

PROTEKSI ARUS LEBIH PADA PENYULANG LENGUH (SKTM) DAN PENYULANG AUM (SUTM)

Novi Gusti Pahiyanti¹

nove140304@gmail.com

Teknik Elektro Sekolah tinggi Teknik PLN

Sigit Sukmajati²

sigitsukmajati@yahoo.com

Teknik Elektro Sekolah Tinggi Teknik PLN

ABSTRAK

Pada sistem distribusi umumnya mempunyai beberapa gangguan yang terdiri dari gangguan hubung singkat antar fasa, tiga fasa, dua fasa ketanah, satu fasa ke tanah. Hal yang dapat diakibatkan dari gangguan hubung singkat ini, yaitu akan menimbulkan arus lebih / arus hubung singkat yang lamanya tergantung pada penyetelan relai yang ada pada outgoing feeder. Agar penyaluran tenaga listrik memiliki mutu dan keandalan yang tinggi, maka peralatan-peralatan listrik harus mempunyai perlindungan dari segala macam bentuk gangguan yang dapat menyebabkan terputusnya pelayanan. Penelitian ini akan membahas mengenai penyetelan setting relai pada gangguan satu fasa ke tanah, gangguan fasa ke fasa, serta pemeriksaan waktu kerja relai sehingga didapatkan pemahaman yang lebih baik tentang waktu kerja relai jika saat terjadi gangguan pada sistem ditribusi.

Kata Kunci : gangguan, relai arus lebih

ABSTRACT

In the distribution system generally has some disorder that consists of a short circuit between phase, three-phase, two-phase to ground, single phase to ground. It can result from this short circuit, which will cause an overcurrent / short-circuit current depends on the length of the existing relay adjustment in the outgoing feeder. In order for the distribution of electricity has a high quality and reliability, the electrical equipment must have protection from any form of interference that may cause interruption of service. This research will discuss the setting adjustment disorders relay single phase to ground, phase-to-phase disorders, as well as examination of the working time relay so we get a better understanding of the working time relay if the current disruption of the distribution system.

Keywords: interruption, overcurrent relays

1. PENDAHULUAN

Daya listrik yang disalurkan melalui sistem distribusi tenaga listrik ke pemakai harus mempunyai mutu dan keandalan yang tinggi. Akan tetapi bagaimanapun baiknya suatu sistem, gangguan tidak bisa sama sekali dihindarkan. Gangguan pada umumnya berupa gangguan hubung singkat antar fasa atau fasa dengan tanah, dua fasa ke tanah. Gangguan hubung singkat semacam ini dapat menimbulkan arus yang besar dan dapat merusak peralatan pada sistem tenaga listrik seperti transformator daya, *current transformer* (CT), *potential transformer* (PT), kapasitor, kabel, dsb. Oleh karena itu diperlukan sistem proteksi untuk dapat melindungi peralatan listrik yang digunakan dari berbagai macam bentuk gangguan dan harus dapat meminimalkan akibat dari gangguan tersebut.

Penelitian ini membahas mengenai sistem pengamanan pada penyulang 20 kV dari gangguan hubung singkat fasa – tanah, fasa-fasa dengan menggunakan relai OCGF/relai arus lebih serta penyetelan relai.

2. KAJIAN LITERATUR

2.1 Gangguan Pada Saluran Distribusi Tenaga Listrik

Pada sistem distribusi gangguan yang terjadi dapat dipisahkan menjadi dua bagian yaitu gangguan yang bersifat tetap (*permanent*) dan gangguan yang bersifat sementara (*temporer*). Gangguan yang dapat mengakibatkan kerusakan secara permanen, misalnya hubung singkat pada kabel atau belitan trafo karena tembusnya isolasi pada titik gangguan memang terjadi kerusakan yang permanen, gangguan tersebut dikatakan gangguan bersifat permanen. Peralatan yang terganggu tersebut bisa dioperasikan kembali setelah bagian yang rusak diperbaiki atau diganti. Penyebab gangguan ini antara lain penuaan isolasi, kerusakan mekanis isolasi, tegangan lebih dsb.

