

Analisa Koordinasi Over Current Relay Dan Ground Fault Relay Di Sistem Proteksi Feeder Gardu Induk 20 kV Jababeka

Erwin Dermawan¹, Dimas Nugroho²

¹⁾²⁾ Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta
Jl. Cempaka Putih Tengah 27 Jakarta Pusat (10510)
E-mail: erwindermawan26@yahoo.com¹, dimasnugroho2403@gmail.com²

Abstract –

Pada sistem distribusi tenaga listrik terdapat penyulang tegangan menengah yang berguna untuk mendistribusikan tenaga listrik dari gardu induk ke konsumen. Tetapi tidak terlepas dari masalah, masih terdapat gangguan yang perlu dianalisa, diantaranya gangguan hubung singkat. Untuk melokalisasi gangguan tersebut diperlukan sistem proteksi yang memenuhi persyaratan sensitifitas, keandalan, selektifitas dan kecepatan. Peralatan proteksi yang sering digunakan pada sistem distribusi adalah over current relay (OCR) dan ground fault relay (GFR), yaitu relai yang berfungsi memberi perintah PMT untuk membuka, sehingga saluran yang terganggu dipisahkan dari jaringan. Di dalam penelitian ini studi kasus di ambil di PLN Gardu Induk Jababeka pada penyulang Rambutan dimana selektifitas kerja relai diambil dari empat titik gangguan pada penyulang. Semua dilakukan untuk peningkatan kerja relai. Pada Tugas Akhir ini akan membahas mengenai perbandingan antara setting relai proteksi hasil dari perhitungan dengan setting proteksi yang terpasang (existing) pada jaringan distribusi 20 kV GI Jababeka di penyulang Rambutan.

Kata kunci : Over Current Relay, Ground Fault Relay, koordinasi relai, setting relai

1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kegagalan pada instalasi sistem tenaga listrik tidak mungkin dapat dihindari, untuk mengurangi kerusakan dan memperkecil daerah gangguan maka dibutuhkan sistem proteksi. Khususnya pada saluran distribusi, gangguan yang mungkin terjadi sebagian besar adalah gangguan hubung singkat, baik hubung singkat tiga fasa, antar fasa atau hubung singkat antara fasa dengan tanah. Salah satu alat yang termasuk sistem proteksi tersebut dinamakan relai. Relai mendeteksi adanya gangguan dalam sistem tenaga listrik dan memberikan informasi secara otomatis kepada pemutus tenaga agar memisahkan secepat mungkin peralatan listrik yang dilindungi dengan gangguan. Sebagai langkah utama dalam mengatasi adanya gangguan, khususnya pada saluran distribusi biasanya dipakai selain relai jarak yaitu relai arus lebih dan relai gangguan tanah. Dalam fungsinya sebagai sistem proteksi, evaluasi kinerja relai arus lebih atau *over relay current* (OCR) dan relai gangguan tanah atau *ground fault relay* (GFR) tersebut harus dilakukan secara kontinyu. Keandalan sebuah sistem proteksi sangat dituntut demi terjaganya kontinuitas penyaluran energi listrik. Untuk itu diperlukan koordinasi antar komponen penunjang

sistem proteksi. Komponen proteksi yang penting diantaranya over current relay (OCR) dan *ground fault relay* (GFR).

1.2 Batasan Masalah

Dalam penulisan tugas akhir ini permasalahan dibatasi pada bagaimana koordinasi antara *over current relay* (OCR) dan *ground fault relay* (GFR) di *feeder* gardu induk Jababeka agar terciptanya keandalan sistem penyaluran energi. Analisa yang dilakukan hanya sebatas pada jaringan distribusi sistem radial.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari skripsi ini adalah melakukan analisis koordinasi antara *over current relay* (OCR) dan *ground fault relay* (GFR) berdasarkan studi kasus di *feeder* Gardu Induk 20 kV Jababeka. Serta meningkatkan kualitas kerja relai dengan kriteria nilai selektifitas yang tinggi dan meningkatkan *performance* relai.

