

Analisis Keandalan Sistem Koordinasi *Overcurrent Relay (OCR)* dan *Ground Fault Relay (GFR)* di Gardu Induk 150 kV Buduran

Retno Ayu Dwi Setyowati^{*)1}, Subuh Isnur Haryudo², Tri Wrahatnolo³, Tri Rijanto⁴

¹²³⁴ Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

^{*)}Corresponding author, retno.19006@mhs.unesa.ac.id

Abstrak

Sistem distribusi tenaga listrik adalah bagian dari sistem tenaga listrik yang berfungsi menyalurkan listrik kepada konsumen. Analisa keandalan sistem proteksi meliputi koordinasi antar peralatan proteksi dalam jaringan distribusi yang harus memenuhi standard yang ada. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa besaran nilai setting dan karakteristik *overcurrent relay (OCR)* dan *ground fault relay (GFR)* di Gardu Induk 150 kV Buduran menggunakan aplikasi ETAP 19.0.1. Nilai setting OCR dan GFR ditentukan berdasarkan pada standard IEC 60255. Relay yang terpasang pada GI 150 kV Buduran memiliki kurva karakteristik standard invers. Berdasarkan penelitian yang dilakukan diperoleh hasil bahwa besarnya arus gangguan hubung singkat dipengaruhi oleh jarak titik gangguan, semakin jauh lokasi gangguan maka arus gangguan hubung singkat akan semakin kecil, begitu pula sebaliknya. Waktu kerja relay di sisi outgoing lebih cepat dibandingkan sisi incoming dengan selisih waktu rata-rata sebesar 0,06 detik. Hal ini disebabkan lokasi gangguan mempengaruhi besar kecilnya selisih waktu. Semakin jauh jarak lokasi gangguan, maka semakin besar selisih waktu kerja relay sisi *incoming*.

Abstract

Electrical distribution as a part of electrical power system has main function to feed electricity to consumers. Analysis of the reliability of the protection system includes coordination between the protection equipment in the distribution network with existing standard. This research focused on analyzing the setting value and characteristic of overcurrent relay (OCR) and ground fault relay (GFR) used in 150 kV Buduran substation using ETAP 19.0.1 software. The value of current relay setting is referring to IEC 60255, because the relay is mounted on 150 kV Buduran substation with characteristic curve of standard invers. From the result of the study, it was found that the magnitude of the short-circuit fault current is influenced by the distance of the fault point, the farther the fault location is, the smaller the short-circuit fault current will be and vice versa. The relay working time on the outgoing side is faster than the incoming side with an average time difference of 0,06 seconds. This is because the location of the disturbance affects the size of the time difference. The farther the distance from the fault location, the greater the difference in relay working time in incoming

INFO.

Info. Artikel:

No. 419

Received. July, 12, 2023

Revised. July, 19, 2023

Accepted. August, 02, 2023

Page. 547 – 554

Kata kunci:

- ✓ Distribusi Tenaga Listrik
- ✓ Relay
- ✓ Setting
- ✓ ETAP

PENDAHULUAN

Dengan pertumbuhan ekonomi dan berkembangnya teknologi menyebabkan kebutuhan akan energi semakin meningkat, sehingga, diperlukan layanan energi yang memiliki keandalan tinggi [1]. Sistem tenaga listrik sendiri terdiri dari beberapa kesatuan sistem yaitu, sistem pembangkit, transmisi, distribusi dan proteksi Gardu Induk (GI) adalah suatu sistem instalasi listrik yang terdiri dari susunan dan rangkaian sejumlah perlengkapan yang dipasang menempati suatu lokasi tertentu untuk menerima dan menyalurkan tenaga listrik (transmisi), menaikkan dan menurunkan tegangan sesuai dengan tingkat tegangan kerjanya, tempat melakukan kerja *switching* rangkaian suatu sistem tenaga listrik dan untuk menunjang keandalan sistem tenaga listrik terkait [2][3]