Gangguan yang tidak mempunyai kerusakan secara permanen di titik gangguan, misalnya *flashover* antara penghantar fasa dan tanah/tiang karena sambaran petir, dahan pohon yang menyentuh konduktor karena tertiuip angin, atau burung/binatang lain yang terbang/merayap mendekati konduktor fasa dsb gangguan ini

merupakan gangguan yang bersifat sementara. Gangguan Hubung singkat yang terjadi antar fasa (dua fasa atau tiga fasa) atau antara satu fasa ke tanah, dapat bersifat sementara atau permanen.

2.2 Relai Proteksi Pada Saluran Distribusi Penyulang 20 kV

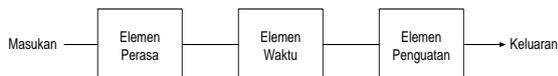
2.2.1 Definisi Relai Proteksi

Tujuan utama dari sistem tenaga listrik adalah penyaluran tenaga listrik yang mempunyai mutu dan keandalan yang tinggi dan ketika terjadi gangguan dapat meminimalkan akibat dari gangguan tersebut, seperti kehilangan daya, tegangan turun dan tegangan lebih.

Definisi relai proteksi menurut *The Institute Of Electrical And Electronic Engineering (IEEE)* adalah suatu peralatan elektronik yang didesain untuk mengartikan kondisi masukan pada keadaan tertentu, setelah kondisi tersebut dispesifikasikan, yang kemudian ditujukan untuk memberi respon yang dapat menyebabkan pengoperasian kontak didalam suatu kesatuan rangkaian listrik. Kondisi masukan biasanya berupa sinyal listrik, mekanik, atau besaran lainnya.

Komponen dari relai dapat berupa *electromechanic*, *solid state/electrostatic* dan *digital numeric*. Pada awalnya relai yang digunakan menggunakan tipe elektromekanik lalu beralih ke tipe *elektrostatic* dan sekarang menggunakan teknologi relai digital numerik.

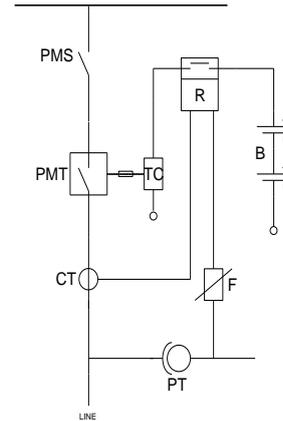
Relai elektrostatis dan digital numerik digunakan dalam tegangan yang rendah, relai ini memiliki keuntungan dibanding jenis elektromekanik antara lain keakuratan waktu, kepekaan frekuensi dan sistem logika pemecahan terhadap masalah yang rumit. Sedangkan relai elektromekanik memiliki kekurangan antara lain kurang akurat, sensitif dan sulit untuk dites dan dirawat.



Gambar 2.1. Blok Diagram Relai

Selain relai proteksi digunakan peralatan-peralatan pendukung yang dapat membebaskan sistem dari bagian yang terganggu, antara lain :

1. Trafo Arus (CT) dan Trafo Tegangan (PT) yaitu untuk meneruskan arus dan tegangan dengan perbandingan tertentu dari kumparan primer ke kumparan sekunder.
2. Pemutus Tenaga (PMT) yaitu sebagai pemutus arus gangguan di dalam sirkuit tenaga atau untuk melepaskan bagian sistem yang terganggu (*fault clearing*). PMT menerima perintah untuk membuka (sinyal *trip*) dari relai proteksi.
3. *Battere* (aki) yaitu sebagai sumber tenaga untuk mentrip PMT dan catu daya untuk relai utama dan relai bantu.

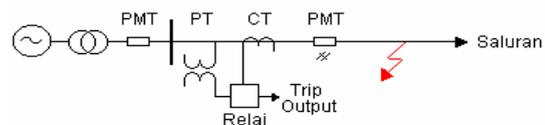


Gambar 2.2. Hubungan Komponen Sistem Proteksi

Keterangan :

- PMS = Pemisah ;
- PMT = Pemutus tenaga ;
- R = Relai ;
- PT = Trafo Tegangan ;
- CT = Trafo Arus ;
- TC = Trip Coil ;
- F = Fuse ;
- B = Battre

Relai menggunakan besaran listrik yang dihubungkan dengan sistem tenaga listrik melalui trafo arus. Peralatan ini memberikan perlindungan dari tegangan yang tinggi pada sistem tenaga listrik dan mengurangi medan magnet pada kumparan sekunder untuk dihubungkan dengan relai.