2 DASAR TEORI

2.1 Relai

Relai merupakan suatu peralatan yang direncanakan untuk merasakan atau mendeteksi, mengukur adanya gangguan dan mulai merasakan adanya ketidaknormalan peralatan listrik dan

segera secara otomatis membuka pemutus tenaga untuk memisahkan peralatan atau bagian dari sistem yang terganggu dan memberi isyarat berupa bel atau lampu

Relai pada sistem tenaga listrik mempunyai fungsi sebagai berikut :

- Merasakan, mengukur, dan menentukan bagian sistem yang terganggu serta memisahkan secepatnya sehingga sistem lainnya yang tidak terganggu dapat beroperasi secara normal.
- Mengurangi kerusakan yang lebih parah dari peralatan yang terganggu.
- Mengurangi pengaruh gangguan bagian sistem yang lain yang tidak terganggu didalam sistem tersebut. Di samping itu mencegah meluasnya gangguan serta memperkecil bahaya bagi manusia.

2.1.1 Proteksi Utama dan Proteksi Cadangan

Proteksi sistem tenaga listrik dapat dibagi menjadi dua kelompok, yaitu proteksi utama dan proteksi cadangan. Proteksi utama segera bekerja jika terjadi gangguan sedangkan proteksi cadangan akan bekerja jika proteksi utama gagal bekerja.

Kegagalan pengaman dapat dikelompokkan sebagai berikut:

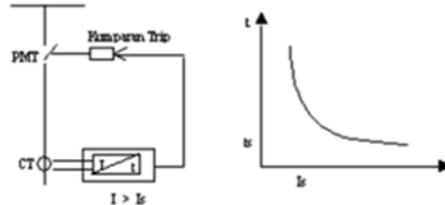
- Kegagalan pada relainya sendiri.
- Kegagalan suplai arus dan atau suplai tegangan ke relai.
- Kegagalan sistem suplai arus searah untuk tripping pemutus beban.
- Kegagalan pada pemutus tenaga.
- Hal ini dapat disebabkan karena kumparan trip tidak menerima suplai, kerusakan mekanis ataupun kegagalan pemutusan arus karena besarnya arus hubung singkat melampaui kemampuan dari pemutus bebannya.

2.2 Over Current Relay (OCR)

Over current relay atau relai arus lebih bekerja ketika ada hubung singkat yang berdampak pada kenaikan arus, oleh karena itu disebut relai arus lebih. Relai arus lebih yang ada sekarang memiliki 2 kemampuan yaitu sebagai relai arus lebih (*Over Current Relay*, OCR) dan relai gangguan tanah (*Ground Fault Relay*, GFR). Relai arus lebih dapat dikoordinasikan dengan relai lain atau dengan GFR dengan memberikan tunda waktu yang sebenarnya merupakan inti dari setelan relai selain juga perhitungan setelan arus.

2.2.1 Standard Inverse

Standard Inverse adalah jenis relai arus lebih yang sangat baik untuk dikoordinasikan karena selain memiliki tunda waktu yang statis dan juga memiliki setelan kurva arus dan waktu sehingga relai arus lebih jenis ini dapat memberikan tunda waktu tergantung dari arus yang terukur. Makin besar arus, maka semakin kecil waktu tundanya.