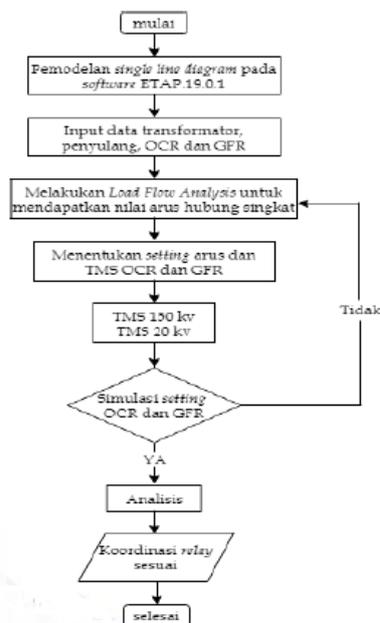
Kontinuitas pelayanan yang baik kepada konsumen sangat diperlukan dalam penyaluran energi listrik [4]. Hal ini mempengaruhi keandalan sistem dan menyebabkan pemadaman jika keandalan sistem kurang baik, sehingga konsumen merasa dirugikan. Studi lainnya yang telah dilakukan oleh [5] tentang koordinasi *reverse relay, overcurrent, under frequency and under voltage relays* dengan menggunakan analisis stabilitas transien. Pada referensi lain parameterisasi ground fault relay pada jaringan distribusi telah dijelaskan dalam [6] dengan menggunakan sistem grounding resonansi. Studi lainnya analisis *setting proteksi Overcurrent Relay (OCR) dan Ground Fault Relay (GFR)* pada transformator telah dijelaskan dengan menentukan pengaturan dan parameter proteksi OCR dan GFR pada transformator [7] telah menjelaskan analisis koordinasi resetting OCR dan GFR pasca uprating transformator tenaga.

Untuk menunjang keandalan dalam penyaluran energi listrik dibutuhkan sistem proteksi yang handal dalam mendeteksi suatu gangguan. Sebagian besar gangguan yang dapat terjadi adalah gangguan hubung singkat. Salah satu alat yang termasuk dalam sistem proteksi disebut relay [8]. Relay mendeteksi gangguan dalam sistem tenaga listrik dan secara otomatis memberikan informasi kepada pemutus tenaga untuk melepaskan peralatan listrik yang dilindungi dari gangguan sesegera mungkin. Salah satu jenis sistem proteksi yang sering digunakan adalah OCR dan GFR. [9].

Supaya OCR dan GFR bekerja secara handal perlu untuk mengetahui tingkat keandalannya dengan mengidentifikasi setting waktu, setting arus dan jarak. Keandalan sistem proteksi OCR dan GFR sangat penting untuk menentukan tingkat keandalan sistem proteksi serta memastikan sistem proteksi berfungsi dengan baik [10]. Untuk mendapati sistem proteksi telah berkoordinasi antar relay, dibutuhkan analisis keandalan sistem koordinasi proteksi OCR dan GFR di GI 150 kV Buduran.

METODE PENELITIAN

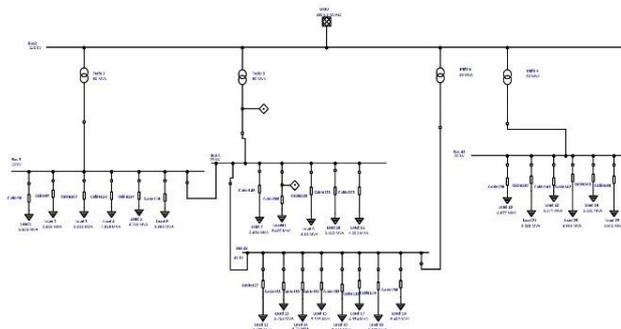
Pada penelitian ini menjelaskan tentang analisa setting relay yaitu *overcurrent relay* dan *ground fault relay* di sisi *incoming* dan *outgoing* pada Gardu Induk 150 kV Buduran. Software yang akan digunakan adalah *Electrical Transient Analysis Program (ETAP) 19.0.1* [11]. secara umum penelitian yang dilakukan sebagaimana terlihat pada Gambar 1 [12].