Gambar 2.3. Hubungan Relai Dalam Sistem Tenaga Listrik

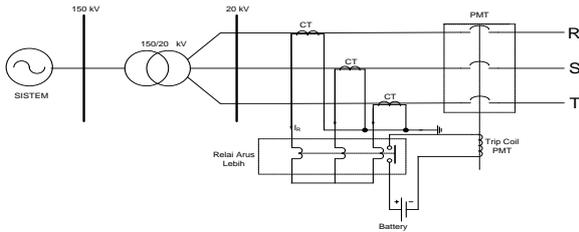
Pada gambar diatas dalam kondisi normal PMT menutup dan daya dapat disalurkan, apabila terjadi gangguan maka relai akan merasakan gangguan tersebut melalui trafo arus dan relai tersebut akan memberikan sinyal kepada PMT untuk membuka dengan bantuan *battre*, sehingga penyaluran daya terhenti.

PMT harus dapat segera membuka apabila mendapat sinyal dari relai untuk membuka, kejadian ini harus berlangsung dalam waktu yang sangat singkat untuk mengurangi akibat dari gangguan tersebut.

2.3. Relai Proteksi Arus Lebih

2.3.1 Relai Proteksi Arus Lebih Fasa-Fasa

Relai arus lebih (*Over Current Relai*) adalah relai yang bekerja berdasarkan arus lebih akibat adanya gangguan hubung singkat. Apabila arus lebih akibat gangguan hubung singkat yang besarnya melebihi *setting* relai maka relai akan memberikan perintah trip ke PMT sesuai dengan karakteristik waktunya.



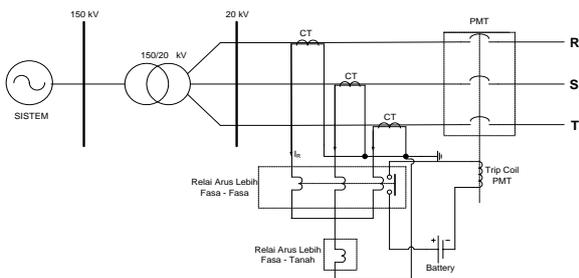
Gambar 2.4. Rangkaian Relai Arus Lebih Fasa-Fasa

Cara kerja relai arus lebih dapat diuraikan sebagai berikut :

1. Pada kondisi normal arus beban (I_b) mengalir pada SUTM / SKTM dan oleh trafo arus (CT) besaran arus ini ditransformasikan ke besaran sekunder (I_R). Arus I_R mengalir pada kumparan relai, karena arus ini masih lebih kecil nilainya dibanding dengan *setting* yang telah ditetapkan, maka relai tidak bekerja.
2. Bila terjadi gangguan hubung singkat, arus I_b akan naik dan menyebabkan arus I_R naik pula. Jika arus I_R ini melebihi suatu harga yang telah ditetapkan (*setting*) maka relai akan bekerja dan memberikan perintah ke *trip coil* PMT untuk membuka PMT, sehingga SKTM / SUTM yang terganggu terpisah dari jaringan.

2.3.2 Relai Proteksi Arus Lebih Fasa – Tanah

Relai arus lebih fasa-tanah (*Ground Fault Relai*) pada jaringan tegangan menengah pada dasarnya menggunakan relai arus lebih seperti yang digunakan pada gangguan hubung singkat antar fasa, tetapi berbeda rangkaiannya.



Gambar 2.5. Rangkaian Relai Arus Lebih Fasa-Tanah

Pada kondisi normal dengan beban yang seimbang, I_R , I_S , I_T akan seimbang, sehingga kawat netral tidak timbul arus dan relai arus lebih fasa-tanah tidak dialiri arus. Tapi apabila terjadi ketidak seimbangan arus atau terjadi gangguan hubung singkat ke tanah pada salah satu fasanya, maka akan timbul arus urutan nol pada kawat netral, sehingga relai ini bekerja.