Gambar 2.1 Karakteristik Relai Arus Lebih Waktu Terbalik (*Standard Inverse*)

Ketentuan rumus umum untuk *standard*

$$t = \frac{0,14}{I^{0,02} - 1} tms$$

inverse yaitu:

Dengan :

t = time setting relay

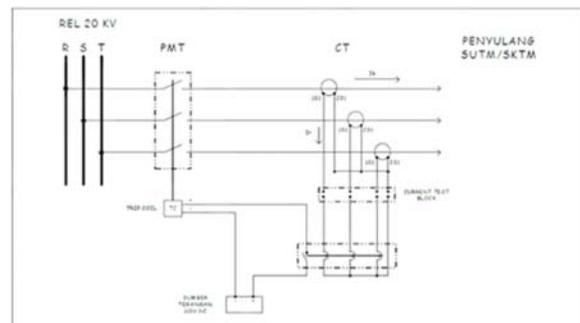
tms = standar waktu setting relai

K = konstanta standar inverse (0,14)

α = konstanta standar inverse (0,02)

2.2.2 Prinsip Kerja OCR

Prinsip kerja *over current relay* adalah berdasarkan adanya arus lebih yang dirasakan relai, baik disebabkan adanya gangguan hubung singkat atau *overload* (beban lebih) untuk kemudian memberikan perintah trip ke PMT sesuai dengan karakteristik waktunya.



Gambar 2.2 Rangkaian pengawatan OCR

2.2.3 Setting OCR

Arus setting untuk relai OCR baik pada sisi primer maupun pada sisi sekunder transformator tenaga adalah:

$$I_{set} (\text{prim}) = 1,05 \times I_{nom} \text{ trafo}$$

Nilai tersebut adalah nilai primer, untuk mendapatkan nilai setelan sekunder yang dapat disetkan pada relai OCR, maka harus dihitung dengan menggunakan ratio trafo (CT) yang terpasang pada sisi primer maupun sisi sekunder transformator tenaga.

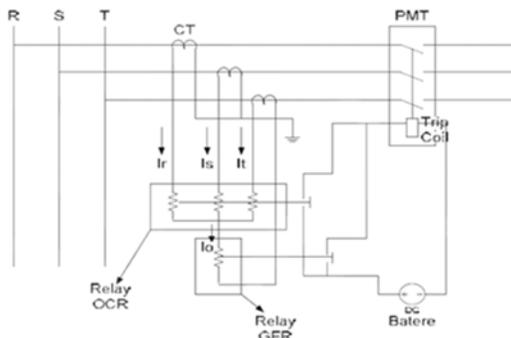
$$I_{set} (\text{sek}) = I_{set} (\text{prim}) \times \frac{1}{\text{Ratio CT}}$$

2.3 Ground Fault Relay (GFR)

Ground Fault Relay (GFR) pada dasarnya mempunyai prinsip kerja yang sama dengan relai arus lebih (OCR) namun memiliki perbedaan dalam kegunaannya. GFR mendeteksi melalui *binary* input yang ada pada relai sehingga memerintahkan *binary* output agar memberikan perintah jika adanya hubungan singkat ke tanah.

2.3.1 Prinsip Kerja GFR

Pada kondisi normal beban seimbang I_r , I_s , I_t sama besar, sehingga pada kawat netral tidak timbul arus dan relai hubung tanah tidak di aliri arus. Bila terjadi ketidakseimbangan arus atau terjadi gangguan hubung singkat ke tanah, maka akan timbul arus urutan nol pada kawat netral, sehingga relai hubung tanah akan bekerja.



Gambar 2.3 Rangkaian pengawatan GFR

2.3.2 Setting GFR

Arus setting untuk relai OCR baik pada sisi primer maupun pada sisi sekunder transformator tenaga adalah:

$$I_{set} (\text{Prim}) = 10\% \times I_{nominal} \text{ trafo}$$

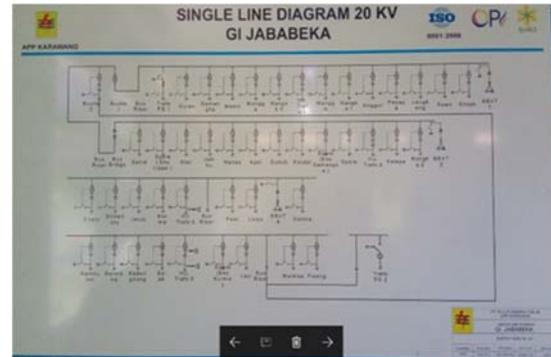
Untuk menghitung setting arus untuk sisi sekunder yaitu:

$$I_{set} (\text{sek}) = I_{set} (\text{prim}) \times \frac{1}{\text{Ratio CT}}$$