Gambar 1. Tahapan Penelitian Koordinasi Overcurrent Relay dan Ground Fault Relay

Pada penelitian ini menjelaskan tentang analisis keandalan sistem koordinasi relay yaitu *overcurrent relay* dan *ground fault relay* di sisi *incoming* dan *outgoing* pada Gardu Induk 150 kV Buduran. Perangkat lunak yang akan digunakan adalah *Electrical Transient Analysis Program (ETAP) 19.0.1*. Secara umum langkah penelitian yang dilakukan sebagaimana pada Gambar 1

Data Sistem



Gambar 2. Single Line Diagram Gardu Induk 150 Kv Buduran

Diagram satu garis pada kondisi *existing* dari sistem kelistrikan Gardu Induk 150 kV Buduran pada Gambar 2. Sistem yang akan dibahas adalah pada penyulang Gedangan dan pada incoming. Studi kasus akan dilakukan untuk melihat setting OCR dan GFR sebagai proteksi terhadap arus gangguan di jaringan. Besar arus yang mengalir diperoleh dari simulasi aliran daya yang kemudian digunakan untuk menentukan setting OCR dan GFR yang digunakan sebagai alat proteksi. Adapun data yang digunakan adalah sebagai berikut

Tabel 1. Data Transformator

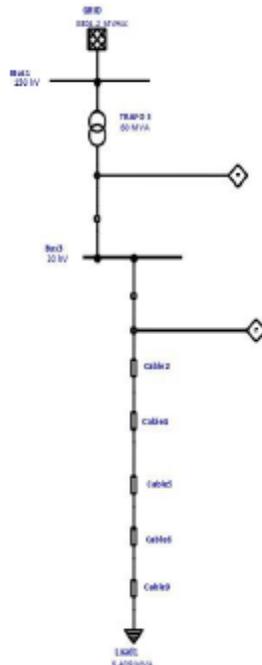
Merk	: SMITH
Daya	: 60 MVA
Tegangan	: 150/20 kV
Impedansi (Z%)	: 12,53%
Rasio CT (sekunder)	: 2000/5
Arus nominal	: 231 A
Hubungan belitan	: YNyn0(d11)
Existing (Power Grind)	: 3304,02 MVA

Tabel 2. Data OCR dan GFR

Merk	: ALSTOM
Tipe	: P141
Karakteristik	: <i>Standard Invers</i>
Rasio CT	: 2000/5 (<i>Incoming</i>)
Ratio CT	: 400/5 (<i>Outcoming</i>)
Data Penyulang	
Penyulang	: Gedangan
Panjang (km)	: 22,81
Arus (A)	: 185
Beban (MVA)	: 6,409
Data Teknis Penghantar	
Jenis Penghantar	: AAAC
Luas Penghantar	: 240 mm ²
Z1=Z2	: 0,61 + j 0,098
Z0	: 0,0483 + j 0,245

Pemodelan

Berdasarkan pada data *existing* jaringan yang diperoleh maka dapat dibuat pemodelan *single line* diagram menggunakan software ETAP 19.0.1 [13] seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Konfigurasi OCR dan GFR sisi *incoming* dan *outgoing*

Berdasarkan pada data *existing* jaringan transformator 3 yang diperoleh maka dapat dibuat pemodelan diagram satu garis menggunakan program ETAP 19.0.1 seperti pada Gambar 3.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Simulasi Aliran Daya

Analisa aliran daya bertujuan untuk mengetahui besarnya tegangan bus, arus dan aliran daya yang terjadi pada saluran sistem. Simulasi aliran daya dilakukan menggunakan menu *Load Flow Analysis* pada program ETAP 19.0.1 [14].