Karena relai ini mendeteksi arus urutan nol maka relai gangguan tanah tidak dilalui arus beban baik yang seimbang ataupun yang tidak seimbang, juga tidak dialiri arus gangguan hubung singkat antar fasa, dua fasa atau tiga fasa, karena penjumlahan arus-arus itu dititik pertemuan ketiga fasanya sama dengan nol. Jadi relai gangguan tanah tidak sensitif

terhadap arus beban maupun arus hubung singkat antar fasa. Arus gangguan satu fasa tanah hampir selalu lebih kecil daripada arus hubung singkat tiga fasa, bahkan lebih kecil dari arus beban nominalnya, oleh karena itu nilai settingnya bisa lebih kecil dari pada arus beban.

Arus gangguan satu fasa ke tanah pada sistem dengan pembumian langsung pada umumnya juga sedikit lebih kecil dari pada arus hubung singkat tiga fasa sebab impedansi urutan nol saluran pada umumnya lebih besar daripada impedansi urutan positifnya, kecuali jika lokasi gangguannya dekat dengan pusat pembangkit.

2.4 Prinsip Dasar Penyetelan Relai Arus Lebih

Karakteristik pada penyetelan relai pada umumnya digunakan adalah karakteristik jenis *invers time* (waktu terbalik). Dimana pada karakteristik ini semakin besar arus gangguan yang terjadi maka semakin cepat relai bekerja. Sesuai dengan persamaan berikut :

$$t_T = \frac{TMS \cdot A}{(MPU)^B - 1} \quad (2.1)$$

Dimana :

t_T = Waktu untuk pemutusan (*Time To Trip*)

TMS = *Time Multiple Setting/Setting* Kelipatan Waktu (*Time Dial*)

MPU = *Multiples Of Pickup / Skala* Kelipatan Arus

A, B = Konstanta khusus untuk kurva

Nilai *Multiples Of Pickup* (MPU) tergantung dari besarnya arus gangguan yang terjadi, sesuai dengan rumus :

$$MPU = \frac{I_F}{I_{Set}} \quad (2.2)$$

Dimana : I_F = Besarnya arus gangguan ; I_{Set} = Nilai arus setting

Nilai I_F yang mengalir ke relai tergantung dari rasio perbandingan trafo arusnya, sesuai dengan rumus :

$$I_F \text{ Relai} = \frac{I_F}{RatioCT} \quad (2.3)$$

Untuk relai arus lebih gangguan fasa – tanah, nilai setting yang digunakan sebesar 10-25% dari nilai tap arus relai. Untuk relai arus lebih fasa nilai setting yang digunakan sebesar 100-150% dari nilai tap arus relai sehingga :

$$I_{Set} = \text{nilai tap arus relai} \cdot \text{nilai setting} \quad (2.4)$$

Untuk mendapatkan selektifitas antara relai yang satu dengan relai yang lainnya maka harus ditambahkan waktu tunda sebesar (Δt). Sebagai contoh misalkan arus gangguan yang terjadi sebesar 1000 A dan ratio CT 200/5 di *setting* sebesar 100% maka :

$$I_F \text{ Relai} = \frac{1000}{\frac{200}{5}} = 25 A ;$$

$$t = \frac{0.14 \cdot tms}{\left[\left(\frac{Ifault}{Iset} \right)^{0.02} - 1 \right]} \quad MPU = \frac{Ifault}{Iset}$$

Ifault diambil arus gangguan satu fasa ke tanah terbesar = 906.447 Ampere.
Iset diambil setelan arus sisi primer = 150.464 Ampere.

Maka nilai tms dapat dihitung :

$$tms = \frac{0.3 \cdot \left[\left(\frac{906.447}{150.464} \right)^{0.02} - 1 \right]}{0.14}$$

$$tms = 0.078 \rightarrow 0.08$$

Tabel 4.2. Setelan Relai GF Pada Penyulang Aum

Relay GF	I _{FL} (A)	TMS	MPU	t _L (s)
	906.447	0.08	6.024	0.3

4.1.2. Penyetelan Relai Untuk Gangguan Fasa – Fasa

a) Pada penyulang Lengah :

Dengan menggunakan arus gangguan dua fasa dan tiga fasa di penyulang pada jarak tertentu, Trafo arus (CT) yang digunakan memiliki ratio arus 300/5 A, Waktu kerja relai paling hilir (relai pada penyulang) ditetapkan 0.3 s, dan *setting* relai arus lebih ditetapkan 100%. Maka dapat dilakukan perhitungan *setting* relai OC :

Arus beban : 230 Ampere
Arus gangguan tiga fasa terbesar : 13930 Ampere
Setelan arus (sisi primer) = 100% · 230 = 230 Ampere

$$\text{Setelan arus (sisi sekunder)} = 230 \cdot \frac{1}{\text{ratioCT}}$$

$$= 4.025 \text{ Ampere}$$

$$t = \frac{0.14 \cdot tms}{\left[\left(\frac{Ifault}{Iset} \right)^{0.02} - 1 \right]} \quad MPU = \frac{Ifault}{Iset}$$

Ifault diambil arus gangguan tiga fasa terbesar = 13930 Ampere.