3 KARAKTERISTIK GARDU INDUK JABABEKA

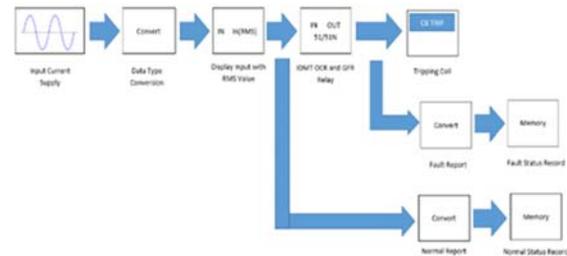
3.1 Single Line Gardu Induk Jababeka

Berikut adalah *single line* GI 20 kV Jababeka



Gambar 3.1 Single line GI 20 kV Jababeka

3.2 Block Diagram Over Current Relay dan Ground Fault Relay



Gambar 3.2 Blok diagram OCR dan GFR

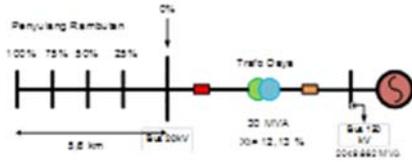
4 HASIL ANALISIS

4.1 Arus Hubung Singkat

Gangguan hubung singkat yang mungkin terjadi di dalam jaringan (sistem kelistrikan) ada 3, yaitu :

- Gangguan hubung singkat 3 fasa
- Gangguan hubung singkat 2 fasa
- Gangguan hubung singkat 1 fasa

Perhitungan gangguan hubung singkat ini dihitung besarnya berdasarkan panjang penyulang, yaitu diasumsikan terjadi di 25%, 50%, 75% dan 100% panjang penyulang.



Gambar 4.1 Penyulang Rambutan

4.2 Hasil Perhitungan Arus Hubung Singkat

Tabel 4.1 Hasil Perhitungan Arus Gangguan Hubung Singkat

Panjang Penyulang (%)	Jarak (m)	Arus Hubung Singkat (A)		
		3 fasa	2 fasa	1 fasa
0	0	6372,165	5518,459	797,3515
25	1400	5104,678	4420,769	758,6516
50	2800	4241,428	3673,162	721,9917
75	4200	3620,998	3135,927	687,5387
100	5600	3155,953	2733,099	655,3079



Gambar 4.2 Kurva Arus Gangguan Hubung Singkat

Dari tabel diatas bahwa besarnya arus gangguan hubung singkat dipengaruhi jarak titik gangguan, semakin jauh jarak titik gangguan maka semakin kecil arus gangguan hubung singkatnya dan sebaliknya. Selain itu dapat dilihat bahwa arus gangguan hubung singkat terbesar yaitu pada arus gangguan hubung singkat 3 fasa, apabila ditinjau dari gangguan terhadap fasa.

4.3 Hasil Perhitungan Pemeriksaan Waktu Kerja Relai

4.3.1 Pemeriksaan Waktu Kerja Relai 3 Fasa

Tabel 4.2 Hasil Perhitungan Waktu Kerja Relai 3 Fasa

Lokasi Gangguan (% panjang)	Waktu kerja relay incoming (detik)	Waktu kerja relay penyulang (detik)	Selisih waktu (Grading Time) (detik)
0%	0,698	0,299	0,399
25%	0,789	0,323	0,466
50%	0,886	0,346	0,54
75%	0,989	0,367	0,622
100%	1,1	0,388	0,712