Tabel 3. Data Tegangan Pangkal dan Arus Penyulang Gedangan Hasil Simulasi

Penyulang	Panjang Saluran (km)	Arus (Ampere)	Tegangan Pangkal Existing (Kv)	Tegangan Pangkal Simulasi (Kv)
Gedangan	22,81 km	176,4	19,81	19,97

Tabel 1 menunjukkan nilai tegangan pangkal dan arus yang mengalir. Tegangan pada pangkal penyulang Gedangan yang didapat dari hasil simulasi adalah 19,97 kV dimana memiliki nilai yang hampir sama dengan besar tegangan terukur pada pangkal penyulang hasil pengambilan data *existing*, sehingga pemodelan dan konfigurasi jaringan sudah sesuai.

Analisa Hubung Singkat

Untuk menentukan arus hubung singkat menggunakan menu *short circuit analysis* pada program ETAP 19.0.1 [15]. Setelah dilakukan simulasi arus hubung singkat maka diperoleh besar arus gangguan hubung singkat pada titik 0% hingga 100% dari panjang penyulang *outgoing transformer*

3 GI 150 kV Buduran. Hasil besar arus hubung singkat pada penyulang Gedangan yang diperoleh dari hasil simulasi dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 4. Data Tegangan Pangkal dan Arus Penyulang Gedangan Hasil Simulasi

Jarak	3 Fasa	2 Fasa	2 Fasa-g	1 Fasa-g
0%	13,479	11,673	13,911	14,139
25%	7,230	6,262	7,167	5,552
50%	3,401	2,945	3,207	2,279
75%	1,865	1,615	1,728	1,199
100%	1,160	1,005	1,067	734

Berdasarkan hasil analisa arus gangguan hubung singkat hasil simulasi menunjukkan bahwa semakin panjang saluran maka arus gangguan hubung singkat semakin kecil.

**Setting OCR dan GFR Incoming
Overcurrent Relay**

Arus gangguan hubung singkat yang timbul adalah sebesar 13,479 kA, dengan Iset OCR yang digunakan sebesar 242,55 A. Maka untuk menghitung setting waktu sebagai berikut :

$$0,4 = \frac{0,14 \times TMS}{\left(\frac{13479}{242,55}\right)^{0,02} - 1} = 0,23 \text{ s}$$

Ground Fault Relay

Arus gangguan hubung singkat yang timbul adalah sebesar 14,139 kA, dengan Iset GFR yang digunakan sebesar 58,72 A. Maka untuk menghitung setting waktu sebagai berikut :

$$0,3 = \frac{0,14 \times TMS}{\left(\frac{14,139}{58,72}\right)^{0,02} - 1} = 0,248 \text{ s}$$

**Setting OCR dan GFR Outcoming
Overcurrent Relay**

Arus gangguan hubung singkat yang timbul adalah sebesar 13,479 kA, dengan Iset OCR yang digunakan sebesar 194,25 A. Maka untuk menghitung setting waktu sebagai berikut :

$$0,4 = \frac{0,14 \times TMS}{\left(\frac{13479}{194,25}\right)^{0,02} - 1} = 0,18$$

Ground Fault Relay

Arus gangguan hubung singkat yang timbul adalah sebesar 14,139 kA, dengan Iset GFR yang digunakan sebesar 73,4 A. Maka untuk menghitung setting waktu sebagai berikut :

$$0,4 = \frac{0,14 \times TMS}{\left(\frac{14,139}{73,4}\right)^{0,02} - 1} = 0,248$$

Setelah dilakukan analisis perhitungan diatas, selanjutnya dilakukan perbandingan hasil perhitungan dengan data existing yang digunakan di GI 150 kV Buduran.

