yang tidak tertangani oleh setting eksisting.

4. Penggunaan relay digital yang mendukung pemantauan SCADA atau sistem proteksi berbasis komunikasi akan meningkatkan kecepatan respon dan fleksibilitas dalam pengaturan proteksi serta pelaporan gangguan secara real-time.

DAFTAR PUSTAKA

- IEC. (2019). International Electrotechnical Commission.
- Singh, A., & Kumar, R. (2020). Impact of Time Settings on Overcurrent Relay Performance. (*International Journal of Electrical Engineering & Technology*).
- Zhang, L., et al. (2021). Probabilistic Methods for Optimal Relay Settings. (*IEEE Transactions on Power Delivery*).
- IEEE. (2018). IEEE Guide for Protective Relay Applications to Power System Buses.
- Alasali, F., El-Naily, N., Holderbaum, W., Mustafa, H. Y., AlMajali, A., & Itradat, A. (2022). Advanced coordination method for overcurrent protection relays using new hybrid and dynamic tripping characteristics for microgrid. *IEEE Access*, 10, 127377-127396.
- Fitri, M. A. S. N., Pujiantara, M., & Lystianingrum, V. (2023). OCR Optimization Setting on Industry System PT. Petrokimia Gresik Considering Inrush Current Using Adaptive Modified Firefly Algorithm. In *2023 International Seminar on Intelligent Technology and Its Applications (ISITIA)* (pp. 810-815). IEEE.
- Bui, D. M., Le, P. D., Nguyen, T. P., & Nguyen, H. (2021). An adaptive and scalable protection coordination system of overcurrent relays in distributed-generator-integrated distribution networks. *Applied Sciences*, 11(18), 8454.
- Chae, W., Lee, J. H., Kim, W. H., Hwang, S., Kim, J. O., & Kim, J. E. (2021).

- Adaptive protection coordination method design of remote microgrid for three-phase short circuit fault. *Energies*, 14(22), 7754.
- Fitri, M. A. S. N., Pujiantara, M., & Lystianingrum, V. (2023, July). OCR optimization setting on industry system PT. Petrokimia Gresik considering inrush current using adaptive modified firefly algorithm. In 2023 International Seminar on Intelligent Technology and Its Applications (ISITIA) (pp. 810-815). IEEE.
- Hameed, A. A., Sultan, A. J., & Booneya, M. F. (2020, July). Design and implementation of a new real-time overcurrent relay based on Arduino MEGA. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (Vol. 881, No. 1, p. 012142). IOP Publishing.
- Lim, S. T., & Lim, S. H. (2019). Analysis on operational improvement of OCR using voltage component in a power distribution system for application of SFCL. *Journal of Electrical Engineering & Technology*, 14, 1027-1033.
- Nsaif, Y. M., Lipu, M. H., Ayob, A., Yusof, Y., & Hussain, A. (2021). Fault detection and protection schemes for distributed generation integrated to distribution network: Challenges and suggestions. *IEEE Access*, 9, 142693-142717.
- Park, M. K., & Lim, S. H. (2023). Study on malfunction of OCR due to penetration of DER into power distribution system with SFCL. *Energies*, 16(17), 6137.
- Suliman, M. Y., & Ghazal, M. (2020). Design and implementation of overcurrent protection relay. *Journal of Electrical Engineering & Technology*, 15(4), 1595-1605.
- Tjahjono, A., Anggriawan, D. O., Priyadi, A., Pujiantara, M., & Purnomo, M. H. (2015, June). Overcurrent relay curve modeling and its application in the real industrial power systems using adaptive neuro fuzzy inference system. In 2015 IEEE International Conference on Computational Intelligence and Virtual Environments for Measurement Systems and Applications (CIVEMSA). (pp. 1-6). IEEE.
- Ulhuda, F. F., Zakri, A. A., & Ali, U. (2024). The evaluation of overcurrent relay and ground fault relay settings on power transformers. *International Journal of Electrical, Energy and Power System Engineering*, 7(2), 100-110.
- Harianja, R., Tarigan, A. S. P., & Anisah, S. (2025). Pengaruh Pemeliharaan Predictive Maintenance Terhadap Kinerja Sistem Distribusi di Wilayah Rawan Gangguan. *Jurnal Indragiri Penelitian Multidisiplin*, 5(2), 54-62. <https://doi.org/10.58707/jipm.v5i2.1187>
- M. R. Pratama, P. Wibowo, and A. P. Tarigani, "Analysis of Insulation Resistance Testing During Biennial Maintenance of 20 kV Incoming Cubicle Circuit Breakers at Gunung Megang Substation, PT PLN (Persero) ULTG Prabumulih UPT Baturaja", *Fidelity*, vol. 7, no. 1, pp. 22-32, Jan. 2025.
- Nugraha, S., Wibowo, P., & Siagian, P. (2025). EFFICIENCY AND RELIABILITY ANALYSIS OF SOLAR POWER GENERATING SYSTEM FOR 450 VA APPLICATION IN SIRUAR VILLAGE, TOBA REGENCY. *Instal : Jurnal Komputer*, 16(06), 305-311. <https://doi.org/10.54209/jurnalinstall.v16i06.352>
- Sarita, R., Tarigan, A. P., & Anisah, S. (2025). A COMPARATIVE ANALYSIS OF PREPAID AND POSTPAID KWH METERS IN IMPROVING ACCURACY OF ELECTRICITY USAGE MEASUREMENTS TO CUSTOMER SERVICE UNIT (ULP)

CUSTOMERS PT PLN IN
PEUREULAK, EAST ACEH. *Instal :
Jurnal Komputer*, 16(06), 312–322.
<https://doi.org/10.54209/jurnalinstall.v16i06.353>

Simanullang, D., Siti Anisah, & Hamdani.
(2022). Analysis Of The Effect Of
Excitation Current On The
Synchronology Generator On Loading
At Plta Renun PT PLN (Persero)
UPDK Pandan. *International Journal
of Economic, Technology and Social
Sciences (Injects)*, 3(1), 237–247.
<https://doi.org/10.53695/injects.v3i1.767>

Hafist Aufar, Haris Gunawan, & Siti
Anisah. (2025). Analysis of Coal
Feeder Motor Performance Under the
Influence of Frequency Fluctuations at
PLTU Pangkalan
Susu. *INFOKUM*, 13(04), 929-936.