Gambar 4.3 Kurva Pemeriksaan Waktu Kerja Relai untuk Gangguan 3 Fasa

4.3.2 Pemeriksaan Waktu Kerja Relai 2 Fasa

Tabel 4.3 Hasil Perhitungan Waktu Kerja Relai 2 Fasa

Lokasi Gangguan (% panjang)	Waktu kerja relay incoming (detik)	Waktu kerja relay penyulang (detik)	Selisih waktu (Grading Time) (detik)
0%	0,755	0,315	0,44
25%	0,863	0,34	0,523
50%	0,979	0,365	0,614
75%	1,105	0,389	0,716
100%	1,246	0,413	0,833



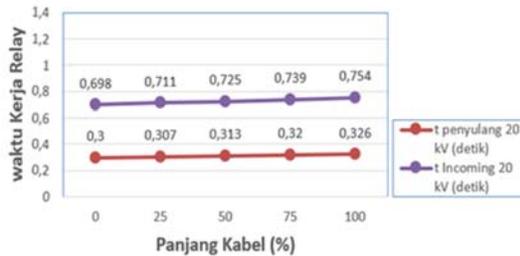
Gambar 4.4 Kurva Pemeriksaan Waktu Kerja Relai untuk Gangguan 2 Fasa

4.3.3 Pemeriksaan Waktu Kerja Relai 3 Fasa

Tabel 4.4 Hasil Perhitungan Waktu Kerja Relai 1 Fasa

Lokasi Gangguan (% panjang)	Waktu kerja relay incoming (detik)	Waktu kerja relai penyulang (detik)	Selisih waktu (Grading Time) (detik)
0%	0,698	0,3	0,398
25%	0,711	0,307	0,404
50%	0,725	0,313	0,412
75%	0,739	0,32	0,419
100%	0,754	0,326	0,428

WAKTU KERJA RELAI PADA GANGGUAN 1 PHASA



Gambar 4.5 Kurva Pemeriksaan Waktu Kerja Relai untuk Gangguan 1 Fasa

4.4 Perbandingan Hasil Perhitungan Arus Hubung Singkat Dengan Data di Lapangan

Tabel 4.5 Hasil Perhitungan Arus Hubung Singkat Penyulang Rambutan

Panjang Penyulang (%)	Jarak (m)	Arus Hubung Singkat (A)		
		3 fasa	2 fasa	1 fasa
0	0	6372,165	5518,459	797,3515
25	1400	5104,678	4420,769	758,6516
50	2800	4241,428	3673,162	721,9917
75	4200	3620,998	3135,927	687,5387
100	5600	3155,953	2733,099	655,3079

Tabel 4.6 Hasil Perhitungan Arus Hubung Singkat Existing Penyulang Rambutan

Panjang Penyulang (%)	Jarak (m)	Arus Hubung Singkat (A)		
		3 fasa	2 fasa	1 fasa
0	0	6255,66	5405,8	777,1
25	1400	4952,388	4288,6	744,3
50	2800	4087,90	3540,2	712,6
75	4200	3.326.078	3014,4	683
100	5600	3.038.043	2630,8	644,04

Dari tabel diatas terlihat adanya perbedaan antara hasil perhitungan dengan realisasi di

lapangan hal ini dikarenakan adanya sistem perhitungan yang berbeda maka arus hubung singkat *existing* lebih kecil jika dibandingkan dengan arus hubung singkat hasil perhitungan, Hal ini disebabkan sistem perhitungan arus hubung singkat *existing* tidak memperhatikan hubungan trafo yang berada di GI dan hanya melihat belitannya saja.