Tabel 5. Perbandingan Setting OCR dan GFR Kondisi Existing dan Perhitungan

Relay	Existing	Perhitungan
OCR Incoming	0,2 s	0,23 s
GFR Incoming	0,2 s	0,248 s
OCR Outgoing	0,2 s	0,18 s

Untuk melihat kurva dari OCR dan GFR digunakan perintah *create star view* pada ETAP. Gambar 4 dan Gambar 5 adalah kurva koordinasi antara *relay incoming* dan *relay outgoing* dan urutan kerja apabila terjadi gangguan hubung singkat berdasarkan standard IEC 60255. Gambar 4 dapat dilihat bahwa ketika terjadi gangguan 3 fasa, *relay* penyulang Gedangan yang terlebih dahulu bekerja dengan *setting* selama 0,432 detik, dilanjutkan *relay incoming* dengan *setting* 0,61 detik sebagai *backup* proteksi. Kedua gambar kurva menunjukkan bahwa tidak ada garis yang berpotongan baik antara *relay incoming* dan *relay outgoing*. Hal ini menunjukkan urutan kerja *relay* sudah sesuai.

KESIMPULAN

Berdasarkan pengujian yang sudah dilaksanakan, maka didapatkan simpulan, antara lain: (1) Sistem setting OCR dan GFR pada Gardu Induk 150 kV Buduran dilakukan berdasarkan karakteristik relay yang digunakan pada sisi incoming 20 kV transformator 3 dan pada sisi outgoing penyulang Gedangan. Arus gangguan hubung singkat pada penyulang Gedangan di titik maksimum 1 fasa adalah 14.139 A dan 3 fasa adalah 13.479 A. Besarnya arus gangguan hubung singkat dipengaruhi oleh jarak titik gangguan, semakin jauh jarak titik gangguan maka semakin kecil arus gangguan hubung singkat. (2) Dari hasil penelitian, koordinasi relay jika terjadi gangguan maka relay yang pertama kali bekerja adalah relay sisi outgoing kemudian relay sisi incoming.

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, maka didapatkan beberapa saran agar memudahkan dalam hal pengembangan penelitian, saran tersebut yaitu: (1) Untuk meningkatkan efisiensi pelayanan listrik perlu adanya pengecekan secara berkala pada peralatan proteksi yang terpasang di penyulang guna menghindari kegagalan kerja sistem proteksi apabila terjadi gangguan, sehingga pemadaman tidak menjadi lebih luas dan bisa cepat teratasi. (2) Perlu adanya pengembangan pada *software* simulasi agar tidak terpaku pada satu software saja, karena di dalam *software* yang digunakan ini masih banyak kekurangan dan keterbatasan untuk analisa koordinasi relay proteksi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Amiruddin And M. Hasyim, "Optimalisasi Keandalan Sistem Proteksi Feeder Dengan Relay Penutup Balik (Auto Recloser) Pada Gardu Induk Tello," *Jurnal INSTEK (Informatika Sains dan Teknologi)*, vol. 5, no. 1. p. 18, 2020, doi: 10.24252/instek.v5i1.11241.
- [2] Y. Yusmartato, "Analisa Relai Arus Lebih Dan Relai Gangguan Tanah Pada Penyulang LM5 Di Gardu Induk Lamhotma," *J. Electr. Technol.*, vol. 1, no. 2, pp. 30–36, 2016.
- [3] M. Faidhal Anwar Limbong, R. Gianto, P. Studi Teknik Elektro, and J. Teknik Elektro, "Evaluasi Setting Relai Arus Lebih Dan Relai Gangguan Tanah Di Gardu Induk Ngabang," 2019.
- [4] I. D. G. Agung Budhi Udiana, I. G. Dyana Arjana, and T. G. Indra Partha, "Studi Analisis Koordinasi Over Current Relay (Ocr) Dan Ground Fault Relay (Gfr) Pada Recloser Di Saluran Penyulang Penebel," *Maj. Ilm. Teknol. Elektro*, vol. 16, no. 2, p. 37, 2017, doi: 10.24843/mite.2017.v16i02p07.
- [5] T. P. Sari, A. Priyadi, M. Pujiantara, and M. H. Purnomo, "Enhancing the coordination of reverse power, overcurrent, under-frequency, and under-voltage relays using transient stability analysis in real plant applications," *Ain Shams Eng. J.*, vol. 11, no. 1, pp. 1–9, 2020, doi: 10.1016/j.asej.2019.06.001.
- [6] B. Polajžer, M. Pintarič, J. Ribič, M. Rošer, and G. Štumberger, "Parametrization of ground-fault relays in MV distribution networks with resonant grounding," *Int. J. Electr. Power Energy Syst.*, vol. 143, no. July, 2022, doi: 10.1016/j.ijepes.2022.108449.
- [7] dan H. Billy Pratama Putra Jadmiko, Agung Nugroho, "Analisis Koordinasi Resetting Relay OCR, GFR Dan Recloser Pasca Uprating Transformator Tenaga Pada Gardu Induk 150 kV Mojosongo Boyolali," *Univ. Diponegoro*, vol. 7, 2018.
- [8] D. Zulkarnaini, "No TitleAnalisa Koordinasi Proteksi Over Current Relay (OCR) Dengan Recloser GI Pauh Limo Feeder UNAND," *Semin. Nas. Ris. Inov. Teknol.*, vol. 1, pp. 223–232, 2022, [Online]. Available: <https://e-proceeding.itp.ac.id/index.php/sinarint/article/view/50>.
- [9] R. M. Ratiprimesti and I. A. Bangsa, "Optimalisasi Proteksi Relai Arus Lebih Penyulang Kemuning pada Gardu VBRA Di PT PLN (Persero) UP3 Bekasi UID Jawa Barat," *J. Tek.*, vol. 14, no. 2, p. 83, 2022, doi: 10.30736/jt.v14i2.825.
- [10] W. Budi Pramono and A. Ardiant Sunardi, "Perancangan Koordinasi Relai Arus Lebih pada Gardu Induk dengan Jaringan Distribusi Spindle," pp. 40–49, 2018.