Iset diambil setelan arus sisi primer = 230 Ampere.

Maka nilai tms dapat dihitung :

$$tms = \frac{0.3 \cdot \left[\left(\frac{13930}{230} \right)^{0.02} - 1 \right]}{0.14}$$

$$tms = 0.183 \rightarrow 0.18$$

Tabel 4.3. Setelan Relai OC Pada Penyulang Lengah

Relay OC	I _{FL} (A)	TMS	MPU	t _L (s)
	13930	0.18	60.565	0.3

b) Pada penyulang Aum

Dengan menggunakan arus gangguan dua fasa dan tiga fasa di penyulang pada jarak tertentu, Trafo arus (CT) yang digunakan memiliki ratio arus 300/5 A, Waktu kerja relai paling hilir (relai pada penyulang) ditetapkan 0.3 s, dan *setting* relai arus lebih ditetapkan 100%. Maka dapat dilakukan perhitungan *setting* relai OC :

Arus beban : 230 Ampere

Arus gangguan tiga fasa terbesar : 9267 Ampere

Setelan arus (sisi primer) = 100% · 230 = 230 Ampere

$$\text{Setelan arus (sisi sekunder)} = 230 \cdot \frac{1}{\text{ratioCT}}$$

$$= 3.833 \text{ Ampere}$$

$$t = \frac{0.14 \cdot tms}{\left[\left(\frac{Ifault}{Iset} \right)^{0.02} - 1 \right]} \quad MPU = \frac{Ifault}{Iset}$$

Ifault diambil arus gangguan tiga fasa terbesar = 13930 Ampere.

Iset diambil setelan arus sisi primer = 230 Ampere.

Maka nilai tms dapat dihitung :

$$tms = \frac{0.3 \cdot \left[\left(\frac{9267}{230} \right)^{0.02} - 1 \right]}{0.14}$$

$$tms = 0.164 \rightarrow 0.16$$

Tabel . 4.4. Setelan Relai OC Pada Penyulang Aum

Relay OC	I _{FL} (A)	TMS	MPU	t _L (s)
	9267	0.16	40.291	0.3

4.1.3. Pemeriksaan Waktu Kerja Relai

a) Pada penyulang Lengah :

Tabel 4.5.. Pemeriksaan Waktu Kerja Relai Pada Penyulang Lengah

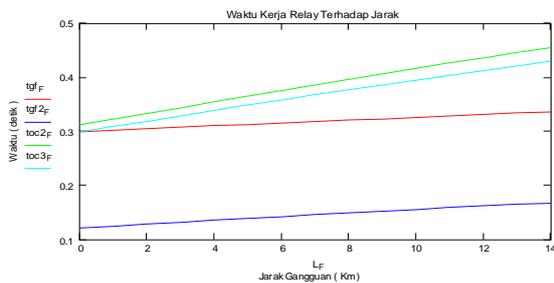
Jarak Gangguan (Km)	Relai GF		Relai OC	
	TMS = 0.08		TMS = 0.18	
	t 1Φ - tanah	t 2Φ - tanah	t 2Φ	t 3Φ
0	0.3	0.121	0.312	0.3
1	0.303	0.125	0.322	0.309
2	0.305	0.128	0.333	0.319
3	0.308	0.132	0.344	0.329
4	0.31	0.136	0.355	0.339
5	0.313	0.139	0.365	0.349

6	0.315	0.143	0.376	0.358
7	0.318	0.146	0.386	0.368
8	0.321	0.149	0.397	0.377
9	0.323	0.153	0.407	0.386
10	0.326	0.156	0.417	0.395
11	0.329	0.159	0.427	0.404
12	0.331	0.162	0.436	0.413
13	0.334	0.165	0.446	0.421
13.955	0.337	0.168	0.455	0.43