4.5 Perbandingan Hasil Perhitungan Setting Time Relay Dengan Data di Lapangan

Tabel 4.7 Perbandingan Hasil perhitungan Dengan Data Lapangan

No	Nama relay	Data Hasil perhitungan	Data yang terpasang di lapangan
1.	OCR (Sisi Incoming)	TMS = 0,198	TMS = 0,2
		Rasio CT =1000/5	Rasio CT = 1000/5
		t kerja = 0,7	t kerja = 0,71
2.	GFR (Sisi Incoming)	TMS = 0,279	TMS = 0,469
		Rasio CT =1000/5	Rasio CT = 1000/5
		t kerja = 0,7	t kerja = 1,2
3.	OCR (Sisi Penyulang)	TMS = 0,1396	TMS = 0,17
		Rasio CT =300/5	Rasio CT = 300/5
		t kerja = 0,3	t kerja = 0,4
4.	GFR (Sisi Penyulang)	TMS = 0,11	TMS = 0,11
		Rasio CT =300/5	Rasio CT = 300/5
		t kerja = 0,3	t kerja = 0,3

Berdasarkan tabel 4.7 dapat di analisa bahwa hasil perhitungan dengan data yang ada di lapangan masih dalam kondisi yang sesuai dengan perbedaan yang tidak terlalu signifikan, sehingga dapat disimpulkan bahwa secara keseluruhan setting *Overcurrent Relay* dan *Ground Fault Relay* di sisi penyulang Rambutan, yang ada di lapangan sudah baik. Karena hasil dari perhitungan tersebut untuk di set kan ke relai *Overcurrent Relay* dan *Ground Fault Relay* maka harus disesuaikan dengan tap-tap yang ada pada relai yang bersangkutan. Sehingga hasilnya tidak akan persis sama dengan hasil perhitungan. Tetapi ada setting relay yang sudah tidak sesuai lagi, yaitu setting GFR disisi *incoming*, dimana $t = 0,279$,dengan kata lain jika terjadi gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah, maka relai tersebut akan memerlukan waktu yang lebih lama untuk bekerja. Jadi setting relai GFR sisi *Incoming* yang ada di lapangan harus di setting kembali untuk didapat nilai *timing trip coil* yang sesuai standarnya.

5 KESIMPULAN

Dari hasil perhitungan dapat dilihat bahwa besarnya arus gangguan hubung singkat dipengaruhi oleh jarak titik gangguan. Ketika titik jarangan gangguan semakin jauh, maka arus gangguan hubung singkatnya semakin kecil, begitu pula sebaliknya.

Waktu kerja relai pada penyulang lebih cepat jika dibandingkan dengan waktu kerja pada sisi *incoming* dengan selisih waktu rata-rata sebesar 0,4 detik untuk sisi gangguan satu fasa. Namun untuk sisi gangguan tiga fasa dan dua fasa, waktu kerja relai memiliki selisih waktu 0,4 detik dan berangsur meningkat dengan rata-rata kenaikan 0,1 detik ketika panjang kabel semakin jauh (ditinjau pada jarak 0%, 25%, 50%, 75% dan 100%).

Hasil perhitungan dengan data *existing* di lapangan masih dalam kondisi yang sesuai dengan perbedaan yang tidak terlalu jauh, sehingga dapat disimpulkan bahwa secara keseluruhan setting pada Overcurrent Relay (OCR) – Ground Fault Relay (GFR) yang ada di lapangan dalam kondisi baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] IEEE Std.242-2001, Recommended Practice for Protection and Coordination of Industrial and Commercial Power Systems. RIT Libraries
- [2] Afandi, Irfan. 2009. *Analisa Setting relai Arus Lebih Dan Relai gangguan Tanah Pada Penyulang Sadewa Di GI Cawang*. Depok : Universitas Indonesia
- [3] Budi Utomo, Heri. Ir. 2004. *Modul Perkuliahan : Proteksi Penyulang Tegangan Menengah*. Bandung : Politeknik Negeri Bandung
- [4] Gonen, Turan. 1986. *Electrical Power Distribution System Engineering*. New York : McGraw-Hill Book Company
- [5] T. S. Hutauruk, *Pengetanahan Netral Sistem Tenaga dan Pengetanahan Peralatan* : Er