- [11] T. Juniarto and M. T. Tamam, "Analisis Koordinasi Pengaman Over Current Relay, Ground Fault Relay, Dan Recloser Pada Penyulang Majenang 08 PT. PLN (Persero) Gardu Induk Majenang Cilacap," *J. Ris. Rekayasa Elektro*, vol. 1, no. 2, pp. 110–118, 2020, doi: 10.30595/jrre.v1i2.5246.
- [12] Y. T. Bungalangan *et al.*, "Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D," *J. Pendidik. Ekon.*, vol. 2, no. 1, p. 240, 2015, [Online]. Available: <http://ejournal.unikama.ac.id/index.php/JBPD%0Ayang%0Ahttp://perspektif.ppi.unp.ac.id/index.php/perspektif/article/view/75%0Ahttps://media.neliti.com/media/publications/29825-ID-perbedaan-hasil-belajar-siswa-menggunakan-metode-pembelajaran-kooperatif-tipe->
- [13] G. Hubbard, "Measuring organizational performance: Beyond the triple bottom line," *Bus. Strateg. Environ.*, vol. 18, no. 3, pp. 177–191, 2009, doi: 10.1002/bse.564.
- [14] A. Dasa, M. Mieftah, and H. Sungkowo, "Analisis Koordinasi Relai Proteksi Transformator I GI Bumicokro Akibat Uprating Daya," vol. 10, no. 2, 2023.
- [15] E. Dermawan and D. Nugroho, "Analisa Koordinasi Over Current Relay Dan Ground Fault Relay Di Sistem Proteksi Feeder Gardu Induk 20 kV Jababeka," *Elektum J. Tek. Elektro*, vol. 14, no. 2, pp. 43–48, 2017.
- [16] Z. Syamsudin, I. Pujotomo, and F. Ramadhan, "Kajian Rele Jarak Dan Arus Lebih Pada Sada Saluran Udara Tegangan Tinggi Gardu Induk 150kv Sronдол," *J. Sutet*, vol. 5, no. 1, pp. 1–7, 2015, [Online]. Available: <https://stt-pln.e-journal.id/sutet/article/view/603>.