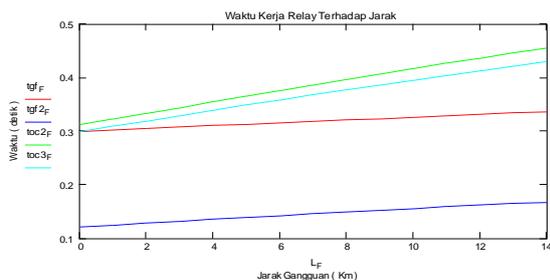
b) Pada penyulang Aum :

Tabel 4.6. Pemeriksaan Waktu Kerja Relai Pada Penyulang Aum

Jarak Gangguan (Km)	Relai GF		Relai OC	
	TMS = 0.08		TMS = 0.16	
	t 1 Φ - tanah	t 2 Φ - tanah	t 2 Φ	t 3 Φ
0	0.3	0.132	0.314	0.3
1	0.305	0.141	0.34	0.324
2	0.311	0.15	0.365	0.346
3	0.317	0.158	0.388	0.367
4	0.323	0.165	0.409	0.387
5	0.33	0.172	0.431	0.405
6	0.337	0.179	0.451	0.424
7	0.345	0.185	0.471	0.441
8	0.353	0.191	0.491	0.459
9	0.361	0.198	0.511	0.476
10	0.37	0.204	0.531	0.493
11	0.379	0.210	0.55	0.51
12	0.388	0.215	0.57	0.527
12.185	0.39	0.217	0.573	0.53



Gambar 4.1. Grafik Waktu Kerja Relai terhadap Jarak Pada Penyulang Lenguh



Gambar 4.2. Grafik Waktu kerja relai Terhadap Jarak Pada Penyulang Aum

5. KESIMPULAN

1. Relai proteksi arus lebih yang ada pada penyulang 20 kV diantaranya *over current relay* / OCR (proteksi arus lebih untuk gangguan antar fasa) dan *ground fault relay*/GFR (proteksi arus lebih untuk gangguan fasa – tanah).
2. Besar impedansi urutan nol sangat mempengaruhi nilai dari arus gangguan satu fasa ke tanah yang mana nilai impedansi urutan nol tersebut dipengaruhi oleh tahanan pembumihan dari trafo dan jarak gangguan.
3. Diperoleh *setting* nilai TMS untuk *ground fault relay* adalah 0.08 detik dan TMS untuk *over current relay* adalah 0.18 detik pada penyulang Lenguh dan pada penyulang Aum diperoleh *setting* nilai TMS untuk *ground fault relay* 0.08 detik dan TMS untuk *over current relay* adalah 0.16 detik.
4. Terdapat perbedaan nilai pada *setting* TMS OCR (aktual) dengan nilai perhitungan secara matematis pada kedua penyulang yang cukup signifikan yaitu 0.05 (nilai aktual) dengan 0.18 (penyulang Lenguh) dan 0.16 (penyulang Aum). Hal ini disebabkan karena dalam melakukan perhitungan, penulis mengabaikan faktor kinerja CT dan kinerja PMT sehingga jika TMS OCR disetel pada kondisi sesuai hasil perhitungan maka waktu kerja relai tidak tercapai.

DAFTAR PUSTAKA

- Basri Hasan Ir, *Proteksi sistem tenaga listrik*. Jakarta : ISTN. 2003.
- Basri Hasan Ir, *Sistem Distribusi Daya Listrik*. Jakarta : ISTN. 1997.
- Blackburn, J. Lewis. *Protective Relaying Principles And Applications*, Marcel Dekker Inc, New York USA, 1987.
- Djitung Marsudi, Ir, *Operasi Sistem Tenaga Listrik*. Jakarta : ISTN. 1990.
- H Komari Ir, *Proteksi sistem tenaga listrik*. Jakarta : PT.PLN (Persero) Jasa pendidikan dan Pelatihan . Desember 2003.
- Kadir, Abdul, Prof. Ir., *Distribusi dan Utilisasi Tenaga Listrik*. Jakarta : UIP.2000.
- Susatio, Ir. Yerry, MathCAD : *Solusi problematika matematika dan fisika*. Yogyakarta : Penerbit Andi. 2006.